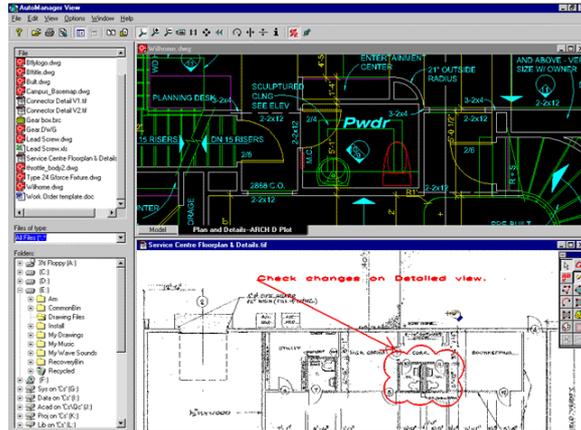
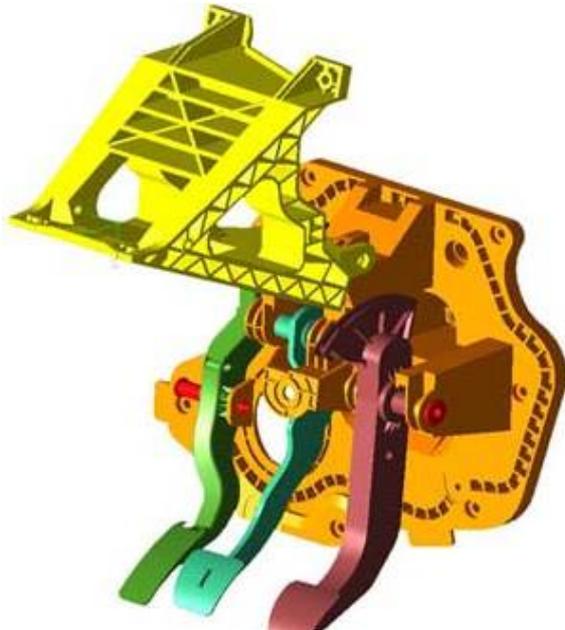


EPD 030

Sistemas Integrados de Manufatura



Apostila.



Eduardo Romeiro Filho

Designer Industrial - Escola Superior de Desenho Industrial da UERJ
DSc. Engenharia de Produção – Coord. dos Programas de Pós-graduação em Engenharia da UFRJ
Professor do Departamento de Engenharia de Produção da UFMG

Belo Horizonte, Agosto de 2004.

Universidade Federal de Minas Gerais
ESCOLA DE ENGENHARIA
Departamento de Engenharia de Produção

EPD 030 - Sistemas Integrados de Manufatura

Disciplina oferecida aos cursos de
Engenharia de Produção e Engenharia de Controle e Automação

Professores

Eduardo Romeiro Filho e Gilberto de Miranda Júnior



laboratório integrado de design
e engenharia do produto

Ementa:

Tecnologia de grupo. Tecnologias de produção: células de manufatura, sistemas flexíveis de manufatura, linhas transfer, sistemas de manipulação e robôs. Relacionamentos produto-processo-tecnologias de produção. Sistemas integrados de manufatura. Manufatura integrada por computadores: CAD, CAPP, CAM e CAQ. Engenharia simultânea. Escalonamento da produção.

Método:

O curso será realizado basicamente através de aulas expositivas; realização de trabalhos em grupo e a presença de palestrantes convidados, para tratamento e discussão de temas específicos, caso conveniente.

Avaliação:

Será realizada a partir de **duas avaliações individuais**, ao longo do curso, pela realização de **um trabalho em equipe**.

Material de Apoio à Disciplina:

Além da apostila de trabalho, o material de apoio à disciplina está disponível no sítios:

- <http://www.dep.ufmg.br/professores/miranda/epd030.html>
<http://www.dep.ufmg.br/disciplinas/epd030/index.html>

I. O Emprego de Sistemas Informatizados.

“Parece que estamos perigosamente nos aproximando do ideal utópico moderno, quando a vida se resume a sentar-se numa poltrona e apertar um botão. Não é um panorama animador: nós não teremos desejos, dinheiro, ambição, individualidade, nome e nada inteligente a nos cercar.”

Editorial do *The Electrician*, 1891

O mundo encontra-se hoje em um processo de acentuado aumento dos níveis de desenvolvimento técnico e científico. Isto reflete-se diretamente nas formas de produção e através de toda a sociedade, especialmente nos países centrais, onde o contínuo aparecimento de novos produtos, principalmente aqueles baseados em novas tecnologias, vem trazendo modificações importantes nos padrões e no modo de vida da sociedade como um todo. A maior rapidez no desenvolvimento de novos produtos, cujos ciclos de projeto e de vida são cada vez mais curtos, traz conseqüências diretas para todos os cidadãos, que são influenciados de diferentes formas por estas novas tecnologias, notadamente aquelas ligadas à novos processos de informação.

Esta “*revolução da informação*” trazida pela crescente adoção de computadores em praticamente todas as atividades humanas, vem fascinando o público em geral, tendo em vista o grande impacto da divulgação, pela mídia, dos potenciais benefícios da informática. É realmente impressionante o grande número de atividades produtivas e campos do conhecimento às quais a introdução de meios informatizados pode propiciar uma inegável vantagem. A realidade, entretanto, não se mostra tão otimista, seja pelos ainda altos custos financeiros dos equipamentos informatizados (não somente dos equipamentos *hardware*, mas também dos *software*), pela dificuldade encontrada em sua implantação e disseminação, ou mesmo pela simples impossibilidade em se atingirem, na prática, os objetivos propostos. Muitas empresas consideram a utilização de computadores uma considerável vantagem, particularmente em concepção de projetos e desenhos, controle de produção, controle de máquinas e ordenação do processo. Em todas estas aplicações, a utilização da informática pode levar a uma performance superior em tarefas anteriormente manuais.

“O desenvolvimento da manufatura está mudando dramaticamente com as aplicações de microprocessadores em todas as faces da organização fabril. Mas, se feito sem objetivos claros, o microprocessador será incapaz de prover a empresa com a otimização das condições de operação” (KOCHAN e COWAN, 1986).

Na verdade, aparentemente apenas uma pequena parte do potencial oferecido pelas diversas áreas da tecnologia da informação é efetivamente utilizada, sendo que quase sempre os benefícios da informática não são facilmente observáveis e/ou mensuráveis em situações reais de trabalho. A revista “*Exame Informática*” (1994), em sua edição especial sobre a tecnologia da informação, coloca de forma clara este problema: “*Na década de oitenta, período que marcou o avanço dos computadores nas corporações, a produtividade por funcionário nas companhias americanas e européias cresceu apenas 1%*”. Se já foi constatado o problema e este parece demonstrado na prática, as soluções a serem adotadas ainda são fontes de grandes discussões. A tecnologia da informação apresenta níveis de desenvolvimento e sofisticação com crescimento cada vez mais acelerado, trazendo conseqüências aos diferentes campos do conhecimento e influenciando decisivamente mesmo sobre aqueles que a desconhecem ou dela não se utilizam, como as populações carentes e marginalizadas dos atuais processos de desenvolvimento. Com o desenvolvimento da informática, criam-se condições inéditas para o desenvolvimento humano, condições estas que apresentam diferenças importantes em relação à antiga situação. O conhecimento torna-se cada vez mais uma fundamental fonte de riqueza para as nações. GILDER (1989),

expõe sua opinião de que os computadores são geradores de uma nova realidade, onde a liberdade e a importância da difusão de informações assumem proporções até então desconhecidas:

"No mundo moderno, até os escravos são inúteis: escravizam seus senhores a sistemas de pobreza e declínio. A nova fonte de riqueza das nações é a liberdade dos indivíduos criativos no controle da tecnologia das informações. As idéias não se esgotam quando são usadas; propagam poder quando compartilhadas. Todas as teorias que apontavam o computador como um instrumento de opressão refletem uma compreensão errada dessas verdades essenciais da moderna tecnologia. Na era das informações, as nações não podem ganhar força controlando e tributando seus cidadãos. Para aumentar sua estatura internacional, os governos precisam reduzir seus poderes e emancipar seus povos. Chegamos, enfim, a uma nova era de liberdade."

Pode-se considerar que estes conceitos são bastante compatíveis com a aparente realidade das populações abastadas dos países centrais, onde as tecnologias relacionadas ao computador encontram-se já bastante disseminadas. Entretanto, se for analisada a situação mundial como um todo, torna-se bastante claro que a adoção destas novas tecnologias tem contribuído também para uma acentuação nas diferenças entre as nações (conforme KURZ, 1993), no sentido de que a informática funciona como um acelerador do progresso técnico e científico já tradicionalmente concentrados nas nações mais desenvolvidas. Também nas relações de trabalho e na interação entre as empresas e o público a informatização provoca modificações consideráveis. Um bom exemplo desta modificação pode ser observado nos processos de informatização bancária, onde todo o processo de trabalho e de atendimento é radicalmente modificado pela informática, a partir dos sistemas de caixas automáticos: não houve uma melhoria na organização do processo anterior, mas uma radical revisão de todo este processo, eliminando a figura do caixa e modificando a relação cliente x banco, através da utilização de sistemas informatizados. A nova interface, agora representada pelo caixa eletrônico, altera de forma radical as relações do cliente com o banco e altera bastante a forma de prestação dos serviços, além de agregar novos (como serviços por linha telefônica, por exemplo).

Os resultados deste novo processo, para os trabalhadores, está na evidente perda de postos de trabalho (o caso dos bancários está talvez entre os mais marcantes e dramáticos). A automação bancária é um exemplo claro em que a informatização é colocada como elemento facilitador pela mídia, servindo de principal mote para diversas campanhas publicitárias de instituições financeiras. Para o cliente, por trás de aparentes facilidades está na verdade a agregação de tarefas que antes eram realizadas por funcionários do banco. Levantar saldos, retirar extratos, efetuar saques e outras transações podem agora ser realizados diretamente pelo cliente, sem o auxílio de qualquer funcionário. Neste caso, o cliente acaba por tornar-se o responsável pela execução de um serviço que no processo anterior era realizado por funcionários do banco, numa evidente transferência de funções.

Agregando funções ao cliente, esta informatização acaba por alijar uma expressiva parcela da população dos serviços prestados. A redução do pessoal efetivo para atendimento ao público traz uma série de aborrecimentos àqueles¹ que, por diferentes razões, optam ou são obrigados a enfrentar filas para o atendimento por um número cada vez menor de funcionários. Nestes casos, parcelas da população que encontram-se à margem dos processos de informatização acabam por tornarem-se cada vez mais distantes de seu desenvolvimento, tendo em vista a grande velocidade observada nas transformações ocorridas nas diferentes áreas da micro-eletrônica. É fácil perceber que hoje pessoas relativamente jovens encontram-se em ambientes tecnológicos quase que totalmente estranhos à sua formação. Observam-se aí resultados opostos do desenvolvimento científico e tecnológico: ao mesmo tempo em que a medicina alcança resultados positivos no prolongamento da vida e em tratamentos geriátricos, uma parcela cada vez maior da população idosa sofre com dificuldades no uso de novos produtos e novas tecnologias, conforme colocado por COELHO (1993). Um exemplo muito comum é o do ajuste de aparelhos de vídeo cassete, cujo grande número de controles torna sua utilização um tormento para as pessoas mais velhas (não necessariamente idosas). Segundo pesquisa citada por MORAES (1993), apenas 3% dos usuários americanos de videocassete sabem como programar seus aparelhos para gravar programas de televisão.

A velocidade do progresso ocorrido nas tecnologias de base micro informática pode ser facilmente observada, seja no caso de produtos de uso doméstico como na informática empresarial. Atualmente, na maioria das empresas (mesmo no Brasil) aposentam-se *mainframes* (as estrelas entre os sistemas informatizados até o início da década de oitenta), devido à maior sofisticação e agilização dos microcomputadores, além da criação, para eles, de novas formas de funcionamento em rede. É enorme a velocidade de evolução destes "micros", que

¹ Parte expressiva da população idosa, público leigo, pessoas de menor instrução ou aqueles que simplesmente preferem ser atendidos por seres humanos.

tornam-se cada vez mais eficientes, ao mesmo tempo que mais baratos. Este fenômeno, aspecto importante de um processo maior denominado *downsizing* (ou *rightsizing*), possui razões diversas, além das meramente técnicas. A utilização de computadores pessoais, de menor porte, é considerada mais fácil que a dos antigos “terminais burros”, ligados aos computadores centrais. Os aplicativos utilizados, a interface de alto conteúdo gráfico surgida principalmente a partir do gerenciador de programas *Windows*, da empresa americana *Microsoft*, e a disseminação cada vez maior dos princípios básicos da informática conferem a este processo de informatização um nível de facilidades de uso com características inéditas até então². Os sistemas computadorizados hoje apresentam certamente facilidades imensamente maiores de uso, se comparados aos sistemas existentes no final dos anos oitenta, por exemplo, com os aplicativos baseados em sistemas *MS DOS*³. Diante desta realidade, que deveria representar o “caminho do paraíso” para os usuários, bem como para os trabalhadores influenciados pela informática, cabe a indagação: Por que os sistemas informatizados não representam ainda uma real e facilmente mensurável vantagem competitiva para as corporações, apesar dos maciços investimentos voltados para estas tecnologias? Quais os fatores que realmente interferem em sua aplicação, impedindo os enormes ganhos que, ao menos teoricamente, seriam proporcionados pela informatização?



Acima, dois exemplos de sistemas baseados em mainframes, comuns nas décadas de 1960 e 1970.

Para obterem-se algumas possíveis respostas, pode-se iniciar a investigação por uma perspectiva histórica: os *mainframes*, os equipamentos mais sofisticados durante as décadas de 60 e 70, representavam a chave para o processamento de informações de toda a empresa. Seus altos custos, a inerente complexidade de sua programação e utilização e as condições especiais às quais estes equipamentos estavam restritos (necessidade constante de baixas temperaturas e manutenção especializada, por exemplo) fizeram com que as empresas criassem departamentos próprios, os CPDs - *Centros de Processamento de Dados*, responsáveis pelas atividades ligadas à informática, como setores colocados à parte do que acontecia no resto da empresa. Os resultados desta situação são bastante conhecidos: uma estrutura à parte, nova burocracia na empresa e o surgimento de novos profissionais, os especialistas em informática, ou “*informatas*”.

I.1. OS “INFORMATAS”

Em primeiro lugar, foi criada uma série de *novas atribuições específicas à informática*, o que gerou o aparecimento de *novos grupos* de trabalhadores, entre digitadores, analistas, pessoal para manutenção específica, etc. Este novo grupo foi desde cedo caracterizado por uma *cultura* própria, com uma série de procedimentos peculiares e até um vocabulário característico. Sobre estes *especialistas em informática*, TOWNSEND (1984), em seu livro *Further up the Organization*, cuja primeira edição data de 1970, aconselha:

² Apesar da primeira interface baseada em elementos gráficos em computadores pessoais ter pertencido aos computadores Macintosh, da Apple, a popularização desta interface ocorreu em grande parte a partir do surgimento do gerenciador de programas Windows, da Microsoft, no início da década de 80.

³ Abreviatura de Microsoft Disk Operating System, sistema operacional mono usuário lançado em 1981 para utilização em microcomputadores IBM e compatíveis.

“Primeiro, enfie na sua cabeça que os computadores são máquinas de escrever e calcular grandes, caras, rápidas e idiotas. Depois, convença-se de que os técnicos em computadores que você provavelmente chegará a conhecer ou contratar são, na maioria dos casos, complicadores, e não simplificadores. Eles tentam fazer a coisa parecer difícil. (...) Usando seu jargão, estão engendrando uma mística, um sacerdócio, seu próprio ritual de “blabláblá” para evitar que você saiba o que eles - e você - estão fazendo”

Apesar de escrito antes da revolução trazida pela intensa disseminação dos computadores pessoais, o autor reafirma este ponto de vista no mesmo livro, em reedição de 1984, dizendo que, apesar das notáveis e importantes mudanças tecnológicas, *“os fatores humanos continuam os mesmos”*. Em verdade, estes *fatores humanos* parecem permanecer como um obstáculo à plena utilização dos recursos oferecidos pela tecnologia da informação. Em nossa opinião, os especialistas em informática, grupos envolvidos no desenvolvimento de sistemas *hard* e, principalmente, *software*, acabaram por desenvolver sistemas voltados muito mais para a resolução de problemas dentro de seus aspectos estritamente técnicos (objetivo no qual lograram inegável êxito) do que para sua utilização por usuários que, em sua maioria, são pessoas sem grandes conhecimentos em informática.

Para estes usuários, o computador representa, ainda hoje, um misto de fascínio e mistério. Fascínio pelas possibilidades que apresenta, inclusive em termos de ascensão profissional, visto que hoje é senso comum o fato de que o *saber informático* é (ou será muito em breve) imprescindível ao trabalho em um número cada vez maior de áreas. Mistério devido à absoluta ignorância por parte da maioria das pessoas em relação ao computador, suas características, suas formas de uso, seu potencial e, principalmente, suas limitações. Esta ignorância é bastante clara em diversos níveis profissionais, desde usuários comuns que desconhecem formas de utilização de *software* simples e das formas como o computador pode efetivamente auxiliá-los na realização de suas tarefas, até a alta administração da maioria das organizações, que desconhece o efetivo potencial da tecnologia da informação, sendo portanto incapaz de elaborar e gerir uma política consistente e abrangente de informatização para a empresa.

Esta ignorância generalizada representa talvez o mais sério obstáculo para o sucesso em um processo de informatização, devido às inerentes diferenças existentes entre processos de trabalho correspondentes, antes e depois da informática. Grande parte do *know-how* adquirido é abandonado, bem como as formas de manipulação da informação e do trabalho, que sofrem uma radical transformação. Em parte devido a estes fatores, mesmo profissionais experimentados muitas vezes confrontam-se negativamente com a informatização. Pode-se dizer que esta *barreira informática*, descrita por MUSSIO (in REBECCHI, 1990), como uma série de obstáculos ao acesso e manipulação da informação representado pela utilização compulsória do computador, permanece como um dos pontos fundamentais para o sucesso ou fracasso nos processos de introdução de sistemas informatizados:

“O computador é uma máquina, mas não uma máquina como as outras. A barreira informática representa plasticamente essa nova realidade: sem a intermediação da máquina, o dado não é mais acessível; a técnica de leitura passa do homem para a máquina, que é, usando as palavras de Mussio, o único órgão sensível capaz de apreender sinais arquivados. Ao mesmo tempo, o dado só pode ser administrado, encontrado e associado nos termos permitidos pela organização” (REBECCHI, op. cit.)

A aplicação de recursos informatizados implica também em novas formas de organização do trabalho, agora em níveis do que poderia ser denominado trabalho intelectual: os dados podem ser manipulados, mas segundo uma forma peculiar aos diversos níveis de usuários, a partir de critérios estabelecidos pelos especialistas em informática, que regulam formas de acesso, níveis de informação e interferência permitidos e recursos utilizados por cada usuário. A situação é mais evidente na fase de departamentalização e centralização dos serviços de informática em CPDs, em que pode-se dizer existe uma divisão taylorista do trabalho: um pequeno número de analistas super qualificados, detentores do conhecimento acerca da nova tecnologia e um exército de digitadores ou usuários cuja competência é restrita às tarefas propostas pelos analistas, dentro de um processo bastante rígido (comparando-se, a grosso modo, como a situação observada em linhas de montagem).

O aspecto do conflito existente entre a concepção de sistemas informatizados de produção e situações de trabalho real foi levantado por TELLES (1995), que descreve o processo de implantação de um SDCD (Sistema Digital de Controle Distribuído) em uma indústria química. Neste processo de informatização dos sistemas de controle da usina, foi desenvolvido um programa para gerenciamento do fluxo de produção, que busca representar graficamente o processo de fabricação de catalisadores, permitindo que através dos computadores sejam realizadas, pelos funcionários, as intervenções necessárias. O *software* dispõe de diversas “telas de trabalho”, onde o funcionamento da usina, bem como todo o desenvolvimento do processo é representado graficamente, contendo todas as informações consideradas (pelos projetistas do sistema)

necessárias ao desenvolvimento da tarefa. Possui também dois diferentes níveis de acesso à informações e interferência no processo, um para os técnicos operadores e outro para engenheiros de programação. Apesar de todos os recursos e sistemas de segurança do *software*, os operadores acabaram por alterar a “lógica” do programa utilizado, tendo em vista modificações nas condições previstas para o processo⁴, devido à necessidade de execução do trabalho em situação real, em uma evidente “transgressão” que, em muitos casos, é de conhecimento da gerência.

I.2. AUTOMAÇÃO DE TAREFAS X INFORMATIZAÇÃO DE PROCESSOS PRODUTIVOS

A partir desta perspectiva pode ser analisado outro tipo de resultados da informatização nas empresas através da centralização dos sistemas informatizados em CPDs: os computadores prestavam-se mais à automação de tarefas do que propriamente a uma redefinição dos processos a partir das oportunidades oferecidas pelas novas tecnologias. Um exemplo colocado por MEDEIROS (1989) e também por REBELO (1993), que pode ser considerado bastante ilustrativo, é o dos digitadores, onde a principal necessidade a ser atendida pelo processo de produção é a transcrição de dados de um enorme número de documentos, com a necessidade de grande velocidade. No processo de trabalho adotado pela empresa, o grande gargalo encontrava-se na centralização e organização dos dados, para processamento. A solução adotada foi a criação de imensos centros de digitação para transcrição de dados. Os resultados desta primeira fase de informatização são bastante claros, através da aplicação da informática para solução de *gargalos* específicos de cada processo, na correção de problemas localizados, sem entretanto promover qualquer interferência de maior porte na organização do processo de produção como um todo. Apesar de representarem uma inegável vantagem diante do trabalho manual, inclusive pelo fato de eliminarem tarefas altamente repetitivas e sujeitas a erros, como cálculos mais sofisticados e transcrição/transmissão de dados, não estavam longe das *máquinas idiotas* das quais nos fala TOWNSEND (op. cit.).

Ora, embora representando enorme ganho para as empresas, este modelo de automação de tarefas através de recursos informatizados parece ter chegado a um limite, a partir do grande desenvolvimento dos microcomputadores, a partir da década de oitenta, e de sua disseminação em larga escala através das empresas. A partir desta época, tem início o que pode ser considerado como o segundo grande movimento da informatização, a popularização dos computadores pessoais, quando estes deixam de ser estranhos instrumentos de complexa utilização para alguns poucos aficionados. Os *micros* tornam-se agora ferramentas diretas de trabalho para um número sempre maior de trabalhadores, trazendo grandes perspectivas para novas e variadas aplicações. A contínua redução de custos, aliada à uma inegável interface mais *amigável ao usuário* trouxeram para a informática um horizonte que dificilmente poderia ser imaginado até os anos 70⁵: computadores de uso pessoal e doméstico, utilizados por pessoas com pouco ou nenhum conhecimento técnico em informática, que entretanto conseguem (e desejam) ir muito além dos meros digitadores da era dos *mainframes*.

Inicia-se a partir deste fenômeno um crescente processo de descentralização dos recursos de informática nas empresas, tanto em sua estrutura física de equipamentos como, aspecto mais importante, em sua difusão pela organização. Não há mais espaços para a centralização de equipamentos e informações ligadas à informática, agora transformada em uma ferramenta de uso constante e diário de um vasto número de profissionais qualificados, que utilizam-se de aplicativos específicos ao desenvolvimento de suas tarefas. Neste novo modelo, o posto de trabalho do digitador, destinado apenas à transferência de dados de meios físicos (como documentos em papel) para o computador é minimizado, embora persistam alguns problemas relacionados à entrada de dados, como documentos não apropriados à leitura ótica, documentos fora de padrão ou inadequados à máquina (dobrados, por exemplo). O lugar do digitador foi ocupado por centros de leitura ótica de documentos ou teve suas atribuições divididas entre outros cargos. A imagem de um escritório moderno (e não mais *do distante*

⁴ Esta alteração acontece de duas formas básicas: na primeira ocorre uma modificação na seqüência das “telas”, alterando-se assim o fluxo de informações programado. Na segunda são modificados os sistemas automáticos de controle de fluxo de materiais e segurança, ou seja, a usina passa a trabalhar em condições (níveis de material, pressão, temperatura etc.) diferentes daquelas previstas na concepção do sistema, em um modo degradado (ou real) de produção.

⁵ Esta radical mudança de cenário trouxe reflexos importantes também para a indústria de computadores, que vem sofrendo consideráveis mudanças nos últimos anos, com grandes e tradicionais fabricantes de equipamentos (*hard e software*) de grande porte entrando em verdadeiro colapso, com vertiginosas quedas nos níveis de vendas. O caso mais conhecido e divulgado pelos meios de comunicação é o da IBM, que depois de décadas de grande sucesso se vê às voltas com prejuízos, dispensa de pessoal e programas de reestruturação organizacional. Este fato, segundo CARROL (1994), ocorre muito em função da falta de visão estratégica da IBM, que comprometida financeiramente com o mercado de *mainframes* não deu a devida atenção ao então nascente nicho representado pelos computadores pessoais (cujo padrão foi por ela desenvolvido) no final da década de 1970.

futuro, como há apenas poucos anos) é a de um computador em cada posto de trabalho, com cada funcionário gerindo o desenvolvimento de sua tarefa através do monitor. E, nos casos mais avançados, tendo a oportunidade de, através de uma rede local, trocar informações e acompanhar passo a passo o trabalho dos colegas (naturalmente esta possibilidade se aplica também a um controle mais atento e constante por parte da gerência⁶).

Junte-se a isso o imenso potencial representado pelas redes de informação, desde as redes locais até aquelas de nível mundial, cujo modelo mais desenvolvido é o da *Internet*. Imensas redes de computadores, ligando todo o planeta através da informática, podem representar para a civilização (pelo menos nos países centrais) uma nova realidade, já antes do ano 2000. Para a maior parte das empresas, entretanto, esta situação é ainda ficção. Apesar dos altos investimentos em informática nos últimos anos, os resultados estão longe de representarem lucro efetivo, e os problemas a serem resolvidos não parecem mais tão simples.

I.3. A INFORMATIZAÇÃO E A GERAÇÃO DE EMPREGOS

A informatização dos meios de produção não envolve somente aspectos da saúde dos trabalhadores, mas principalmente questões ligadas à própria manutenção de seus empregos, tendo em vista que é observado hoje um claro movimento em direção ao aumento da produtividade através da informatização da produção e de redução dos custos através da redução da força de trabalho em áreas como sistema bancário e indústrias de produção seriada. Aparentemente as condições conquistadas pelos trabalhadores, notadamente nos países europeus, levaram a situações onde o alto custo da mão-de-obra compensa os cada vez maiores investimentos em tecnologia, como na informatização e robotização dos processos produtivos. Nesta nova situação, os ganhos de produtividade são conseguidos cada vez mais na eliminação de pessoal, com a criação de sistemas produtivos cujos princípios diferem da produção em massa convencional e onde a diferenciação entre produtos assume papel de destaque.

Governos de países como França e Alemanha discutem como aumentar os níveis de emprego através da diminuição das horas de trabalho⁷. Parece claro, hoje, que esta nova revolução industrial proporcionada pela informatização dos processos de produção é capaz de gerar aumentos nos níveis de produção sem que estes estejam necessariamente vinculados à criação de novos postos de trabalho. Isto vem ocorrendo, por exemplo, com a indústria automobilística brasileira, que entre os anos de 1992 e 1994 aumentou sua produção de veículos em quase 50% (de 1.070.000 para 1.582.000 veículos) mantendo praticamente os mesmos níveis de emprego (MORENO, 1995). Além disso, começam a ocorrer modificações na própria estrutura do vínculo entre empresas e empregados. A intensificação no uso da informática na produção e agora nos escritórios coincide com o enfraquecimento dos sindicatos e com uma nova onda conservadora, que iniciou-se na década de oitenta e teve nos governos dos EUA e da Inglaterra seus mais bem acabados exemplos. São questionados pontos como garantia de emprego, programas de assistência social e uma série de conquistas trabalhistas ocorridas nas últimas décadas.

Também devem ser levados em consideração aspectos de uma visão macro política da situação mundial, como o virtual colapso dos países do leste europeu, o avanço dos chamados “tigres asiáticos” (países situados na zona de influência econômica do Japão), questões de imigração nos países desenvolvidos e, mais recentemente, problemas ligados ao modelo econômico neoliberal adotado por países latino americanos, a partir da crises cambiais ocorridas no México e Argentina. Embora não apresentem relação direta com a informatização da sociedade e suas conseqüências diretas, sem dúvida fornecem elementos para a definição de um “pano de fundo” importante para sua efetiva compreensão. Com o advento da informática nos meios de produção, a divisão internacional de trabalho assume novas características. Aos países centrais não interessa mais a mão-de-obra barata dos países do terceiro mundo, enquanto as matérias primas oferecidas por estes tornam-se cada vez mais desvalorizadas em mercados onde o valor agregado pela tecnologia ao produto é a

⁶ Embora não se refira exatamente ao trabalho informatizado, amostra deste controle gerencial é dado por DEJOURS (1988), com relação ao trabalho das telefonistas na França: a qualquer momento, o superior hierárquico pode ter acesso às respostas dadas pelas telefonistas aos clientes do serviço telefônico (e às conversas com estes clientes), podendo imediatamente detectar qualquer desvio na tarefa a ser executada.

O resultado, para as telefonistas, está no grande aumento verificado nos níveis de ansiedade no trabalho (e fora dele), decorrentes do medo da verificação de falhas, o que vem somente acentuar sua carga de trabalho mental. É evidente que este controle pode trazer efeitos semelhantes aos usuários de computadores, especialmente se estes encontram-se ligados em rede.

Com efeito, alguns programas CAD possuem recursos para tal controle gerencial, através de comandos que indicam o tempo total de trabalho, as modificações executadas nos arquivos etc. relacionados a cada usuário em especial. Também podem ser criados sistemas de senhas e acessos restritos, seja como ferramenta de segurança de informações ou forma de controle sobre os usuários.

⁷ Em novembro de 1993 a Volkswagen alemã firmou acordo provisório junto a seus funcionários segundo o qual estes abrirão mão de dez por cento de seus salários em troca da manutenção do emprego e da redução em vinte por cento de sua carga horária.

principal fonte de divisas. Esta nova situação é, sem dúvida, em muito gerada pelas diferentes formas de aplicação da tecnologia da informação nos meios de projeto e produção.

Esta "*nova revolução industrial*" gerada pela informática tem, portanto, como característica básica a mudança de paradigmas relacionados às fontes da riqueza das nações. Recursos naturais, territórios, população, já não são considerados estratégicos para o desenvolvimento. Como resultado podemos observar o já citado e progressivo distanciamento entre ricos e pobres, que tende a tornar-se cada vez mais acentuado, com efeitos bastante negativos sobre as populações mais carentes. Além disso, mesmo nos países centrais pode ser observada uma característica básica desta nova revolução: os aumentos nos níveis de produção são conseguidos basicamente através de inovações tecnológicas e reestruturações de nível organizacional, que não representam necessariamente aumentos na força de trabalho. Pelo contrário, as inovações tem permitido a automação cada vez maior dos processos de produção, o que diminui o número de empregos e contribui para a formação de um inédito percentual da força de trabalho sem perspectivas de aproveitamento. Não se tratam de desempregados em função de crises cíclicas vividas pelo capitalismo, mas de pessoas que tiveram seus postos de trabalho definitivamente eliminados pela automatização via informática.

Esta automatização, entretanto, não pode ser considerada de forma isolada como fator primordial para as modificações observadas nos meios de produção. A ela estão ligados aspectos puramente gerenciais e organizacionais, que buscam a otimização dos processos através de sua reestruturação e de uma intensiva utilização das tecnologias de informação. Apesar da introdução da informática representar um fato relativamente recente, basicamente restrito aos últimos trinta anos, a automação da produção não pode ser considerada da mesma forma. Desde a primeira revolução industrial a automação dos processos produtivos, através de máquinas e mecanismos específicos, transformou-se em um dos princípios básicos do progresso industrial. Desta forma, convencionou-se considerar o grau de desenvolvimento de indústrias ou países pelos níveis de automação verificados.

Em determinados ramos industriais, especialmente aqueles centrados em processos contínuos de produção, como a petroquímica, os níveis de automação alcançados foram impressionantes. Nestas empresas, a principal atividade humana passou a ser o controle dos processos automatizados, e o maior problema verificado a monotonia entre os trabalhadores, que tinham na maior parte do tempo que apenas monitorar o andamento da situação. Neste casos, entretanto, os níveis de automação são facilitados pela enorme rigidez das operações, que pouco diferem ao longo do tempo e cujos produtos não sofrem alterações significativas em seus processos de produção. Na indústria com produção seriada, a automação rígida, caracterizada pelos altos custos do desenvolvimento de linhas de fabricação e de montagem automatizadas, esbarrou na necessidade de evolução dos produtos. Cada inovação no produto precisava ser economicamente justificada, tendo em vista a necessidade de altos investimentos em cada nova linha de produção. Estas foram as bases da produção em massa e do fordismo.

A partir dos anos setenta, entretanto, estes modelos começam a ser superados diante, principalmente, das novas modalidades de automação flexível e da capacidade da indústria japonesa de produzir bem e a baixos custos, diante dos padrões e modelos da produção ocidental. Esta nova postura destacou-se principalmente a partir da "*invasão*" do mercado norte-americano por automóveis de fabricação japonesa, transformando em escândalo a impossibilidade da indústria americana de competir em seu próprio mercado, com os produtos (automóveis) que melhor simbolizam o "*sonho americano*", contra aqueles que foram derrotados na segunda grande guerra.

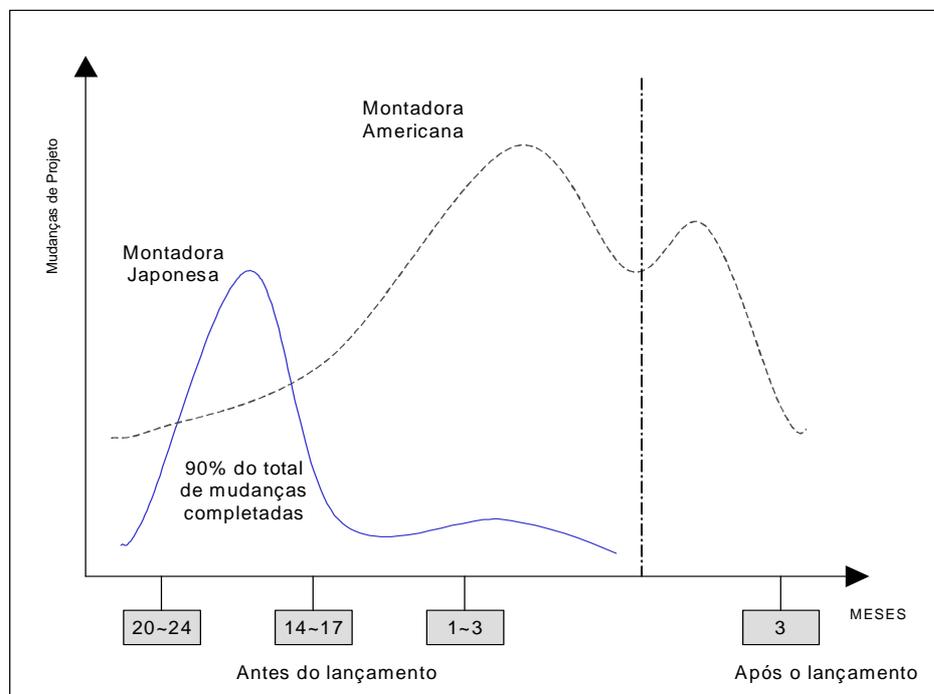
I.5. A PRODUÇÃO “ENXUTA”⁸

Foram muitas as análises realizadas acerca deste fenômeno (a tomada do mercado americano por automóveis japoneses), a maioria atribuindo o sucesso japonês às "*revolucionárias*" formas de gerenciamento da produção adotadas, à qualidade de seus produtos e à intensa informatização de sua produção. Uma análise mais criteriosa, entretanto, deve levar em consideração que as "*revolucionárias técnicas de produção*" dos japoneses não são mais do que as técnicas criadas pelos próprios americanos. As bases do sucesso japonês parecem dessa forma estar, em verdade, no sofisticado, rigoroso e eficiente sistema educacional e nos altos níveis de flexibilidade e qualidade atingidos pela indústria, bem como em suas formas peculiares de organização.

WOMACK et al. (1992) descrevem e analisam, de maneira bastante extensa e detalhada o funcionamento da indústria automobilística a nível mundial, levantando as principais diferenças entre os vários

⁸ No original americano, "*lean*", ou seja, "*magro*", "*sem gorduras*", "*enxuto*", "*desprovido de supérfluo*".

processos de produção. Identificam um novo processo, mais eficiente do que a produção em massa, que denominam “*produção enxuta*”⁹. Este tipo de produção é caracterizado por diferenças gerenciais e organizacionais em relação à produção em massa tradicional, muito mais do que por avanços puramente técnicos. Segundo os autores, a produção enxuta vem se desenvolvendo desde os anos sessenta, atingindo resultados surpreendentes, que chamam a atenção especialmente a partir do acentuado aumento na participação de automóveis de fabricação japonesa no mercado interno norte-americano, a partir do início dos anos 80. Pode-se observar (sem, entretanto, ainda indicar uma relação direta) que esta invasão coincide com notórios avanços em automação industrial, especialmente na indústria automobilística.



Um dos resultados mais evidentes da produção enxuta está na redução do tempo e das atividades de retrabalho envolvidas no projeto. Ao lado, comparação entre número de alterações aos longo do projeto, comparando-se uma montadora americana e outra japonesa. Nota-se que, no caso americano, as alterações (de projeto) prosseguem após o lançamento do veículo.

Ora, a partir disso, pode-se supor que a vantagem competitiva representada pela produção enxuta foi impulsionada, ou multiplicada, pela aplicação da informática. Pode-se dizer que o avanço da indústria automobilística japonesa, embora baseado na organização e na competência peculiares ao Japão, teve na utilização da informática uma alavanca para o definitivo sucesso. Neste caso, torna-se clara uma regra básica da informática: a de que os computadores não resolvem problema algum, e não trazem em si soluções miraculosas. Apenas funcionam como aceleradores, ou multiplicadores das soluções existentes. Dentro desta perspectiva, a tecnologia da informação vem apenas mostrar que “*o Rei está nu*”, ou seja, a organização apresenta problemas crônicos que somente agora vêm à tona. Daí a necessidade de “*soluções miraculosas*” como processos de rápida reestruturação das empresas. Nestes casos, procuram-se apenas desculpas para antigas falhas que, na maioria das vezes, sempre foram de inteiro conhecimento daqueles envolvidos diretamente com o assunto. A tecnologia por si só não parece ser, portanto, a chave para o sucesso japonês. Em sua extensa pesquisa, WOMACK et al. (op. cit.) analisam as causas do sucesso japonês no emprego da produção enxuta desde a fase projetual. A pesquisa compara, entre outras coisas, dois processos projetuais distintos: um na General Motors (norte-americana) e outro na Toyota (japonesa), com conclusões impressionantes em favor do desenvolvimento de projetos em ambientes de produção enxuta. Indo um pouco além, os autores citam estudo dirigido pelo Prof. Kim Clark (da Harvard Business School), uma pesquisa mundial do desenvolvimento de produtos na indústria automobilística. A partir do levantamento de 29 projetos de desenvolvimento de modelos inéditos (carros com novas carrocerias, ainda que com motores ou componentes compartilhados ou adaptados) lançados entre 1983 e 1987, foi constatado que:

“Um carro Japonês totalmente novo exigia, em média, 1,7 milhão de horas de trabalho em engenharia, consumindo 46 meses do projeto original até a entrega aos clientes. Em contraste, o projeto típico norte-americano e europeu de complexidade comparável e

⁹ Este modelo de produção é denominado por outros autores, como CORIAT (1994), de “*Ohismo*” ou “*Toyotismo*”.

mesmo percentual de peças adaptadas e compartilhadas gastava 3 milhões de horas de engenharia e consumia 60 meses”(A partir de FUJIMOTO, 1989)

A enorme diferença (um terço do tempo e quase o dobro de trabalho) de desempenho entre o processo projetual nas diferentes modalidades de produção (de massa clássica e enxuta) deixam clara a necessidade de modificações nas organizações estruturadas a partir da produção em massa, ou da forma que poderia ser considerada como um “*modelo ocidental*”. Após o primeiro impacto trazido pela “*invasão japonesa*”, os EUA e a Europa procuram criar formas de superação da crise, através da criação de mercados comuns e barreiras à importação, bem como da análise das razões para esta invasão. Nos parece correto considerar que as principais empresas japonesas conseguiram aliar um parque industrial tecnologicamente avançado a um modelo gerencial eficiente, que potencializasse os recursos oferecidos pelas novas tecnologias, exatamente o objetivo que as empresas ocidentais não conseguiram ainda atingir. Naturalmente não podem ser desconsiderados outros fatores que permitiram o sucesso japonês, como o alto nível educacional da população¹⁰, uma estrutura cultural extremamente peculiar e uma eficiente política estratégica de desenvolvimento industrial (SHIMADA e MacDUFFIE, 1987). Estes fatores, aliados a técnicas específicas de organização do trabalho e da produção (como *kanban*, *just-in-time* etc.) levaram a uma estrutura organizacional que potencializa os recursos das tecnologias de informação, resultando no aparente sucesso destas tecnologias e ao desenvolvimento acelerado da indústria japonesa¹¹. Segundo GENESINI (1994):

“Vencerá quem conseguir casar, à frente do seu tempo, as realidades futuras com os desafios de transformação das organizações. (...) Mas não tenhamos ilusão, não há paraíso possível se não se reformarem as relações de poder e motivação com os agentes e artificiais dessa revolução. Novas tecnologias em formas ultrapassadas de relações humanas são o pior inferno que se pode esperar do milagre do próximo milênio”

Percebe-se diante disso que existe uma relação cada vez mais importante entre o modelo de organização da empresa e sua visão estratégica de informatização. Parece claro que a maioria das empresas está hoje despreparada para operar com estes novos recursos, pois sua estrutura foi desenvolvida para uma realidade tecnológica superada, o que hoje não é mais do que o óbvio. Podemos considerar, portanto, que embora a flexibilidade não seja gerada apenas pela informatização da produção, esta assume um importante papel no desenvolvimento da indústria japonesa, que vem abandonando os antigos paradigmas da automação rígida que exigia grandes investimentos a cada novo produto. A criação de produtos diferenciados, como novas linhas de automóveis a cada três anos, criou perspectivas inéditas para o mercado, onde o cliente a ser atendido assume importância fundamental. Para esta crescente flexibilização da produção, em muito contribuiu a adoção de sistemas informatizados, através de robôs, máquinas CNC (de Controle Numérico Computadorizado), células automatizadas de produção, sistemas CAD (de *Computer Aided Design*, ou Projeto Assistido por Computador) e CAM (Computer Aided Manufacturing, Manufatura Auxiliada por Computador). Os processos envolvidos, desde o projeto, sofrem desta forma um processo de aceleração, que é em grande parte promovido pela intensa utilização da informática, desde a concepção do produto até sua entrega ao consumidor final, o principal cliente de todo o processo.

I.6. FORMAÇÃO E INFORMAÇÃO.

Nos novos modelos de produção japoneses, os conceitos de responsabilidade pela qualidade dos produtos espalham-se pela empresa, por seus fornecedores e clientes, formando assim uma rede de compromisso pela melhoria do produto, que trará como resultado a satisfação para os vários clientes e o lucro para os fornecedores, em todos os níveis. A disseminação desta nova “*cultura*” empresarial só é possível a partir de uma sólida formação (e informação), seja por parte dos funcionários que precisam envolver-se com a produção, como pela gerência que precisa estar preparada para uma nova situação, onde seu papel de fiscalizador e controlador da produção decresce gradativamente. É de fundamental importância que exista um ambiente onde o fluxo de conhecimento seja constante e facilitado, para que, ao contrário da produção nos moldes tayloristas, todos saibam o que todos estão fazendo, e por que estão fazendo. Este fluxo de comunicações não é consequência da introdução de sistemas informatizados, mas estes em muito contribuem para sua agilização. Pode-se dizer que

¹⁰ Um estudo interessante acerca da aprendizagem e inovação na indústria japonesa é apresentado por FLEURY e FLEURY (1995).

¹¹ Este sucesso, entretanto, deve ser objeto de uma análise mais detalhada, o que não é objetivo deste trabalho. Sem dúvida o sucesso japonês envolve questões políticas, históricas e sociais que transcendem uma abordagem centrada nas empresas. A própria estrutura sócio-cultural do Japão, sua importância na geo-política do pós-guerra e aspectos do planejamento estratégico da economia possuem também importância fundamental para a compreensão da situação atual. Sobre este assunto ver WATANABE, 1988, CORIAT, 1994 e SCHWARTZ, 1990, entre outros

reside nas facilidades para comunicação um dos maiores, senão o maior, benefício da informática para as empresas. Desta forma, uma estrutura que não privilegie a comunicação e troca de informações entre pessoas, grupos e departamentos será incapaz de absorver adequadamente as diversas inovações trazidas pela tecnologia da informação e não conhecerá a maioria de seus benefícios.

Existe também o impacto causado pela informatização da produção que, ao contrário da automação rígida, permite uma flexibilidade inédita nas linhas de produção, fazendo com que o lançamento de novos produtos ocorra com a mesma facilidade com que são atendidas as necessidades peculiares de determinados grupos de clientes. Parece definitivamente encerrada a era da produção em massa e dos carros de qualquer cor, desde que esta seja o preto. O mercado mundial sofre desta maneira significativas modificações, o que vem a acirrar ainda mais disputas comerciais e aumentar a necessidade de maior produtividade por parte das empresas. O desenvolvimento de produtos diferenciados e adequados às necessidades dos consumidores parece ser, juntamente com a "*neurose por produtos ecológicos*", o maior objetivo da indústria atual. O baixo preço final parece ter cedido aos apelos da qualidade, que passou a ser o principal atributo de escolha. Neste sentido, devem ser analisados as principais armas que cada país dispõe para enfrentar a concorrência. O Japão, grande vedete deste final de século, surge como uma nação onde os níveis de educação, formação e organização assumem importância fundamental. A Alemanha segue o mesmo caminho, embora o alto custo representado pelo processo de reunificação tenda a ofuscar seus níveis de crescimento global.

I.7. A INFORMÁTICA E A ORGANIZAÇÃO DAS EMPRESAS

A partir do grande número de empresas que se mostram insatisfeitas com os resultados obtidos em seus processos de informatização, começa a ganhar corpo a idéia de que o principal problema não está na tecnologia e em seu desenvolvimento, mas na forma de organização das corporações (conforme CERQUEIRA, 1994 e HAMMER e CHAMPY, 1994, entre outros). Através de conceitos como *reengenharia*, procura-se agora concentrar as atenções nas estruturas das empresas, que em sua maioria não estariam preparadas para o advento das novas tecnologias da informação, sendo portanto incapazes de competir diante de um mercado que se apresenta cada vez mais ágil, com concorrentes mais aptos à utilização das novas tecnologias.

Segundo HAMMER e CHAMPY, a estrutura das atuais corporações não está devidamente preparada para a utilização eficiente dos recursos apresentados pela informática, utilizando-os de forma incorreta e não integrando a informática ao planejamento estratégico da empresa, ou seja, o computador ainda é visto como mero instrumento de automação em etapas isoladas de processos produtivos antiquados.

Ora, esta afirmação nos parece correta, possuindo inclusive o grande mérito de chamar a atenção para o fato de que, sendo o computador um *acelerador de processos*, este apenas vai tornar mais rápido um processo já deficiente, evidenciando suas falhas. Entretanto, seria conveniente ir um pouco além, procurando encarar o problema também por outros ângulos. Nos parece pertinente a afirmação de que as empresas não estão devidamente preparadas para a informatização, com suas estruturas arcaicas que perpetuam o poder através da contenção e concentração da informação em postos privilegiados.

Entretanto, seria uma perigosa e exagerada simplificação imaginar que somente uma reestruturação a nível organizacional é capaz de rapidamente reverter um quadro extremamente sedimentado e que, na maioria dos casos, apresenta características de alta complexidade. A esta complexidade juntam-se outros fatores importantes, como a cultura específica de cada empresa, aspectos próprios de cada organização e de seu coletivo de trabalho.

HAMMER e CHAMPY, em seu livro *Reengenharia - Revolucionando a Empresa*, propõem uma completa revisão dos processos encontrados na organização, com o objetivo de torná-la voltada para seu objetivo principal, ou seja, o atendimento ao cliente (uma outra maneira para designar a conquista do mercado). Desta forma, segundo os autores, eliminam-se todos os processos e/ou atividades que não sejam diretamente relacionados a este fim, tornando a empresa muito mais ágil e eficiente.

A proposta, neste caso, é recomeçar do zero, *trabalhando com uma folha de papel em branco* para a formação de uma nova estrutura organizacional baseada nos processos a serem revistos. Podemos dizer que esta forma de raciocínio provou ser bastante eficiente para seus autores em pelo menos duas situações: (1) trazendo vultosos lucros através da venda de dois milhões de livros em 14 idiomas e (2) US\$ 600 milhões em faturamento através de consultorias a empresas ávidas por soluções miraculosas e imediatas.

Não é nossa intenção, entretanto, promover uma crítica aos processos de reengenharia. cremos que a reestruturação organizacional e gerencial da maioria das empresas é de premente necessidade, principalmente

em um país como o Brasil, onde esta estrutura reflete diretamente a realidade social, também extremamente arcaica e, porque não dizer, ineficiente diante das novas opções tecnológicas e das condições de competitividade mundial.

Neste contexto de acelerada modificação nos processos de produção em todo o mundo, o Brasil conta com uma desvantagem crucial em termos de formação educacional e social. Seria o início de uma interminável discussão, mas não é possível deixar de também citar problemas estruturais da sociedade brasileira, como estratificação social, racismo e desprezo da elite econômica pelos destinos do país como entraves ao desenvolvimento econômico, pois estes refletem diretamente sobre o que acontece nas organizações brasileiras, desde o chão de fábrica até a alta administração. Colocam-se desta forma questões de grande importância, que vem sendo tratadas ao largo das decisões de ordem meramente técnica nos processos de modernização das empresas via informática: Como o corpo gerencial poderá acompanhar a evolução dos recursos técnicos utilizados pelos processos de fabricação?

Diante dos novos paradigmas de produção e das crescentes exigências do mercado, muitas soluções (ou "pseudo-soluções") tem sido apresentadas como "panacéias" ou "soluções miraculosas" para empresas que necessitam adequar-se à nova realidade, sob pena da perda de mercados ou, em pior hipótese, da própria falência. Outras propostas, ao contrário, colocam-se como reais instrumentos de modernização e ganhos para a Empresa. A expressão *reengenharia* é um neologismo bastante recente, que como conceito possa ser comparado, a grosso modo, a um conjunto de técnicas já existentes, agora agrupadas e aprimoradas, como observa CERQUEIRA (op. cit.). Podem ser observadas diferenças significativas nas diversas abordagens acerca do assunto, bem como influências maiores ou menores de outros conceitos correlatos (notadamente programas para melhoria da qualidade e *benchmarking*). Apesar do grande interesse pela *reengenharia* e do grande número de empresas que declaram adotar esta solução¹², 70% das empresas consultadas em pesquisa realizada nos EUA e publicada pelo jornal "O Globo" (23 de janeiro de 1994) não estavam satisfeitas com os resultados de seus projetos de reengenharia. A causa apontada para este relativo fracasso foi, entre outras, a inadequada identificação de objetivos durante a fase de concepção do projeto. Ainda segundo a pesquisa, os principais fatores que interferem neste sentido são a utilização eficiente da tecnologia, a consistência do método utilizado, o efetivo envolvimento de todo pessoal influenciado pela mudança e a intuição dos responsáveis pela reengenharia.

É bastante natural que tecnologias e processos gerenciais, bem como estruturas organizacionais de determinados países não sejam facilmente adaptáveis à outros, conforme nos coloca WISNER (1987, 1989 e 1991), com seus estudos relacionados a antropotecnologia e SHAHNAVAZ (1991), com uma abordagem ligada a fatores humanos ("*human factors*"). Deve-se, portanto, antes de mais nada, proceder-se a uma análise dos processos relacionados à *reengenharia*, suas características e resultados nos locais onde já é praticada de forma sistematizada. Esta análise tem por objetivo, além de se evitarem erros já cometidos, preparar uma metodologia para uma efetiva e adequada reestruturação das empresas no Brasil, que atenda de forma satisfatória às necessidades brasileiras e esteja adaptada às características extremamente peculiares ao país. Sejam estas tecnológicas, econômicas, sociais ou culturais.

Em verdade, a principal proposta positiva colocada pela reengenharia é uma **visão de processo**, ao contrário de uma concepção centrada puramente na estrutura da organização. Esta proposta, entretanto, não deve ser considerada como algo de inédito ou radicalmente novo. Segundo CERQUEIRA (Op. cit.), o grande diferencial para a *reengenharia* está na utilização da tecnologia da informação:

"A tecnologia orienta o processo. A mudança da tecnologia implica o exame de como as organizações incorporam conhecimento em suas estratégias.(...) A informação tecnológica impulsiona e orienta a estratégia. E vice-versa. A estratégia impulsiona e orienta a informação tecnológica. Mas a diferença favorece a informação tecnológica sobre a estratégica. Sem tecnologia e sem novas tecnologias não se faz reengenharia. Não se faz integração interfuncional. Tudo isso ocorre numa sociedade pós-capitalista. Tudo numa sociedade do conhecimento." (CERQUEIRA, op. cit.)

Pode-se ir um pouco além, através de uma visão centrada **no produto**, objetivo final de qualquer processo. Neste caso, o processo é orientado pela tecnologia e esta é orientada para o produto. A partir deste ponto de vista, não basta a correção ou aprimoramento dos processos utilizados se o produto final não é adequado. A organização deve estar voltada predominantemente para a melhoria do produto, pois um produto

¹² Devemos notar que nem sempre "declaram adotar" significa que haja realmente um processo de reengenharia em andamento na empresa, nem que estes processos - se em andamento - correspondem efetivamente à reengenharia.

bem projetado poderá utilizar de forma mais eficiente os processos de produção, oferecer facilidades de distribuição e manutenção, apresentar menor número de falhas e finalmente conquistar o mercado, preservando e permitindo o crescimento da empresa.

Neste aspecto as tecnologias informatizadas relacionadas ao desenvolvimento de produtos (como os sistemas CAD) colocam-se como fundamentais para o sucesso da empresa, inclusive (e principalmente) no sentido de permitir a rápida transferência de informações entre os vários setores da organização, dentro da proposta do CIM, embora sem sua completa aplicação. Através de sistemas informatizados, as informações relativas aos produtos podem circular pela empresa praticamente em “tempo real”.

Desta forma, qualquer dificuldade apresentada nas linhas de produção pode ser incorporada ao banco de dados relativo ao produto, e assim ser acessado pelo pessoal responsável pelo processo de design. Embora isto seja possível mesmo sem a utilização de sistemas informatizados, a prática demonstra que em situações reais parte relevante destas informações são perdidas, devido à ausência de canais de comunicação entre os diferentes grupos envolvidos com as diferentes fases do ciclo de vida do produto (conforme CAULIRRAUX, SOUZA e IZU, 1994). Vale dizer que este não é um problema observado somente em processos de produção industrial. DIAS (1992) avalia esta questão no setor da construção civil, onde a ausência de elementos eficientes de integração entre projeto e construção elevam a níveis bastante altos (aproximadamente 30%) as perdas advindas de falhas atribuídas ao projeto e necessidades de retrabalho em campo.

I.8. A SITUAÇÃO DO BRASIL

Tornou-se lugar comum falar da verdadeira revolução trazida pela informatização de base micro informática aos meios de produção em todo o mundo. Esta revolução, entretanto, parece agora menos importante pelos novos equipamentos que a caracterizam, com um especial destaque para os computadores de uso pessoal, do que pelas inovações nos processos de trabalho potencialmente gerados pela tecnologia da informação. A criação da Internet, a crescente difusão de redes e sua expressiva e explosiva popularização possuem um enorme potencial para alterar profundamente as formas de produção, agora cada vez mais *globalizadas*. Em muito graças à informatização, a Philips do Brasil (conforme citado na Revista Informática Exame, 1994) reestruturou todo seu processo produtivo, integrando as diversas unidades produtivas no Brasil através de redes locais e unindo-se à matriz via satélite. Como resultado, foram atingidos resultados importantes em relação a aumentos de produção e melhoria dos níveis de qualidade e de atendimento a clientes, além da concentração, no Brasil, da produção mundial de liquidificadores, centrífugas e ferros de passar roupa dotados de spray. Esta reestruturação é resultado, entre outras coisas, de uma mudança no sistema informatizado utilizado pela empresa, com o abandono de três antigos mainframes responsáveis pelo gerenciamento de todo o trabalho da organização em troca de sete estações de tecnologia RISC¹³. Em compensação, o número de micro computadores subiu de 256 para 949.

Este tipo de modificação não é simples como parece. Envolve mais do que simples processos de treinamento, mas oferece a oportunidade de (ou exige) uma mudança de postura frente ao trabalho, que agora deve ser realizado segundo padrões mundiais de qualidade, a partir da utilização de tecnologias cada vez mais sofisticadas. A busca pela excelência envolve questões sérias como comprometimento e participação por parte dos trabalhadores, que agregam às antigas tarefas um novo elemento de fiscalização e controle sobre o próprio trabalho, que segue parâmetros muito mais rígidos. Ao que parece, a figura do “homem-boi” imaginada por Taylor tende a desaparecer do chão-de-fábrica, ao mesmo tempo que a automação leva para os escritórios vários dos princípios tayloristas e a imagem de uma linha de montagem. A informatização dos escritórios a partir do uso de computadores possui um caráter de controle sobre as tarefas executadas, pois permite (especialmente através de redes) uma fiscalização *on line* pela gerência.

Também a utilização de softwares segundo padrões pré-determinados pode ser encarada como uma forma bastante séria de prescrição do trabalho mental. Ora, com a informatização o usuário de computadores é levado a *agir conforme padrões pré-estabelecidos pela máquina*, a partir de informações fornecidas pelo computador, através de uma programação pré-existente e, muitas vezes, inadequada às condições de execução da tarefa (coloca-se aqui mais uma vez o exemplo analisado por TELLES, 1995, na sala de SDCD em uma fábrica de catalizadores no Brasil). Desta forma, os operadores são levados a agir conforme a prescrição do trabalho realizada pelos responsáveis pelo desenvolvimento dos sistemas *hard* e, principalmente, *software*. Estes, da mesma forma que aqueles que prescrevem o trabalho em linhas de produção, encontram-se distantes do trabalho real. Esta diferença entre *real* e *prescrito* (ou entre *tarefa* e *atividade*) é, entretanto, de difícil solução

¹³

pelos usuários de sistemas informatizados, visto que estes ainda representam um mistério para grande parte dos trabalhadores.

As diferenças existentes entre as formas real e prescrita de trabalho constituem-se em um dos pressupostos da ergonomia, em especial da Análise Ergonômica do Trabalho, conforme descrita por WISNER (1987) GUÉRIN et al (1991) e LIMA (1996), entre outros. A diferenciação entre trabalho prescrito e trabalho real, realizada de forma bastante interessante por DANIELLOU et al (1987) é também denominada de distância entre tarefa e atividade (LIMA, 1996). Segundo este autor:

“A tarefa (trabalho prescrito) é constituída por aquilo que se tem que fazer e de como fazê-lo. Aqui devem ser considerados: objetivos a atingir, especificações do resultado a obter (...), meios fornecidos (...) e as condições de trabalho em geral (...). Para realizar o objetivo proposto com os meios disponíveis e nas condições dadas, o homem desenvolve uma certa atividade (trabalho real)”.

Em verdade, o Brasil enfrenta dificuldades adicionais para superar a nova etapa de industrialização baseada na micro-informática, devido principalmente às condições de formação profissional¹⁴ da grande maioria dos trabalhadores. Diversos autores (como FLEURY e FISCHER, 1987, por exemplo) discutem a amplitude e a validade da implantação de conceitos tayloristas e fordistas no Brasil, constatando que esta na maior parte das vezes não ocorre de forma consistente. Trata-se, portanto, da implantação de novas formas de organização do trabalho sem a efetiva aplicação dos antigos métodos. Será possível desta maneira queimar etapas, atingindo-se um patamar de organização empresarial e do trabalho reconhecidamente sofisticado, que envolve a participação e o conhecimento dos trabalhadores em prol da melhoria da qualidade e da capacidade de competitividade? Se ainda não fomos capazes de implantar de forma eficaz um sistema baseado na divisão do trabalho em tarefas simples, será possível a introdução de métodos que privilegiem o conhecimento do trabalhador?

Também deve ser levada em consideração a adequação ou não das formas de organização do trabalho desenvolvidas em outros países à situação observada no Brasil. Já foi colocado que o Japão apresenta características bastante peculiares que permitem a aplicação eficiente de sistemas como círculos de qualidade, *kambam*, *just-in-time*¹⁵ etc. Ora, estes sistemas são objeto de intensa divulgação, embora seus resultados em indústrias brasileiras sejam muitas vezes discutíveis. Parece claro que a pura e simples importação de modelos gerenciais não é o bastante para o desenvolvimento das empresas brasileiras, mas sim uma avaliação profunda dos fatores “de fundo” que possibilitam a aplicação destes modelos em seus países de origem e posterior desenvolvimento de modelos apropriados às condições nacionais, que conjugue as mais recentes tendências internacionais às condições e peculiaridades do Brasil.

Outra dúvida colocada diz respeito à capacidade das novas tecnologias de produção industrial perpetuarem e acentuarem as diferenças regionais brasileiras, criando “ilhas de prosperidade” ainda mais restritas do que as atualmente existentes. Neste sentido, pode-se apontar o pequeno número de empresas no Brasil que efetivamente se utilizam de novas tecnologias informatizadas em processos de projeto e produção como fator de desequilíbrio a ser acentuado no futuro. Não basta, portanto, a elaboração de novos processos de produção ou a formação de novas estruturas de poder gerencial e fluxo de informações. A reestruturação da empresa com vistas à sua modernização deve ser vista de uma forma mais ampla, com atenção aos princípios culturais da empresa e da sociedade à qual esta está inserida, devendo ser dada especial atenção a estes fatores durante a introdução de novos sistemas informatizados.

Nada poderá garantir, em princípio, que um processo de modernização realizado com sucesso em determinado país possa ser diretamente transferido a outro (ou mesmo a uma diferente região de um mesmo país). Os problemas de transferência de tecnologia adquirem maior importância quando relacionados às novas tecnologias informatizadas devido, entre outros fatores, às características de *inflexibilidade* dos *softwares* normalmente agregados a estes sistemas (WISNER, 1994). Além disso, estas tecnologias, ao serem transferidas a países subdesenvolvidos, sofrem as conseqüências de sua utilização em condições degradadas, ou seja, fora dos padrões especificados pelo fabricante. Este problema parece bastante claro em se tratando de instalações industriais, que em países pobres na maioria das vezes sofrem de precárias condições de segurança e manutenção deficiente. Além disso, questões ligadas aos altos custos destas instalações e diferenças de

¹⁴ Como “formação profissional” deve ser entendido não somente o treinamento para execução de determinada tarefa ou conjunto de tarefas, mas todo o processo educacional, desde a alfabetização que, na maioria dos casos, é deficiente no Brasil.

¹⁵ Nunca é demais lembrar que as muitas vezes chamadas técnicas gerenciais “japonesas” são na verdade sistemas desenvolvidos por norte-americanos e disseminados no Japão principalmente no período de ocupação do pós-guerra, como W. Edwards Deming (WALTON, 1989).

legislação¹⁶ levam à situação em que plantas industriais destinadas à produtos semelhantes apresentem alterações relevantes se construídas em diferentes países, em aspectos ligados principalmente à sistemas de controle e segurança.

Este problema pode também ser verificado em relação à sistemas destinados à informatização de atividades típicas de escritórios, como o CAD. Problemas relacionados à falta de preparo técnico de usuários, falta de programas elaborados de treinamento, deficientes programas de atendimento e suporte pós-venda a usuários por parte de fornecedores, problemas mais ou menos sérios de manutenção de equipamentos, ausência ou séria limitação dos serviços de suporte aos usuários diretos do sistema (interno ou externo à empresa usuária), entre outros, são extremamente comuns mesmo em países como o Brasil, possuidor de considerável parque industrial.

Embora venha apresentando melhorias a partir do início dos anos 90, o serviço de apoio às empresas usuárias de sistemas informatizados no Brasil ainda deixa bastante a desejar. Abandono após a aquisição do sistema, despreparo por parte da equipe técnica da empresa fornecedora, falta de vínculo entre os serviços de venda e pós-venda¹⁷ e falta de compromisso com o cliente são as queixas mais comuns, observadas em várias das empresas pesquisadas e já observada entre usuários brasileiros de sistemas informatizados de uma forma geral por KANITZ (1994). Outro problema ainda mais comum está no sub ou super dimensionamento do sistema CAD a ser adquirido, fruto de uma generalizada falta de informação e respeito do sistema, suas características e potencial de cada aplicação para cada empresa. Devido ao desconhecimento crônico dos problemas a serem resolvidos por parte de praticamente todos os envolvidos, a exata configuração do equipamento (*hard* e *software*) a ser adquirido transforma-se em um sério obstáculo, nem sempre compreendido ou mesmo percebido.

Em verdade, o responsável pela aquisição do sistema, por parte da empresa, dificilmente está a par das últimas novidades do mercado. Na maioria dos casos pesquisados, este já é encarregado por uma série de tarefas na empresa e, além disso, torna-se *também* o responsável pelo processo de seleção do sistema a ser adotado. Normalmente não há (e nem há condições para isso, devido às dimensões ou estrutura das empresas) nenhuma equipe capacitada de apoio ao levantamento de informações de mercado fundamentais para a aquisição de um equipamento deste porte e com tal grau de inovação. Este fato é observado apesar do processo de aquisição de sistemas CAD representar um investimento sempre relevante para a empresa, além de significar a entrada em um mercado caracterizado por processo de constante inovação. Não é exagero supor que a cada dois anos o sistema possa ser considerado ultrapassado, e o acompanhamento da evolução deste mercado não é tarefa das mais simples.

Muitas vezes, embora o sistema utilizado ainda atenda às necessidades da empresa, o fato de a maior parte dos clientes, fornecedores e concorrentes adotarem uma versão mais moderna acaba por levar à substituição, seja para a possibilidade de troca de dados (o que raramente ocorre), para a utilização de novos recursos existentes ou mesmo para “acompanhar a moda”, o que ocorre com muito mais frequência do que seria razoável. Neste caso as empresas são levadas a realizar um “*upgrade*” (ou modernização) do sistema apenas em função da existência de novos lançamentos no mercado, para evitar qualquer risco de “ficar para trás”.

O levantamento dos equipamentos (*hard* e *software*) disponíveis no mercado, a seleção do pacote mais apropriado às necessidades da empresa e o desenvolvimento de aplicativos internos com vistas à “customização”¹⁸ do sistemas é uma tarefa que exige um comprometimento efetivo, além de, naturalmente, um nível de competência adequado. O que ocorre em grande parte dos casos é que a empresa que está adquirindo o sistema não tem pleno conhecimento de sua próprias necessidades, dos sistemas oferecidos pelo mercado e de que formas estes sistemas podem efetivamente auxiliar em seus processos de desenvolvimento de produtos. Os fornecedores, por sua vez, não possuem informações (e nem poderiam) acerca da empresa e de suas

¹⁶ Normalmente os países pobres apresentam leis mais “maleáveis” em relação à segurança e controle ambiental, além de serem mais vulneráveis à imposição de condições pelas multinacionais. Desta forma, muitas das indústrias “poluidoras” estão sendo transferidas para países subdesenvolvidos, onde o controle exercido pelo Estado e pelos cidadãos ocorre de forma muito mais limitada.

¹⁷ Ou seja, a equipe de vendas “promete” o que o sistema nem sempre pode cumprir, deixando o problema para aqueles responsáveis pela instalação, que acabam por suportar a (inegavelmente justa) insatisfação por parte da empresa que adquire o sistema.

¹⁸ Do inglês “*custom*” (Suporte dado ao cliente por determinada empresa, costume, maneira de ser de um povo e/ou região) ou “*customer*” (freguês), adaptar o programa às características e ou necessidades de aplicação da empresa, seja através de macros, rotinas ou pequenos aplicativos desenvolvidos com o objetivo de facilitar as tarefas rotineiras do setor de projetos (como por exemplo a execução de margens do desenho). Em um nível mais sofisticado, podem ser desenvolvidos meios de “*parametrização*” de projetos, isto é, a partir de determinadas informações básicas, como dimensionamento e material utilizado, parte do projeto pode ser desenvolvido automaticamente.

necessidades, e os serviços de consultoria (quando existem e são eficientes) são considerados caros, estando restritos basicamente às empresas de maior porte.

Ao fornecedor interessa, em grande parte dos casos, efetuar a venda da forma mais vantajosa possível, cuidando para que o cliente *nunca leve nada a menos do que precisa*. Esta postura, embora pareça pouco ética em princípio, parte do pressuposto de que *antes sobrar do que faltar* e que, para o cliente, é preferível perceber que levou mais do que desejava do que menos do que precisava. Este raciocínio pode até ser justificado a partir do fato de que, após a aquisição do CAD e do desenvolvimento da primeira série de aplicações, novas oportunidades de uso serão descobertas e a compra de um equipamento mais robusto acaba por justificar-se. Nesta situação, o cliente não conhece o potencial do sistema ou suas verdadeiras características e aplicações. O fornecedor, por outro lado, pouco sabe acerca do processo de produção ao qual o sistema CAD será inserido, o que dificulta uma definição mais elaborada das reais oportunidades de aplicação. Uma alternativa a esta situação está na figura do consultor, que se propõe a atuar na interface entre as duas partes. Na realidade, entretanto, a qualidade dos serviços de consultoria existentes no país deixam muito a desejar, por uma evidente falta de compromisso com os resultados em longo prazo¹⁹. Desta forma, os sistemas CAD existentes no Brasil sofrem de início com a falta de algumas condições básicas para seu adequado funcionamento, o que acaba por prejudicar de forma muitas vezes determinante o futuro da implantação para a empresa. Não se deve imaginar, entretanto, que problemas de desinformação, inadequada configuração de equipamentos e suporte deficiente são característicos de países como o Brasil, ocorrendo mesmo em países desenvolvidos com Alemanha e Japão, segundo FERREIRA e RADOS (1986).

Conforme PAVARD (1995), os problemas detectados na Europa, com relação a aspectos de integração do processo projetual através de sistemas CAD apresentam algumas semelhanças à situação observada no Brasil: questões organizacionais, dificuldades para padronização de procedimentos, diferentes linguagens e sistemas, estratégia de automação que não levou em consideração o peso de diversas incompatibilidades e as dificuldades para a solução dos problemas daí advindos etc. Também a ausência de uma política estratégica consistente de automação das empresas a longo prazo é um fator extremamente limitante em se tratando da implantação de sistemas CAD. Desta forma, o processo de implantação e a prioridade para desenvolvimento de aplicações (quando esta pode ser observada) fica basicamente a critério da política pessoal da administração responsável pelo CAD no momento. Observam-se situações em que toda a experiência acumulada em relação ao sistema é praticamente desperdiçada em função de “*mudanças de rota*” designadas muitas vezes de forma pessoal e mesmo autoritária por parte de novos elementos na alta administração da empresa.

Com relação à introdução de novos equipamentos informatizados no Brasil, a situação é bastante peculiar à “*cultura técnica*” nacional. O prolongado processo de crise vivido pela indústria brasileira dificulta bastante o planejamento de modernização a médio e longo prazos. Os investimentos em modernização técnica são diluídos ao longo do tempo, sem a existência de controle e planejamento consistentes. Desta forma, a modernização se dá através de uma série de pequenas modificações ao longo do tempo, sem que haja necessariamente relação entre estas. O resultado foi, em diversos casos observados, a formação de uma *colcha de retalhos* tecnológica, onde um grupo de pequenas boas soluções não representa exatamente uma boa solução para a empresa como um todo. Neste caso, são comuns as situações em que sistemas informatizados de uma mesma empresa são incompatíveis entre si, dificultando em muito sua utilização adequada e virtualmente inviabilizando a integração da empresa em um único sistema informatizado (em longo prazo). Esta situação acaba por levar à perpetuação dos velhos modelos organizacionais baseados na departamentalização e especialização excessiva, dificultando uma difusão tecnológica uniforme e coordenada pela empresa como um todo, a partir de um planejamento estratégico centralizado e tendo em vista as necessidades e objetivos da empresa a médio e longo prazos.

Embora esta questão não deva ser tratada como uma consequência direta da informatização, existe hoje a clara noção de que os modelos gerenciais utilizados no Brasil estão definitivamente ultrapassados. Não é exagero dizer que estes modelos, que refletem na fábrica a estrutura social existente no país, estariam ultrapassados mesmo sem esta nova revolução tecnológica. A estrutura organizacional da maioria das empresas pesquisadas, extremamente verticalizada e departamentalizada, tem se mostrado pouco adequada às novas questões colocadas a partir da necessidade de melhoria nos padrões de qualidade²⁰ e produtividade²¹. A

¹⁹ Esta opinião pouco lisonjeira foi praticamente unânime entre diversos usuários e fornecedores consultados, que referem-se aos consultores como “rapazes simpáticos de ternos azuis de quatro botões e slides (ou, mais modernamente, sistemas de “datashow”) bem preparados”

²⁰ Este trabalho adota o conceito de JURAN (1992), que define qualidade como (1) as características do produto que respondem às necessidades dos clientes e (2) ausência de deficiências ou, em termos gerais, “adequação ao uso”. CERQUEIRA et al. (1995) definem qualidade com “a totalidade de atributos que deve ter um produto ou serviço para que atenda ou supere as expectativas do usuário final”.

participação e o envolvimento dos funcionários, aspectos básicos das novas formas de gestão são claramente incompatíveis com as formas de relação social existentes dentro das empresas. Mais do que investimentos em tecnologia de ponta, as empresas brasileiras necessitam de formas de gerenciamento compatíveis com as novas necessidades apresentadas pela informatização, especialmente com relação à agilização na troca de informações entre os vários setores da empresa. Esta troca é um dos princípios básicos das formas de integração CAE/CAD/CAM (*Computer Aided Engineering, Design and Manufacturing*, ou Engenharia, Projeto e Manufatura Auxiliados por Computador) e somente será possível a partir da conscientização gerencial de sua necessidade, pois este processo envolverá uma conscientização por toda a empresa, com mudanças de "cultura" que devem ocorrer de cima para baixo, desde a diretoria até os trabalhadores das linhas de produção.

Desta forma, os gerentes defrontam-se com novos problemas, especialmente relacionados ao fluxo de informações pela empresa, que deve trabalhar de forma integrada, e as formas de gerenciamento das informações de projeto e produção. O que vem ocorrendo na prática (ROMEIRO e MARTINELLI, 1991, ROMEIRO 1993) é a inovação tecnológica através da mera aquisição de novos equipamentos, mas sem a adoção de modelos gerenciais eficientes e coerentes com as novas tecnologias. Um processo estruturado e eficiente de informatização, ao contrário, deve levar em consideração as necessidades da empresa a longo prazo, contando com uma estrutura que seja adequada a um cenário caracterizado por constantes mudanças e flexível o bastante para adaptar-se sem grandes traumas a inevitáveis e cada vez mais intensas inovações tecnológicas.

I.9. A INFORMATIZAÇÃO E A SAÚDE DOS TRABALHADORES

A informatização dos meios de produção tem trazido novas e importantes conseqüências para as condições de trabalho daqueles direta ou indiretamente influenciados pela adoção de computadores em suas tarefas diárias. A utilização da informática hoje apresenta-se como consolidada em muitos campos do trabalho, embora apenas se iniciem estudos acerca dos efeitos da implantação de novas tecnologias informatizadas nos sistemas de produção, especialmente com relação a aspectos psíquicos e cognitivos da tarefa, áreas onde é mais intensa a carga de trabalho. Tornam-se preocupantemente comuns relatos de problemas nervosos relacionados a digitadores (MEDEIROS, 1989) e usuários de sistemas informatizados em geral (SILVESTRE, 1995 e HOCHANADEL, 1995). A aparente melhoria das condições ambientais de trabalho a partir da informatização não devem funcionar como uma "cortina de fumaça" diante da análise dos riscos da intensiva utilização do computador na atividade de trabalho. Para o sucesso na implantação de novos sistemas de base micro informática é imprescindível que se leve em consideração as novas condições às quais os trabalhadores estão agora expostos, como forma de se minimizar os possíveis aspectos negativos destas novas tecnologias, adequando-as às características da população usuária.

Uma aparente melhoria nas condições ambientais (ambientes mais limpos, refrigerados, etc.) pode trazer uma errônea imagem de espaço de trabalho saudável, o que nem sempre corresponde à realidade, pois muitos destes novos ambientes apresentam-se como nocivos à saúde dos trabalhadores, trazendo efeitos como bronquites, alergias, irritações no nariz e na garganta, problemas de coluna, resfriados constantes, perda progressiva da audição e visão, etc., conforme levantado por VAL e NUNES (1992)²², sendo também observados distúrbios psicossomáticos, como náuseas, gastrites, etc., efeitos físicos ligados ao aumento da carga de estresse²³ resultante das novas condições de trabalho²⁴. Os trabalhadores, entretanto, nem sempre percebem estes males como efeitos do ambiente e de suas condições de trabalho, o que agrava ainda mais a situação.

²¹ MEIRELLES (1991) apresenta diversos conceitos para produtividade, como o da OECE - Organização Européia de Cooperação Econômica, de 1950: "a produtividade é o quociente de uma produção por um dos fatores da produção". Segundo a OECE, "a produtividade do trabalho (...) é o quociente da produção pela duração do trabalho humano". A OECD - Organization for Economic Cooperation and Development - define produtividade como "a relação entre o que é produzido e os recursos consumidos na produção, isto é: saídas/entradas". Também FARINA (1980) expõe e discute vários conceitos e definições sobre o assunto. Já segundo LIMA (sem data),

"A produtividade é sempre uma "relação", uma "proporção" entre uma produção dada e os recursos (em geral o tempo de trabalho) utilizados para obter essa produção. esta definição clássica é conceitual e equivale à expressão do rendimento do trabalho. A produtividade, em qualquer forma que apareça, reflete, assim, uma relação entre meios e fins: que fins são obtidos com determinados meios ou quais meios são necessários para se obter uma determinada meta."

²²Estes males são também resultados da chamada "síndrome dos edifícios doentes", citada por VAL & NUNES (op. cit.) e HEDGE et al. (1991).

²³O termo estresse (ou "stress") foi introduzido pelo médico húngaro Hans Selye após a Segunda Guerra Mundial. Na década de 70 Selye definiu o estresse como uma reação do organismo a uma situação ameaçadora, ou Síndrome Geral da Adaptação. Situações de trabalho sedentário e de tensão exagerada estão entre as principais causas desta síndrome neurótica, que possui como sintomas mais comuns a

A todos estes problemas vêm se associar os de fundo predominantemente psíquico, que começam a afetar os trabalhadores a partir da implantação das novas tecnologias, e que para serem devidamente analisados em suas reais conseqüências pela psicopatologia do trabalho e pela ergonomia, requerem instrumentos de pesquisa além dos utilizados em uma abordagem ergonômica que privilegie aspectos fisiológicos e antropométricos do trabalho .

"Se a definição dos aspectos físico e cognitivo é bastante evidente, não ocorre o mesmo para a dimensão psíquica. Esta pode ser definida em termos de conflito no seio da representação consciente ou inconsciente das relações entre a pessoa (ego) e a situação (neste caso, a organização do trabalho)." (WISNER, 1987)

Nos novos postos de trabalho informatizado, segundo DEJOURS (1988), assumem fundamental importância aspectos ligados à estrutura da personalidade de cada indivíduo e o que representa para ele o confronto com cada tarefa. Estas características tornam extremamente arriscada qualquer tentativa de generalização em torno das necessidades ergonômicas para cada posto de trabalho, a partir de uma pretensa medição das exigências cognitivas e da carga de trabalho psíquica.

"A insatisfação proveniente de um conteúdo ergonômico inadaptado à estrutura da personalidade não é outra coisa do que uma carga de trabalho psíquica. Esta carga de trabalho não é idêntica à carga de trabalho física ou psicossensomotora. Os efeitos desta carga e o sofrimento estão no registro mental e se ocasionam desordens no corpo, não são equivalentes às doenças diretamente infligidas ao organismo pelas condições de trabalho. A carga de trabalho psíquica representada pelo sofrimento proveniente de um desconforto do corpo coloca inteiramente o trabalhador e sua personalidade à prova de uma realidade material, primeiramente. O conflito não é outro senão o que opõe o homem à organização do trabalho (na medida em que o conteúdo ergonômico do trabalho resulta da divisão do trabalho)" (DEJOURS, op. cit.)

Embora não sejam aparentes as relações entre os novos postos de trabalho, pois não há mais a figura de um "perigo" aparente, existe a noção de que o trabalho junto a terminais informatizados influencia o equilíbrio psíquico, com sintomas que vão desde um mal-estar generalizado até verdadeiros indícios de uma doença mental, conforme alguns depoimentos recolhidos por REBECCHI (1990) junto a usuários de sistemas informatizados:

- *"Agora estou trabalhando menos, mas mesmo assim estou mais cansado, mais abatido, tenho menos entusiasmo."*

- *"O trabalho não depende mais de você, e sim da máquina; você é apenas um observador"*

Alguns depoimentos de trabalhadores denunciam quadros evidentes de sofrimento psíquico:
"...eu chorava toda hora, via tudo preto, tinha sentimento de culpa."

Outro fator importante em se tratando de situações de trabalho informatizado se refere à interface entre os usuários e os programas desenvolvidos para utilização de computadores. As dificuldades de utilização da maioria dos *software* por usuários leigos deve-se em grande parte ao fato destes serem normalmente desenvolvidos por analistas, profissionais cuja própria formação é voltada muito mais para aspectos técnicos de funcionamento dos *software* do que para suas condições de uso em situações reais e por pessoas nem sempre possuidoras de profundos conhecimentos acerca do sistema utilizado.

Este aspecto limita em muito as condições de aplicação dos *software*, dificultando seu uso por leigos e usuários iniciantes devido à dificuldades de interface e impossibilitando uma real otimização dos sistemas. Muitos dos usuários desconhecem ou não conseguem utilizar a maioria dos recursos oferecidos pelos programas adotados, devido a uma interface demasiadamente complexa. SPERANDIO (1984), coloca algumas características necessárias à facilidade de utilização do *software* pelo usuário:

- **Disponibilidade e Confiabilidade** - O programa deve possuir comandos que auxiliem efetivamente o usuário no desenvolvimento da tarefa proposta, se possível oferecendo diferentes alternativas (para que o

irritabilidade exagerada, ansiedade, cansaço físico e mental e baixa resistência imunológica, que pode abrir as portas para uma série de doenças e/ou disfunções (REBELLO, 1993 e PARAGUAY, 1990)

²⁴*A carga de estresse não deve ser atribuída somente às novas condições de trabalho, pois está presente em todas as formas de atividade humana. Seus níveis, entretanto, tem se mostrado acentuadamente elevados em atividades sedentárias e onde a tensão, exigências de alta produtividade e rapidez são uma constante, condições características dos novos postos de trabalho informatizados.*

usuário possa eventualmente utilizar uma estratégia pessoal para a execução da tarefa) e apresentando vantagens efetivas em relação ao processo anterior, ao mesmo tempo que reduz as possibilidades de falhas, erros e a necessidade de retrabalho.

- **Familiaridade, naturalidade e clareza da interface** - Para que o usuário possa utilizar sem maiores problemas e sem necessidade longos períodos de treinamento e memorização de comandos. No caso da utilização de ícones, que sejam adotadas imagens pertencentes ao universo cultural dos usuários;

- **Tolerância a falhas** - O programa deve estar preparado para suportar eventuais falhas de procedimento pelos usuários, em especial nos primeiros períodos de utilização. Neste caso, devem ser preparados de modo solicitar a confirmação de determinados comandos, por exemplo, além de possibilitarem na medida do possível o recurso de “desfazer” comandos²⁵. Além disso, devem ser reduzidas ao mínimo as possibilidades de falhas (ou “bug” - inseto, em inglês) do sistema decorrentes de erros de programação que fazem com que o *software* ou computador tenham um desempenho inconstante. Ainda segundo o autor, para avaliação do grau de compatibilidade do *software*, devem ser considerados os seguintes fatores:

- Atenuação das tarefas do usuário para utilização do sistema;
- Facilidade para o aprendizado do conjunto de tarefas proposto;
- Os tempos necessários para execução de um conjunto de tarefas;
- Número de erros e sua gravidade;
- Adaptação a novas tarefas propostas;
- Aceitação pelo usuário.

O desenvolvimento de *software* sem maiores preocupações acerca de suas condições de uso tem levado a uma série de problemas relacionados às condições de trabalho dos usuários e à própria aplicabilidade dos programas. Não existem ainda conceitos estabelecidas a respeito de princípios básicos para criação de programas que atendam às necessidades de uma utilização adequada. Entretanto, existem alguns pontos a serem levados em consideração no desenvolvimento de programas, que são colocados a seguir (SPERANDIO, op. cit.):

- **Os tempos de resposta do computador.** Devem ser os mais curtos possível, visando agilizar a tarefa e eliminar os "cortes do raciocínio" do usuário.

- **Os códigos de diálogo do software.** Devem ser evitadas abreviaturas e nomenclatura arbitrárias, bem como códigos numéricos arbitrários, que não possam ser compreendidos pelo usuário através de associação de idéias.

- **O vocabulário de diálogo.** Não devem ser utilizada terminologia estranha aos usuários, que nem sempre estão informados dos significados dos termos mais comuns em informática.

- **As regras de sintaxe.** Devem ser evitadas sintaxes complexas, comando que não sejam acessíveis a iniciante ou a usuários ocasionais, restringindo assim a disseminação do *software* e dificultando o processo de formação de usuários.

- **Formas de interação.** As formas de troca de informação *software*/usuário, como "menus", advertências, auxílio, etc. devem ser simples o bastante para possibilitar seu rápido e eficiente acesso durante a atividade de trabalho.

I.10. NOVA ORGANIZAÇÃO E CARGA DE TRABALHO.

A partir da introdução de sistemas informatizados, toda a organização dos processos de trabalho deve ser revista, em função das oportunidades oferecidas pelas novas tecnologias, bem como pelas modificações impostas pelos sistemas e suas formas de (muitas vezes nova) interface. No caso da atividade projetual, o processo de trabalho apresenta substanciais alterações em relação ao processo anterior, realizado em prancheta. Em princípio, os altos custos representados pelos equipamentos tornavam sua utilização em altas taxas de ocupação uma constante preocupação para a empresa. Entretanto, em várias das empresas pesquisadas, inclusive

²⁵Neste caso, uma situação observada em um dos principais hospitais de Belo Horizonte (MG): um complexo sistema informatizado desenvolvido pela IBM e adotado no início de 1995 para o controle de internações apresentava a seguinte característica: a cada erro de digitação nos dados do paciente pela recepcionista, o preenchimento da ficha de internação deveria ser reiniciado, e todos os dados novamente inseridos. Ora, este procedimento é, obviamente, absurdo, e traz às responsáveis pelo serviço uma necessidade de constante retrabalho (inexistente até então), dificultando a execução da tarefa a partir da introdução de um novo sistema.

algumas empresas de porte expressivo, a taxa de utilização dos sistemas CAD implantados eram evidentemente baixas. Essa situação ocorria muito em função de problemas diretamente ligados às condições de trabalho dos operadores. Dois exemplos:

Em uma grande empresa nacional, o detalhamento dos projetos executivos de engenharia eram terceirizados à época da realização da pesquisa. Entregues em arquivos em disquetes e em papel, eram transferidos para cinco workstations, nas quais era montada uma "maquete eletrônica", com o auxílio de um programa específico, que servia para verificação dos desenhos executados²⁶ e sua posterior correção e/ou aprovação. Ora, das cinco estações somente três estavam em efetivo funcionamento, devido à falta de pessoal qualificado para operação do equipamento. Um dos operadores entrevistados apresentava evidentes sinais de estafa, além de diversos problemas como ardência nos olhos, dores nas costas etc. Segundo o entrevistado, foram realizadas várias tentativas de formação de pessoal para operação do sistema, com resultados frustrantes. Tendo em vista a complexidade e especificidade do sistema adotado (utilizado por um restrito número de empresas no Brasil e mesmo em termos mundiais), a busca de pessoal qualificado no mercado de trabalho também não apresentou resultados satisfatórios. Neste caso, fica evidente que a falta de uma correta estratégia para formação de pessoal acabou por levar a uma situação de desperdício, onde estações gráficas que representam alto investimento acabam por não apresentar os resultados esperados. Apesar disso, o investimento realizado foi (segundo a empresa) compensado já no primeiro projeto, devido à redução dos custos de re-trabalho em campo²⁷ durante a construção, em função da grande redução de erros de projeto. O desperdício, neste caso, é escamoteado através de resultados ainda assim positivos, apesar de, ao menos teoricamente, abaixo das possibilidades oferecidas pelo sistema.

No segundo caso, de uma grande empresa multinacional, a aquisição de várias estações gráficas fez parte de um grande projeto de integração da empresa a nível mundial. O sistema CAD adquirido foi instalado no setor de projetos da empresa, que até então possuía somente pranchetas. Por não ter sido adquirido mobiliário adequado ao sistema, este foi colocado provisoriamente sobre as antigas mapotecas existentes no local, trazendo enormes prejuízos à execução das tarefas propostas ao sistema, visto que era impossível, na prática, realizar qualquer projeto em CAD, já que a postura assumida pelos desenhistas era claramente inadequada, virtualmente impedindo o trabalho²⁸. Mais uma vez fica claro que o investimento em CAD, apesar de sempre representativo para a empresa, seja qual for seu porte, não leva necessariamente em consideração as necessidades de seus futuros usuários. Esta atitude, obviamente, leva a um comprometimento da performance do sistema como um todo.

Os dois exemplos citados acima demonstram que uma tecnologia como o CAD ainda representa, para a maioria das empresas, muito mais uma mera ferramenta técnica de desenho do que uma sofisticada tecnologia dotada de uma complexa interface que, evidentemente, deve ser bem utilizada por pessoas devidamente preparadas e em uma situação que privilegie o conforto, a segurança e a produtividade, dentro de uma abordagem tipicamente ergonômica. As empresas normalmente atribuem ao sistema uma "aura" de capacitação tecnológica, a partir da qual a simples aquisição do CAD representará o acesso a um novo padrão tecnológico e de competitividade²⁹. Na maioria dos casos pesquisados, os sistemas CAD encontram-se à margem de um processo de integração da empresa, a não ser em casos bastante específicos como sistemas adquiridos junto à máquinas de controle numérico, em formas de integração CAD/CAM, algumas vezes em sistemas *turnkey*. Estes casos são, entretanto, exceções que parecem apenas confirmar a regra, pois os altos investimentos representados por estas formas de implantação são típicos de empresas de grande porte e tecnologia bastante específica, como metal-mecânica e automobilística. Nestas situações, a implantação é precedida por estudos bastante extensos, o que não impede a ocorrência de falhas (conforme descreve PLONSKI, 1987, acerca da implantação do CAD na Embraer, caso pioneiro no Brasil). Por outro lado, mesmo nos casos em que a organização do processo projetual como um todo não tenha sofrido grandes mudanças, obedecendo a uma estrutura bastante semelhante ao processo anterior, a organização do trabalho é inteiramente modificada em função da radical alteração de seus

²⁶Neste processo o projeto básico era desenvolvido pela contratante e o projeto executivo terceirizado. Após a realização dos diversos projetos (civil, tubulação, elétrica etc.) estes eram entregues à contratante, responsável pela verificação e aprovação das (milhares de) plantas.

²⁷Modificações no projeto realizadas já com a obra iniciada, em virtude de falhas no projeto, como interferências não detectadas.

²⁸As mapotecas, neste caso, tinham aproximadamente um metro de altura. Para utilizar o equipamento, os projetistas ficavam de pé, inclinando-se por sobre a "mesa improvisada".

²⁹ "A definição de competitividade da indústria de uma nação não se restringe a medir o grau de inserção no comércio mundial. Ela é função da habilidade de um país de gerar bens e serviços, de qualidade superior e custos inferiores aos de seus competidores internacionais, e simultaneamente manter e expandir o nível de renda real de seus cidadãos" (Confederação Nacional da Indústria, citado por MEDINA, 1994).

meios de trabalho. A utilização constante de ferramentas como monitores, teclado e *mouse*³⁰ trazem novos problemas e exigências aos projetistas.

É observada expressiva variabilidade nas formas e condições de execução da tarefa junto a estações gráficas, o que pode ser atribuído à uma série de características bastante peculiares de cada atividade desenvolvida em CAD, bem como à etapa específica de desenvolvimento de projeto e/ou construção do desenho. Desta forma, a variabilidade do trabalho não está diretamente ligado à utilização de um sistema informatizado, mas à própria natureza da atividade projetual. Entretanto, a atividade em CAD (como na maior parte das formas de trabalho associadas à utilização constante de computadores) é sempre pautada pela exigência de uma rigidez de movimentos e reduzido número de alternativas para movimentação, o que associado à grande quantidade de acionamentos realizados durante longos períodos de trabalho pode originar problemas como L.E.R. Isto torna a tarefa mental e cognitivamente mais exaustiva, enquanto força o usuário à posturas rígidas e, na maior parte dos casos, inadequadas.

Um dos aspectos mais importantes para a compreensão desta questão está na alta taxa de desgaste na equipe de projetos que o uso intensivo das facilidades do CAD pode representar. Uma companhia americana observou (BESANT, 1988) que no processo tradicional de desenho 95% do tempo do projetista é utilizado na busca de informações, enquanto os 5% restantes nas atividades de decisão aplicadas ao desenho propriamente dito. A partir da introdução do CAD, a maior parte do trabalho rotineiro de busca de informações é eliminado, intensificando o processo de tomada de decisão em mais de 1.900%, tornando a carga cognitiva sobre o usuário muitas vezes maior. Embora estes números possam ser discutidos, é inegável que o CAD apresenta características próprias de utilização, que interferem em todo o processo de trabalho em projeto.

É colocada como vantagem na utilização de sistemas CAD uma disponibilidade de tempo maior do projetista, que ficaria livre de uma série de procedimentos demorados e repetitivos, dedicando-se a tarefas mais criativas e elaborando com maior tranquilidade seus trabalhos. Esta não é, porém, a situação mais comum. Normalmente a empresa tem grandes expectativas em relação ao sistema, criadas por uma série de informações muitas vezes distorcidas a respeito da nova ferramenta, que é apresentada como solução imediata para todos os problemas de projeto. Além disso, os altos investimentos em "hardware", *software* e treinamento fazem com que a empresa exija uma maior carga de trabalho por parte dos desenhistas, como forma de acelerar o retorno dos investimentos.

I.10.1. AS CONSEQUÊNCIAS DA ADOÇÃO DE SISTEMAS CAD.

Mesmo nas empresas cuja política de pessoal está voltada para o treinamento interno e aproveitamento da equipe já existente³¹ (anterior à implantação do sistema), o conhecimento prévio acerca de sistemas CAD é colocado como essencial (ou extremamente desejável) aos novos contratados. Não se discute mais a oportunidade ou não do uso do CAD, mas as melhores e mais eficientes maneiras de utilizá-lo. Apesar disso, a falta de profissionais plenamente habilitados à utilização de sistemas CAD foi, e ainda é, um sério obstáculo para a disseminação destes sistemas, como é possível perceber, a partir de entrevistas junto a pessoal responsável por recrutamento (seja em empresas como em serviços independentes).

JOHN (1988), em pesquisa realizada na Grã-Bretanha, identificou a existência de cinco diferentes "gerações" de projetistas em relação aos sistemas CAD: (1ª) aquela que sempre trabalhou unicamente em prancheta, (2ª) aquela que deslocou-se para atividades em sistemas CAD no final de carreira, (3ª) aquela que, tendo realizado sua formação em prancheta, teve já no início da carreira aprendizado em CAD, (4ª) aquela constituída pelos que, tendo sua formação já em sistemas CAD, é eventualmente levada a utilizar a prancheta em seu trabalho e (5ª) aquela formada por projetistas que utilizam-se somente de sistemas CAD. Em ROMEIRO (1993), foi observado que em muitas empresas o domínio do sistema CAD era prestigiado em detrimento do talento para a atividade de projeto, colocado em segundo plano no momento de contratação. Foi interessante perceber, na época, que a maioria daqueles considerados como os melhores usuários de sistemas CAD não eram *projetistas com domínio sobre o computador*, mas sim *pessoas com conhecimentos de informática que passaram a desenhar*. Estes, em grande parte, eram mais "operadores" do que "projetistas", o que acabou por

³⁰ Em observação de situação de trabalho realizada em uma empresa de engenharia, durante o desenvolvimento de um desenho mecânico (utilizando-se o software AutoCAD release 12 para Windows) TAVARES e MORAES (1996) levantaram uma média de 31 acionamentos do mouse por minuto, tendo chegando a situações limites com um máximo de 48 acionamentos por minuto, quase um a cada segundo. Este elevado número de acionamentos pode levar a situações de L.E.R. (Lesão por Esforços Repetitivos), embora não tenham sido levantados diagnósticos precisos deste mal. Foram verificadas durante a pesquisa, entretanto, queixas de dores após longos períodos de trabalho. Em estações CAD podem ser utilizadas, no lugar do mouse, mesas digitalizadoras. Sua aplicação, no entanto, é reduzida em função de seus altos custos em relação ao mouse e à popularização desse instrumento para a utilização de outros programas.

³¹ Em algumas empresas, foram conservados na equipe mesmo aqueles que não desejam (ou se recusam a) utilizar o sistema CAD.

levar várias das empresas pesquisadas a manter em seu quadro funcional um grupo de projetistas antigos e "ortodoxos" que se recusavam a utilizar ou "não de adaptavam" ao novo sistema.

Em virtude da crescente disseminação da informática, mais e mais projetistas tomam contato com sistemas CAD e absorvem esta tecnologia. Não são mais exceções aqueles que ao menos conhecem estes sistemas, embora profissionais com efetivo domínio sobre programas e tecnologias mais recentes ainda sejam raridade no mercado de trabalho. Esta situação, entretanto, começa a modificar-se, a partir da difusão dos meios informatizados de apoio a projeto, em especial daqueles baseados em microcomputadores de tecnologia Intel. O rápido desenvolvimento destes equipamentos vem permitindo a realização de aplicações gráficas cada vez mais complexas aos computadores pessoais, o que até fins da década de 80 somente era possível através das caras workstations. Um dos principais efeitos desta evolução está na crescente disponibilidade de equipamentos sofisticados e programas gráficos a baixo custo, o que permite uma popularização impressionante de aplicações ligadas à computação gráfica, seja em termos de sistemas CAD como *softwares* de editoração eletrônica e design gráfico. Segundo uma entrevistada, designer formada na segunda metade dos anos 80 e professora de comunicação visual em uma Universidade do Rio de Janeiro:

"O que antes para nós" (na época, alunos) "eram atividades de extrema complexidade e realizadas com grandes dificuldades, como por exemplo a avaliação de diferentes soluções gráficas, aplicação de tipologia sofisticada, estudo de cores, montagem de arte final etc. tornou-se para os novos alunos atividade corriqueira. A facilidade para domínio de ferramentas informatizadas, o convívio extremamente tranqüilo com as novas tecnologias é algo surpreendente nas novas gerações de designers. Todo o esforço despendido por nós neste aprendizado" (das novas tecnologias) "já parece incorporado pelas novas gerações."

É importante, no entanto, não confundir o domínio de uma nova tecnologia como a computação gráfica em seus diversos campos (como, no exemplo acima, a comunicação visual) com o domínio sobre o "saber" acerca da atividade projetual. Conhecer um *software* CAD não significa "saber projetar", da mesma forma que o domínio das ferramentas de prancheta não era o bastante para a formação de um projetista competente. Em pelo menos três das empresas levantadas pela pesquisa, apesar de todos os novos contratados serem necessariamente usuários de sistemas CAD, os antigos desenhistas e projetistas de prancheta não foram de forma alguma dispensados ou relegados a segundo plano. Estes formaram uma seleta equipe de "projetistas sênior", depositários do conhecimento técnico das empresas e, em último caso, o grupo mais importante e indispensável ao processo projetual. Este fato ocorre com pleno conhecimento da gerência, que admite formalmente esta situação, demonstrando que o sistema CAD, embora já amplamente disseminado, ainda não possui pessoal técnico especializado (em áreas específicas de projetos desenvolvidos pela empresa) em número suficiente para suprir de forma plena o mercado, substituindo de vez as competências (em projeto, e não em expressão gráfica) do pessoal de prancheta.

A pesquisa demonstrou que experiências práticas no sentido da imediata substituição dos antigos meios pelo sistema CAD e imposição de novos métodos de forma autoritária foram pautados por resultados muitas vezes muito abaixo das expectativas iniciais. Sobre isso, um gerente de suporte ao CAD declarou que os problemas encontrados na passagem da prancheta para o sistema informatizado eram resultado da "preguiça" dos "relapsos" usuários, e que a única forma de efetivar a transição era "jogar as pranchetas fora"³². Pode-se dizer que esta (falta de) estratégia é em muito resultado da "cultura industrial" brasileira, que muitas vezes desconsidera o valor dos conhecimentos, as opiniões e os anseios de seus trabalhadores, dentro de uma concepção puramente (pertencente às formas mais antigas linhas do pensamento) taylorista-fordista segundo a qual "o trabalhador não deve pensar" e o conhecimento técnico pode ser totalmente dominado pela gerência. No caso do pessoal de projeto, entretanto, é de certa forma senso comum que estes formam um grupo cujo conhecimento faz efetivamente parte do "patrimônio técnico da empresa", o que não pode ser desprezado.

Ainda assim, a implantação do CAD tem provocado alterações relevantes nos processos de trabalho na atividade de projeto, como a eliminação ou redução de diversas etapas deste processo, levando à progressiva modificação de algumas funções e ao desaparecimento de outras, com uma conseqüente alteração nos quadros funcionais dos departamentos de projeto. Estas modificações são causadas, dentro das aplicações do sistema CAD verificadas atualmente, pela automação de determinadas tarefas como a execução de desenhos e confecção de cópias. A partir da utilização do CAD o projetista pode (na verdade, ele é obrigado pelo sistema) desenhar diretamente no computador o objeto em suas dimensões e características reais, sem a necessidade de um

³²Para aqueles que não se adaptassem, o entrevistado indicou que o caminho natural e adequado seria a "demissão pura e simples".

"desenho de finalização". Este procedimento tende a levar à eliminação da figura do "desenhista copista", elemento mais baixo na hierarquia do setor de projetos.

Este processo tem levado à progressiva redução dos quadros funcionais ligados à área de projeto em diversas das empresas pesquisadas. Apesar de poder ser atribuída a outros fatores, como a atual existência de programas de reestruturação e redução do número de empregados na maioria das empresas³³, a redução das equipes de projeto³⁴ é efetivamente uma realidade na maioria dos casos.

I.10.2. OS SINDICATOS E A MODERNIZAÇÃO

Este problema, aliado às novas e muitas vezes más condições de trabalho impostas aos projetistas (exposição constante a terminais de vídeo, intensificação das cargas de trabalho pelo uso de sistemas informatizados etc.) já representa uma preocupação para os sindicatos no exterior desde a década de 80, sendo motivo de vários estudos (citados por MAGGIOLINI, 1988) e fonte de novas reivindicações. Com relação à implantação de sistemas informatizados em sua forma mais ampla, existem algumas experiências sindicais de propostas para melhoria das novas condições de trabalho e formas de amenização dos efeitos negativos das novas tecnologias³⁵. Segundo MAGGIOLINI, as primeiras iniciativas neste sentido se iniciaram na Noruega, expandindo-se para os países escandinavos no início dos anos 70. Posteriormente difundiram-se por outros países da Europa Ocidental, como Inglaterra, França e Alemanha. Estes acordos sindicais prevêem, entre outros pontos:

- Obrigação, pela empresa, do fornecimento de informações acerca das novas tecnologias aos sindicatos, antes da decisão final de implantação.
- Criação de organismos mistos empresas/sindicatos para discutir, negociar e controlar as informações.
- Eleição de representantes sindicais para controle da implantação de novas tecnologias.
- Possibilidade dos sindicatos recorrerem a peritos externos.
- Inclusão de cláusulas que possibilitem aos sindicatos o veto a qualquer inovação prejudicial aos trabalhadores.
- Garantia dos níveis de emprego.
- Reciclagem de pessoal.
- Sistemas de incentivo à aposentadoria.
- Não utilização de tecnologias que impliquem em aumento do ritmo de trabalho, controle, supervisão e isolamento dos trabalhadores.
- Definição de novas normas de saúde e segurança no trabalho, através de critérios ergonômicos específicos.
- Garantia dos níveis de remuneração.

A viabilização prática destes acordos, entretanto, tem sido bastante limitada, principalmente em razão do próprio despreparo sindical em relação aos novos problemas surgidos com as tecnologias ligadas à micro informática, despreparo também observado em relação às direções empresariais. Ainda conforme MAGGIOLINI (op. cit.):

"É certo que há também a falta de preparo das direções empresariais," (dos sindicatos) "e dos especialistas em informática quanto ao tratamento dos temas e dos problemas surgidos dos acordos sobre novas tecnologias; veja-se, em particular, a exigência de uma análise clara dos futuros efeitos dos sistemas sobre conteúdo, organização e condições de trabalho dos trabalhadores"

³³No caso das empresas de engenharia do Rio de Janeiro a extrema redução dos quadros é um fato detectado desde os anos oitenta, década marcada pela crise econômica e perda de poder investidor do estado em grandes obras. Segundo o sindicato dos trabalhadores da área, a adoção do CAD vem a tornar ainda mais grave este quadro.

³⁴Cabe aqui um esclarecimento relativo à terminologia adotada neste trabalho, que diferencia a atividade de design (criação e concepção de produtos) do processo de projeto (controle do andamento das etapas e dos resultados referentes às diversas fases do ciclo de vida do produto).

³⁵Com relação aos sistemas CAD, alguns dos sindicatos afetados no Rio de Janeiro, como o dos desenhistas e dos trabalhadores em empresas de engenharia, embora já demonstrem perceber os efeitos da introdução de novas tecnologias, não parecem possuir políticas efetivas para esta situação, ou seja, da mesma forma que os sindicatos europeus na década de 80 (MAGGIOLINI, op. cit.) não possuem o adequado preparo para enfrentar a questão.

Além disso, as mudanças político-econômicas ocorridas desde o final dos anos oitenta têm levado a uma queda no poder de barganha dos sindicatos, mesmo nos países europeus (em sua maioria às voltas com altos índices de desemprego) e nos EUA. A introdução de novas tecnologias vêm proporcionando às empresas condições de estabilização ou mesmo redução progressiva nos quadros funcionais, ao mesmo tempo que aumentam os níveis de produção. Pode-se dizer que ocorre na indústria dos países desenvolvidos processo semelhante ao ocorrido durante a mecanização agrícola no final do século XIX, quando teve início o processo de progressivo esvaziamento do campo nos países centrais. Segundo LARANJEIRAS (1996):

"Observa-se hoje um declínio muito grande na sindicalização nos EUA. Em meados da década de 50, 35% da força de trabalho americana era sindicalizada. Em 1994, apenas 11% da força de trabalho do setor privado era sindicalizada. Globalização, novas tecnologias e economia pós-industrial são responsáveis nos EUA pelo esvaziamento dos sindicatos. Esta é uma tendência mais marcante nas sociedades pós-industriais, que romperam com a grande empresa industrial vertical, cujo modelo era a indústria automobilística na qual o sindicalismo tinha sua base."

II. CIM - Conceitos e Aplicações.

“Não passa de balela publicitária o rumor de que o protótipo (de um automóvel) é desenhado no computador”

Fredi Valentini,

Relações públicas do

Estúdio Pininfarina (1995)

A té meados dos anos oitenta, a idéia do futuro da produção industrial estava centrada no que chegou a ser chamado de “fábricas escuras”, isto é, linhas de produção totalmente informatizadas e automatizadas, onde só haveria o “trabalho”³⁶ de robôs, sendo portanto desnecessária a presença de luz ambiente. Este paradigma de automação levada às últimas conseqüências esteve por muito tempo presente nos piores pesadelos dos trabalhadores industriais, especialmente daqueles dos EUA e dos países mais desenvolvidos da Europa, onde foram efetivamente realizadas tentativas de criação de linhas de montagem totalmente robotizadas. Atualmente, entretanto, o objetivo de uma fábrica sem a presença humana perde força, em virtude de inúmeros problemas de ordem técnica, empresarial e mesmo social advindos de tal empreitada. A mais moderna fábrica da FIAT, construída em Melfi, no sul da Itália, possui níveis de automação inferiores aos das fábricas construídas anteriormente (BARTOLOMAIS, 1993). Da mesma forma, a nova fábrica da Toyota, em Kyushu, no Japão, utiliza menos robôs do que as instalações da geração precedente. Isto também ocorre com as fábricas da BMW (nos EUA) e da Mercedes-Benz alemã (HORTA & MAURÍCIO, 1995). Apesar de seu enorme desenvolvimento, os robôs não parecem destinados a ocupar todos os postos de trabalho em uma fábrica, como se imaginava em princípio, por uma razão que vai além do raciocínio baseado em retorno do investimento. No atual estágio de desenvolvimento industrial, parece claro que efetivamente existem funções mais adequadas aos robôs, enquanto outras possuem características que as tornam mais indicadas ao trabalho humano.

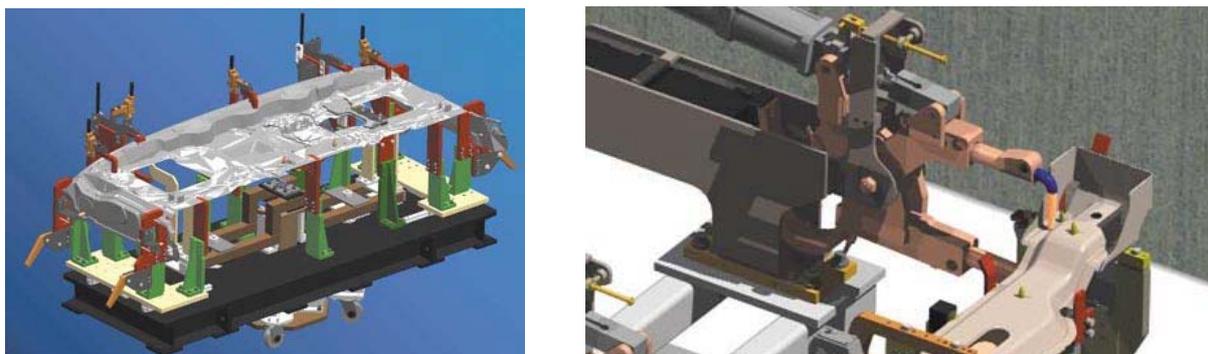
II.1. A FÁBRICA INFORMATIZADA: AS NOVAS TECNOLOGIAS NA PRODUÇÃO.

O setor automobilístico foi o primeiro ramo industrial a utilizar-se intensivamente de robôs em suas linhas de produção, além de ser responsável pelos maiores investimentos e por alguns dos exemplos clássicos de utilização destes recursos tecnológicos. Setores de solda e pintura, mesmo no Brasil, são hoje em grande parte automatizados. A Volkswagen do Brasil, por exemplo, possui cerca de setenta robôs em suas linhas de montagem, dentre as quais a do novo Gol possui os maiores níveis de automação. Esta estratégia de automação setorializada ocorre devido ao fato de que algumas fases do processo de produção possuem funções reconhecidamente perigosas e repetitivas, além de envolverem uma grande aplicação de forças (são as tarefas consideradas 3D: *Dangerous, Dirty and Demanding* - perigosas, sujas e pesadas). Parece claro hoje que são duas as chaves para o bom funcionamento de robôs: a relativa “*invariabilidade da tarefa*”³⁷ e sua exata prescrição.

³⁶ A palavra “trabalho” encontra-se entre aspas por ser este um predicado essencialmente humano. A utilização do termo tem o objetivo apenas de realçar a proposta de efetiva substituição do homem pela máquina surgida no primeiro período de implantação de robôs em linhas de montagem.

³⁷ O termo “invariabilidade da tarefa” pode ser considerado como um objetivo absoluto que nunca será realmente atingido (como a “qualidade total” ou “segurança total”), embora sejam cada vez maiores os esforços neste sentido, com alguns resultados positivos (o que pode ser demonstrado no número de robôs utilizados em diversos ramos industriais). Neste caso, a evolução ocorre em

Para os robôs, máquinas muitas vezes cegas, surdas e sem tato, torna-se impossível uma “adaptação ao trabalho”, tal qual ocorre com os seres humanos. Dentro deste cenário, uma pequena variação nas condições de execução da atividade pode implicar em imediata parada da produção.



Acima, imagens da ação e robôs em linhas de produção, em simulação por sistemas CAE/CAD/CAM.

No caso da indústria automobilística em seu estágio atual, os robôs são indicados para processos de soldagem, colagem, movimentação de carrocerias etc., enquanto são incapazes de atividades como fixação de determinados acessórios, colocação de bancos, ajustes de painel etc. Parece claro, nesta etapa de desenvolvimento tecnológico, que os robôs prestam-se mais a atividades repetitivas e de baixos índices de variabilidade, que exijam grande esforço físico e exposição a riscos e/ou ambientes insalubres, ao passo que aos operários destinam-se tarefas de ajuste, com maiores níveis de detalhamento e manipulação mais elaborada de ferramental. Em sistemas robotizados e de automação “flexível”, existem resultados controversos na relação custos/benefícios devido aos altos investimentos necessários em *hardware* e *software* e aos sérios problemas de confiabilidade que estes sistemas apresentam. Vários autores (BRÖDNER, 1988, TROUVÉ, 1989, FREYSSNET, 1990, CILLARIO, 1988) ressaltam que são detectados graves problemas devido à relativa rigidez dos sistemas denominados flexíveis, tanto em relação à modificação de produtos e das quantidades a serem produzidas, quanto à absorção de inovação de processos que implicam em mudanças do sistema informático. VALLE (1990) chama a atenção para um aspecto importante com relação à questão de investimentos em automação flexível: o tempo de retorno de um investimento em robôs de soldagem, em uma indústria automobilística no Brasil, não deve ser inferior a 26 anos, três vezes mais do que a vida útil desse equipamento, o que o torna inviável, se considerado de um ponto de vista estritamente voltado ao aspecto financeiro³⁸.

II.1.1. INDÚSTRIAS DE PROCESSO CONTÍNUO E O MITO DA FÁBRICA AUTOMÁTICA.

GARIBALDO (1988) compara diferentes visões (tecnocêntrica e antropocêntrica) acerca da introdução de novas tecnologias nos meios de produção, apontando diferentes características de cada concepção.

“Os sistemas tecnocêntricos só são considerados projetados cientificamente quando correspondem às três principais características das ciências naturais, quais sejam: a previsibilidade, a repetibilidade e a quantificação matemática. Isto por definição inibe a intuição, o juízo subjetivo, o conhecimento técnico, a imaginação e a intencionalidade” (GARIBALDO, 1988)

Dentro da visão antropocêntrica de automação industrial, o autor aponta um novo conceito, o CHIM (*Computer and Human Integrated Manufacturing*), que possui como características principais: baseado no trabalho qualificado; alta contribuição do trabalho direto; concepção modular com a participação dos usuários; integração baseada num contexto favorável às decisões autônomas e descentralizadas; processo produtivo controlado pelos seres humanos e cuja filosofia é a capacidade. A visão tecnocêntrica, ao contrário, baseia-se, segundo BRÖDNER (1988):

dois sentido: um maior controle sobre as variáveis (e variações) do processo e um maior desenvolvimento dos sistemas robotizados, no sentido de melhor adaptá-los ao “mundo real” do trabalho.

³⁸ *Pode-se dizer, neste caso, que a evolução técnica dos robôs, seu progressivo barateamento e as alterações observadas no mercado automobilístico nacional (o artigo é anterior ao expressivo aumento nas vendas internas de veículos verificado a partir de 1992) devem levar à progressiva modificação desta equação, embora não tenha sido possível levantar de forma segura a situação atual.*

“Na estratégia de eliminar cada vez mais o trabalho humano, o qual é considerado fonte de perturbação e de custos, mais do que força produtiva, substituindo-o pelo uso intensificado e integrado de equipamentos de base microeletrônica”



O enfoque antropocêntrico, segundo o autor, pode ser detectado em alguns países nórdicos, onde a cultura empresarial incorpora vários dos princípios de participação e responsabilidade mútua de empresas e trabalhadores, além de centros de pesquisa e universidades. Esta situação pode também ser considerada, sem sombra de dúvida, como fruto de um contexto sócio-político-econômico específico, no qual os trabalhadores (1.) sejam reconhecidos como interlocutores relevantes e (2.) possuam formação básica geral e qualificação técnica que permita uma visão e compreensão do processo produtivo como um todo. Desta forma, os trabalhadores assumem participação ativa no desenvolvimento dos processos de trabalho, não somente devido a mecanismos de pressão como os sindicatos (embora a presença destes mecanismos tenha sido decisiva), mas também em função da própria cultura empresarial, que admite o conhecimento operário como fundamentalmente importante para a elaboração de soluções, principalmente aquelas relacionadas ao próprio chão-de-fábrica.

“Entre as conclusões elaboradas no final dos anos 80 pelo projeto FAST (Forecasting and Assesment in Science and Technology) da CEE (Comunidade Econômica Européia) destaca-se a convicção de que os recursos humanos representam a questão principal referente à capacidade de inovação e de crescimento da Europa.” (SAGRE, 1992)

Esta valorização dos “recursos humanos” que acontece na Europa, após décadas de verdadeiro desprezo pelo *saber operário* (levado ao extremo pela ampla utilização dos princípios tayloristas de divisão do trabalho) é sem dúvida motivado em muito pelas novas condições econômico-sociais e tecnológicas.

“O novo contexto pode ser caracterizado pelas cinco palavras chaves seguintes: Qualidade, custo, tempo, flexibilidade e inovação. Por outro lado, precisava-se também aumentar o controle da mão-de-obra e do processo produtivo como um todo, diminuindo a separação entre concepção e execução” (SAGRE, op.cit.)

Esta situação entra em choque com a perspectiva de fábricas totalmente automatizadas pretendida pelos defensores de uma visão tecnocêntrica do desenvolvimento industrial. Mesmo em ramos industriais onde a automação atingiu seus mais altos níveis, nas indústrias de processo contínuo, a fábrica automática ainda não existe como realidade. Na indústria petroquímica, por exemplo, a produção deve ser constante e, ao menos teoricamente, não está exposta a grandes problemas de variabilidade. Entretanto, mesmo nas mais modernas refinarias os aspectos ligados ao gerenciamento e adequado acompanhamento do processo de produção, bem como da estreita observação de suas variações, colocam-se como fundamentais (cf. DUARTE, 1994). Por mais modernos que sejam os sistemas automatizados, parece claro que a necessidade de equipes de controle em campo ainda será uma realidade por longo tempo. Um sintoma desta situação reside no fato de, apesar de toda a evolução tecnológica observada, os sistemas de controle em indústrias químicas (da mesma forma de que em outros tipos de indústrias de processo contínuo) mantêm-se como questões cruciais para todo o desenvolvimento do processo, representando ainda fontes de grandes e mal resolvidos problemas³⁹.

De forma ainda mais evidente em empresas de produção seriada, o trabalho humano não deixará de ocupar um importante espaço na produção, devido à sua grande capacidade de adaptação à variabilidade intrínseca aos processos trabalho (conforme DANIELLOU, 1983). A frustração dos projetos de automação ou

³⁹ Não é objetivo deste trabalho estender-se sobre o assunto, mas diversos acidentes graves citados por WISNER (1994), como Three Miles Island (nos EUA), Tchernobil (URSS) e Bhopal (Índia) podem ser classificados como fruto de problemas de concepção de sistemas de monitoração e acompanhamento (seja em termos de software como hardware) e aspectos ligados ao funcionamento degradado das instalações em indústrias de processo contínuo, bem como de uma pretensa “automação” dos sistemas de segurança e de uma atribuição exagerada de responsabilidades de controle a estes sistemas.

robotização total na produção parecem refletir as limitações dos princípios tayloristas nos quais estes projetos foram sem dúvida inspirados. A utilização de robôs é eficaz em situações onde as formas de prescrição do trabalho correspondem efetivamente à sua forma real. A maioria dos robôs é desta forma incapaz de atuar em situações não padronizadas de trabalho, isto é, enfrentando uma série praticamente infundável de pequenos problemas do dia-a-dia, que para os trabalhadores humanos sempre foram considerados como desprezíveis ou irrelevantes (pela gerência). Foi a partir destes problemas que as estratégias adotadas pelas empresas com vistas à automação nas linhas de produção vem sofrendo modificações no sentido de tornar esta automação seletiva, concentrando-se esforços em áreas consideradas mais adequadas às tecnologias CIM (*Computer Integrated Manufacturing*) atualmente existentes.



Ao mito da “fábrica automática, dos anos 1980, contrapõe-se hoje uma visão que busca um equilíbrio entre funções “humanas” e “dos robôs”. Ao lado, linha de montagem de automóveis no Brasil.

II.1.2. TECNOLOGIAS CIM

A expressão CIM, que pode ser traduzida por Produção Integrada por Computador, apesar de estar diretamente ligada à idéia de automação e informatização, não pode ser reduzida à uma abordagem meramente técnica. Ao contrário, suas principais vantagens estão em aspectos não necessariamente ligados aos níveis de automação observados, mas sim às formas de gerenciamento da informação através dos novos recursos tecnológicos (SCHEER, 1993), como a utilização de recursos como a denominada *Tecnologia de Grupo*.

Tecnologia de Grupo ou Produção por Família de Peças é uma filosofia administrativa, princípio organizacional cujo objetivo é analisar e arranjar as peças de um espectro e os processos produtivos mais relevantes, de acordo com as similaridades de projeto e de fabricação. Assim, formam-se grupos e famílias que podem ser utilizados para racionalizar os processos produtivos, na produção de pequenos e médios lotes (SERIO, 1990)

A partir da adoção dos princípios da *Tecnologia de Grupo* na manufatura, peças semelhantes são identificadas e agrupadas a fim de se obter similaridades na fabricação e no projeto. As peças similares são arranjadas em famílias, sendo que cada família possui características similares de forma e manufatura. A expressão “família de peças” é usada para denominar conjuntos de peças similares. As famílias de peças usadas com o arranjo físico em grupo são peças que são similares devido ao fato de todas elas serem feitas por determinados grupos de máquinas. O funcionamento da tecnologia de grupo pode ser exemplificado, de uma forma extremamente simples, através do seguinte caso: Partindo-se de um croqui de uma nova peça, aplica-se um código determinado a ela (normalmente com a ajuda do computador). Através deste código, a seção de métodos e processos dialoga com a base de dados relativa a projetos de peças existentes. Esta base de dados fornece um ou mais desenhos de peças idênticas ou similares, assim como o processo de fabricação das mesmas,

se existentes. Estes dados podem inclusive levar a modificações na nova peça, a fim de fazê-la coincidir com um plano já existente, o que facilita em muito a elaboração de seu projeto e processos de fabricação.

A codificação de peças (itens), segundo LORINI (1993), deverá seguir um Sistema de Classificação e Codificação, que consiste em uma “*metodologia de formação (a aplicação de um código numérico ou alfanumérico com a finalidade de expressar características de um objeto ou de um processo)*”. Não existe ainda um sistema de codificação universalmente aceito ou adequado às diversas aplicações possíveis. Neste sentido, diversos sistemas de codificação foram desenvolvidos, desde a proposta pioneira do russo MITROFANOV, como por exemplo (SILVEIRA, 1994):

- OPTIZ, sistema alemão composto por 9 dígitos;
- KK-3, sistema japonês formado por 21 dígitos;
- MICLASS, holandês com 12 dígitos.

Além destes podem ser citados os sistemas BRISCH-COPIC, SULZER e ZIMMERMANN (SERIO, 1990).

Dentro de uma política de informatização da produção e da adequada utilização dos recursos da tecnologia da informação, a implantação apropriada e bem sucedida da *Tecnologia de Grupo* poderá levar a melhorias que incluem um projeto mais efetivo, menores estoques, seqüenciamento e carregamento adequado das máquinas etc. Os sistemas integrados de manufatura enfatizam a necessidade da implantação da tecnologia de grupo para sua realização bem sucedida. À medida que desenvolvimentos futuros da tecnologia de fabricação orientada para o CAM (*Computer Aided Manufacturing*, ou Manufatura Auxiliada por Computador) progredirem, novos sistemas de tecnologia de grupo devem ser estudados e implantados em todas as áreas, como projeto, planejamento, programação, inventário, testes, etc. A especificação das máquinas em relação aos componentes a serem produzidos (NOVASKI & SANTA, 1986) é influenciada por (1) forma; (2) dimensões; (3) peso; (4) material; (5) precisão e acabamento superficial; (6) Forma inicial das peças; (7) tamanho e seqüência do lote. O conceito de Tecnologia de Grupo é baseado no agrupamento de peças em famílias, de acordo com certos atributos, e então se desenvolve o planejamento de todo o sistema produtivo para cada família (SERIO, 1988).

Exemplos como este demonstram que a chave para a implantação do CIM, além de uma consistente base informatizada, reside na estruturação da organização empresarial de forma a possibilitar e incentivar a adequada transferência e circulação de informações através das diversas fases do processo produtivo. De nada adiantará, segundo esta perspectiva, um processo de informatização departamentalizada, que ocorra através de diversas iniciativas isoladas. Esta visão que privilegia a departamentalização da empresa está diretamente ligada a conceitos tayloristas e fordistas de organização, que buscam através da divisão do trabalho atingir maior eficiência e maiores níveis de produtividade. Outra influência importante para esta estratégia de ação está no trabalho desenvolvido por Alfred Sloan na General Motors a partir dos anos 20, quando definiu o perfil da empresa segundo divisões de uma grande holding, que acabavam por atuar como empresas independentes (WOMACK et al., 1992). Este princípio de administração trouxe grandes benefícios em comparação com a extrema concentração de poderes e verticalização da produção observadas nas indústrias Ford, na mesma época. A agilização permitida por uma administração profissional, bastante independente e concentrada em áreas específicas mostrou-se como fundamental para o desenvolvimento da GM.

Ora, apesar de positiva, esta estratégia de administração trouxe, com o passar dos anos, problemas inerentes à falta de um controle consistente sobre a estratégia do grupo como um todo. Atuando de forma independente, as diferentes divisões passaram a elaborar planos estratégicos específicos, muitas vezes superpondo linhas de ação e desperdiçando recursos materiais e humanos em virtude da falta de comunicação interna, além de concorrerem entre si, em uma espécie de “canibalização” no mercado. As grandes dificuldades para a elaboração de uma estratégia comum e consistente a médio e longo prazos para a empresa como um todo (ainda conforme WOMACK et al.) residiam nas dificuldades de comunicação existentes, bem como em processos políticos de disputa pelo poder. Sem a utilização dos atuais recursos tecnológicos de tratamento, gerenciamento e difusão da informação, era praticamente impossível um efetivo e adequado controle de todo o processo produtivo. Os resultados desta situação podem ser observados não somente na departamentalização e na valorização de procedimentos burocratizados e formalizados de comunicação, mas também nas formas utilizadas para desenvolvimento de novos projetos e a organização da produção. Todo o processo de desenvolvimento de novos produtos, em especial daqueles que envolvem diferentes áreas de conhecimento e sofisticada tecnologia, requerendo muitas vezes o trabalho de centenas de profissionais em diferentes equipes de projeto (este é o caso da indústria automobilística por excelência) era realizado de maneira seqüencial, isto é, através de fases sucessivas em que eram desenvolvidos os conceitos básicos do produto, principais sistemas, sub-sistemas, peças etc. em níveis crescentes de detalhamento.

Esta estratégia de desenvolvimento era adotada em função da dificuldade prática da troca de informações de projeto em tempo real, isto é, as equipes trabalhavam de forma isolada, sem maiores contatos pessoais. Esse isolamento, muito além de uma condição técnica, era fruto de um conceito organizacional adotado em todo o mundo ocidental. A tecnologia baseada em sistemas informatizados ajudou a criar condições para a quebra deste paradigma gerencial. Uma das principais vantagens da aplicação de computadores reside no fato de que a toda a informação gerada durante os processos projetual e produtivo pode estar disponível imediatamente, através de um banco de dados interligado. Ora, este aspecto pode representar uma efetiva revolução nos padrões de gerenciamento adotados. Todo o princípio de descentralização e departamentalização é colocado em xeque pelas novas facilidades de comunicação. As tecnologias CIM permitem um controle bastante eficaz do processo produtivo, ao mesmo tempo que, ligado a departamentos como compras, marketing e administração pode criar uma rede de informações abrangendo todo o funcionamento da empresa.

Em um sistema CIM plenamente implantado, qualquer funcionário (desde que autorizado, naturalmente) poderia ter acesso imediato (em tempo real) a inúmeras informações relacionadas à empresa, como situação de estoques, posições dos setores de compras e vendas, estado dos processos de produção (unidades produzidas, projeções, problemas ocorridos), projetos em andamento etc. Este acesso poderia ser realizado, através de um sistema EDI⁴⁰, a partir de um computador ligado à rede CIM da empresa, tornando possível inclusive a realização de intervenções sobre o sistema de produção desta forma (desde que este sistema fosse projetado para isso, ou seja, desde que esta intervenção estivesse prevista no projeto do sistema informatizado de produção)⁴¹. A criação e manutenção desta “rede” pode ser considerado, a grosso modo, um problema tecnologicamente resolvido no atual estágio de desenvolvimento industrial, muito embora a custos ainda bastante elevados. Estas redes, segundo alguns autores como DEBONI (1994), devem ser formados por “Sistemas Abertos de Automação”. KATSUDA (1994), oferece uma série de conceitos sobre o assunto:

"Para se implantar eficazmente a manufatura integrada por computador, constatou-se a necessidade de um direcionamento para "Sistemas Abertos de Automação", formado por módulos os quais interagem através de interfaces bem definidas e padronizadas, prestam e utilizam serviços que obedecem a normas estabelecidas de consenso público e fazem uso de formatos de apoio padronizados para automatizar um processo. Benefícios providos por sistemas abertos incluem a possibilidade de expansão do sistema, a interação entre usuários, plataformas e aplicações disponíveis, com flexibilidade e adaptação a qualquer aplicação em automação de qualquer grau de complexidade e a redução das dificuldades de conexão entre sistemas heterogêneos, garantindo-se portabilidade de aplicações, dados e usuários para diversos sistemas, interoperabilidade entre aplicações, acomodação de novas tecnologias e necessidades da organização que utiliza o sistema, segurança à organização, proporcionada pela implantação de produtos de acordo com especificações e padrões, possibilitando facilidade de verificação e testes, bem como independência de fornecedores, e o aumento de produtividade da organização, como meio de se obterem vantagens competitivas perante outros concorrentes."

Há ainda outros problemas a serem enfrentados além dos ligados ao desenvolvimento tecnológico. Envolve questões como a definição exata de sistemas que atendam de forma eficiente a todas as necessidades de cada empresa, bem como a resolução de questões ligadas a fatores políticos de disputa pelo poder e aspectos culturais observados dentro das organizações. Além disso, a estrita normalização de procedimentos torna-se crucial na implantação do CIM através de um sistema aberto, conforme alerta DEBONI (op.cit.):

"Uma grande barreira à integração completa das empresas de projeto é a falta de padrões eficazes para troca de informações técnicas. Ao contrário das informações comerciais, que se restringem a textos e dados numéricos, a informação técnica é fortemente gráfica. A diversidade de ferramentas e a sua constante evolução ainda não possibilitou se estabelecer um padrão para troca destas informações. A grande quantidade de informações que compõe um projeto é também uma barreira a uma comunicação eficiente. Se considerarmos também, que um projeto é revisto algumas vezes antes do seu final, a necessidade de comunicação se multiplica, tornando o volume de informações transferidas ainda maior. Exige-se o uso de canais de comunicação especiais de alta performance e

⁴⁰ EDI: Eletronic Data Interchange - Troca Eletrônica de Dados.

⁴¹ Naturalmente esta situação abre importantes precedentes com relação a aspectos de segurança no sistema CIM. Não é o objetivo deste trabalho analisar a fundo este aspecto, mas deve-se levar em consideração que a segurança (principalmente em termos de segredo industrial) constitui-se como um dos mais importantes aspectos a serem considerados em processos de informatização nas empresas.

*elevado custo. Outro grande obstáculo à eliminação do papel é a obrigatoriedade de se certificar os documentos de projeto através de uma assinatura. Esta certificação traduz a responsabilidade técnica sobre o projeto. O papel é um meio de documentação do projeto que permite a assinatura do projetista, e limita as alterações indevidas. A flexibilidade de alterações em um documento eletrônico torna-se agora um problema, não havendo garantia de que o projeto original não será modificado sem autorização."*⁴²

Já existem programas específicos para projetos de integração controle de informações. Grandes empresas investem altas somas nestes programas, denominados globalmente EDM/PDM, ou *Enterprise Data Management e Product Data Management* - Gerenciamento de Dados da Empresa e Gerenciamento de Dados do Produto (GONZALES e SANTIS, 1995). Basicamente, a tarefa destes sistemas é controlar, em um banco de dados relacional, a lista de todos os documentos (desenhos, textos, planilhas etc.) associados aos projetos; determinar as condições de acesso às informações segundo critérios hierárquicos e/ou de responsabilidade; permitir a visualização de todos os tipos de documentos em sua interface sem que sejam necessariamente executados todos os programas de origem destes documentos; estabelecer um fluxo de trabalho e de aprovação de documentação. A diferença entre os dois sistemas está no fato de que o sistema de Gerenciamento de Dados do Produto (PDM) possui outros recursos, como dispositivos para controle de versões do projeto; ferramentas de revisão e anotação etc. A adoção destes sistemas, entretanto, ainda é extremamente complexa e, segundo os autores, fontes de grandes disputas, pois muitas vezes sua adoção pode demonstrar a confusão e ineficiência dos ciclos de projeto na empresa, realidade até então mascarada. Além disso, a utilização de sistemas informatizados de apoio ao gerenciamento de informações de projeto pode trazer modificações relevantes ao papel dos gerentes destes processos, possivelmente interferindo nos níveis de emprego observados.

Neste caso, não se trata de queda nos níveis de emprego entre o operariado, mas da eliminação de cargos na baixa e média gerência, dentro dos cada vez mais comuns programas de reestruturação empresarial provocados pelo advento de novas tecnologias⁴³. Esta reestruturação tende a sofrer resistências muito mais significativas, tendo em vista os níveis hierárquicos potencialmente afetados. Os temores trazidos pela informatização não estão hoje em dia restritos somente ao pessoal de "chão de fábrica". Os sistemas abertos, programas como EDI, EDM/EDP e demais tecnologias CIM demonstram-se, portanto, como muito mais do que meros avanços tecnológicos. A "nova organização da fábrica" não passa mais somente pela eliminação dos operários através da mecanização de seus gestos e atividades, mas principalmente pela efetiva utilização de recursos proporcionados pelas facilidades de difusão da informação. Os princípios estratégicos de desenvolvimento industrial voltam-se agora para outros aspectos da produção. Imaginar que os principais ganhos obtidos em processos de informatização para a empresa estariam na pura eliminação do trabalho operário parece hoje uma concepção demasiadamente simplista e limitada diante das novas possibilidades oferecidas pelas tecnologias de informação e pela *globalização*, isto é, pela organização de processos de produção e pela crescente interdependência econômica a nível mundial, refletida no incremento do comércio internacional observado a partir, principalmente, dos anos 80.

II.1.3. GLOBALIZAÇÃO FINANCEIRA E DA PRODUÇÃO

A partir de uma série de acontecimentos políticos, sociais e econômicos ocorridos a partir da década de oitenta, são observadas significativas mudanças nas estruturas de produção vigentes, seja nos países centrais como nos chamados *emergentes*. A *onda neoliberal*, que teve seu início com os governos Reagan (nos EUA) e Thatcher (Inglaterra), reduz em muito o poder de barganha dos sindicatos em seus países, poder este que vai ser reduzido ainda mais a partir da *globalização financeira* (PRZEWORSKI, 1995). Esta globalização, nova face do capitalismo em um nível mundial, foi atingida a partir de alguns fatores como a melhoria dos meios de comunicação, crescente sofisticação dos organismos e sistemas financeiros internacionais, em muito graças ao desenvolvimento de sistemas informatizados de controle e difusão de informação. Além disso, a revolução nos transportes marítimos (ocasionada principalmente pela maciça adoção de "containers" padronizados) e seu progressivo barateamento proporcionaram facilidades inéditas para realização de importações a preços

⁴² Atualmente já existem sistemas de "assinatura eletrônica de documentos" baseadas, entre outros princípios, em sistemas de senhas de acesso diferenciadas.

⁴³ Não confundir estes programas de reestruturação com a imagem difundida da "reengenharia" no Brasil, que vem sendo utilizada como justificativa para significativos cortes de pessoal em empresas dos mais diferentes ramos industriais, sem maiores preocupações de política estratégica e de desenvolvimento tecnológico para a empresa a longo prazo. Alguns exemplos, colhidos desde 1990 (NETZ, 1994): Pão de Açúcar (27.000 demissões), Alpargatas (16.000), Villares (12.700), Philips (12.500), CSN (9.000).

competitivos, fator que demonstrou ter peso substancial no desenvolvimento industrial de uma série de países (como no caso dos denominados *tigres asiáticos*⁴⁴).

Principalmente a partir da abertura do mercado brasileiro às importações, no início da década de 90, a busca pela produção em níveis mundiais de qualidade e produtividade tornou-se essencial para a conquista e manutenção de mercados por empresas do Brasil. A utilização de novas tecnologias foi uma das formas encontradas, ao lado de processos de reestruturação organizacional e programas para melhoria da qualidade, para que fossem alcançados padrões compatíveis com as novas condições de competitividade do mercado. Entre estas novas tecnologias, os sistemas CAD assumem um papel de grande importância, devido ao seu potencial como ferramenta para agilização do processo projetual. Esse papel somente não é maior devido a determinadas características específicas do processo brasileiro de industrialização, dependente dos países centrais e fortemente ligado ao capital internacional. Esta situação leva à ausência de tradição no desenvolvimento científico e tecnológico de uma forma geral e no pequeno número de projetos (de produtos) desenvolvidos no Brasil, em particular. É notório que as grandes empresas multinacionais possuem centros de pesquisa em seus países de origem, e que o saber desenvolvido nesses centros possui importância estratégica para essas empresas, pois envolvem segredos industriais, programas estratégicos de ação a longo prazo, sistemas de pagamentos de *royalties* etc.

Ora, o desenvolvimento de projetos no Brasil levaria a importantes modificações nesta estratégia, o que não é de interesse das empresas multinacionais, na maioria dos casos. Neste quadro, os sistemas CAD assumem um papel secundário no processo de produção, tendo em vista o papel limitado dos departamentos de projeto. Nos países centrais, o lançamento de novos produtos é o *centro nervoso* da fábrica, e a principal forma de ganhos para as empresas. Daí o papel fundamental do setor de projetos e, conseqüentemente, dos sistemas CAD. No Brasil e em outros países periféricos, por outro lado, os maiores esforços das empresas estão centrados na melhoria dos padrões de qualidade e produtividade, desconsiderando o produto como elemento chave para a conquista e manutenção de mercados. Esta postura é confirmada por pesquisa realizada em 1994 pela *Deloitte Touche Tohmatsu* (ROTH et al., 1994) entre diretores das maiores empresas de onze países⁴⁵ industrializados. No Japão as tecnologias ligadas ao CAD ocupam o segundo lugar em importância para o sucesso de uma empresa, suplantada somente pela computação pessoal. No Brasil o sistema CAD nem ao menos consta da lista das dez tecnologias tidas como mais importantes. Segundo o responsável pela pesquisa entre as empresas brasileiras:

“Essa discrepância ocorre porque o Japão está interessado sobretudo em manter um ritmo muito rápido de inovação de seus produtos, o que não se consegue sem o uso intensivo do CAD. As empresas brasileiras, ao contrário, estão mais preocupadas com questões básicas de qualidade e custos, deixando a inovação para um plano secundário.”
(citado por GREGO, 1995)

Ainda assim, a aplicação de sistemas CAD cresce bastante no Brasil. De acordo com a SOBRACON - Sociedade Brasileira de Comando Numérico, Automação Industrial e Computação Gráfica (citada por VIOTTI, 1995), o volume de negócios em 1993 foi da ordem de US\$ 24 milhões, com um crescimento de mercado em torno de 35%, atingindo a marca de US\$ 32,4 milhões ainda no ano de 1994. Estas cifras demonstram que os sistemas CAD, apesar de sua (ao menos teoricamente) limitada utilização pelas empresas brasileiras, vêm sendo mais e mais adotados, em suas diversas formas de aplicação. Cabe indagar se este crescimento ocorre em função de uma modificação do perfil da execução de projetos por empresas brasileiras, com uma maior importância dada a este setor, ou a aplicações CAD “marginais” aos objetivos centrais da empresa, como modificações em projetos prontos do exterior⁴⁶.

II.2. SISTEMAS CAD.

Os sistemas CAD, ou *Computer Aided Design*, expressão da língua inglesa que pode ser traduzida como Projeto Auxiliado por Computador, englobam importantes ferramentas informatizadas de auxílio à atividade de projeto, em diversas de suas fases. Apesar de estarem associadas, por um lado, à atividade de desenho e, por outro, à sua utilização em conjunto com sistemas informatizados de auxílio à produção (CAM, ou

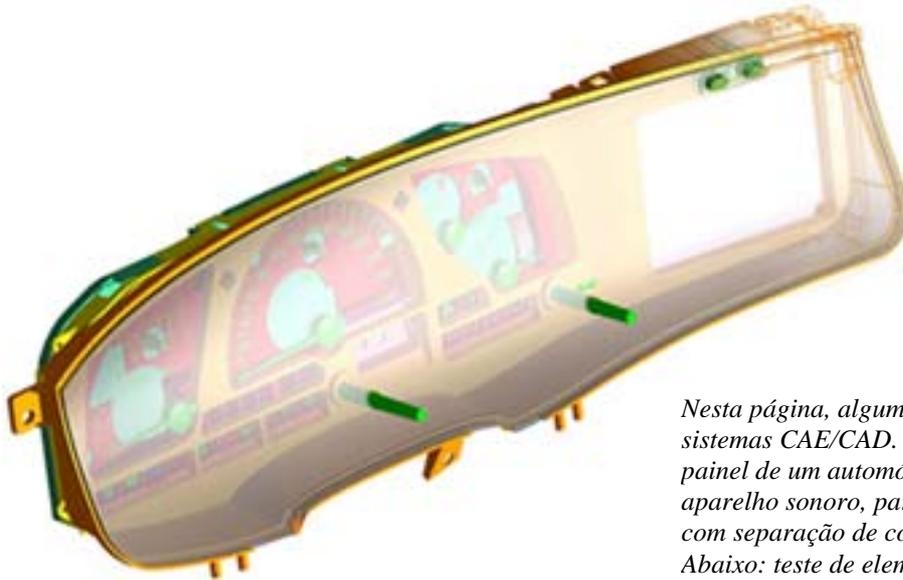
⁴⁴ Os chamados *tigres asiáticos* formam um grupo de países que, sob a zona de influência do Japão, vêm passando por um período de intenso crescimento econômico. São estes principalmente a Coreia do Sul, Hong Kong, Taiwan, Singapura e, mais recentemente, a China.

⁴⁵ Na América Latina foram realizados estudos apenas no Brasil e no México.

⁴⁶ Um exemplo deste tipo de aplicação “marginal” aparece de forma clara em ROMEIRO (1993), onde é descrita a aplicação do sistema CAD na Companhia Siderúrgica Nacional, no setor de Engenharia de Manutenção.

Computer Aided Manufacturing, na forma de sistemas CAD/CAM), os sistemas CAD formam um conjunto bastante amplo de recursos tecnológicos de apoio às atividades peculiares envolvidas nas diferentes fases do processo projetual⁴⁷. Essas associações, que acabam por levar a uma compreensão limitada acerca das reais características da tecnologia CAD, tem origens distintas. A ligação do CAD à atividade de desenho pode ser explicada por ser esta sua aplicação mais evidente, naturalmente a primeira a ser observada e utilizada. Isto pode ser justificado também a partir do ponto de vista de diversos autores, que consideram os sistemas CAD como formas de auxílio às etapas de projeto de alguma forma ligadas à aspectos gráficos. Contribui também para isso a efetiva existência de sistemas CAD (*Computer Aided Drafting*, ou Desenho Auxiliado por Computador) voltados unicamente para automação nos processos de desenho. A outra associação, na forma de uma sistemática utilização da sigla CAD/CAM, origina-se dos princípios do desenvolvimento destas duas tecnologias distintas (CAD e CAM). Ambas surgiram no final dos anos cinquenta, como apoio ao desenvolvimento de ramos industriais que possuíam (e ainda possuem) como características (1) a necessidade de um expressivo número de desenhos e esquemas para fabricação, com alto grau de repetição e detalhamento, (2) igual necessidade de baixas tolerâncias durante a fabricação de peças, (3) linhas de produtos cujos altos custos representassem uma justificativa para os pesados investimentos no desenvolvimento de novas tecnologias de fabricação, além de (4) possuírem um papel e uma visão estratégica que legitimasse tais investimentos.

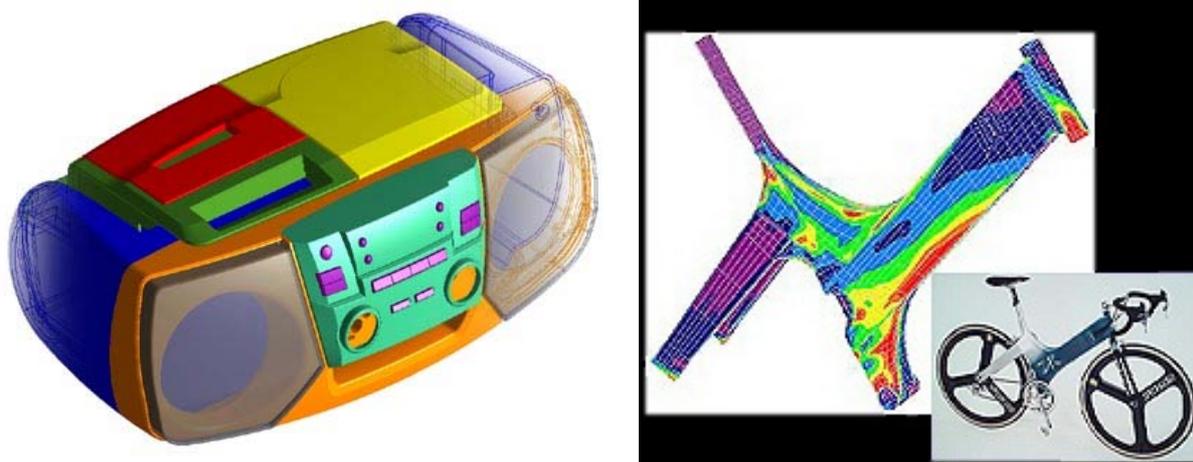
As primeiras a utilizarem-se destes sistemas foram as indústrias aeroespacial e bélica nos Estados Unidos. Os altos custos das aeronaves, aliados às rigorosas condições de tolerância de fabricação e montagem necessárias, bem como a evidente necessidade de confiabilidade e segurança para utilização fizeram da indústria aeronáutica o mais adequado ambiente para o desenvolvimento de sofisticadas máquinas-ferramenta de controle numérico, bem como de outras formas de apoio informatizado à produção. Por outro lado, a necessidade cada vez maior de desenhos com alto grau de detalhamento levou ao desenvolvimento de sistemas informatizados que executassem esta função, gerando rapidamente um grande número de *pranchas de desenho* a partir de pequenas modificações executadas por projetistas, diretamente nos computadores. Daí para a integração direta entre os dois sistemas foi um passo, com as informações de projeto geradas no sistema CAD sendo diretamente transferidas às máquinas computadorizadas responsáveis pela produção, ou ao sistema CAM. Daí a associação, que unida a uma estratégia comercial para venda de sistemas *turnkey*⁴⁸, passou a dominar o vocabulário leigo como *tecnologia CAD/CAM*.



Nesta página, algumas aplicações típicas de sistemas CAE/CAD. Ao lado: simulação do painel de um automóvel. Abaixo, ao lado: um aparelho sonoro, parcialmente transparente, com separação de componentes por cores. Abaixo: teste de elementos finitos em um quadro de bicicleta.

⁴⁷ A detalhada conceituação de sistemas CAD, além de uma descrição de seu desenvolvimento histórico e de suas principais aplicações encontram-se em ROMEIRO (op.cit.)

⁴⁸ Sistemas técnicos "fechados", em que um único fornecedor é responsável pelos equipamentos hard e software, além dos serviços de consultoria e pós-venda, como treinamento e manutenção. Apesar de representarem normalmente sistemas bastante complexos, o cliente fica desta forma atrelado a uma tecnologia específica, além de submetido a um (ou poucos) fornecedores.



Isto não significa, de forma alguma, que as aplicações do CAD estejam restritas às atividades de desenho ou à sua integração com a produção informatizada. Estas associações contribuem negativamente para a difusão de conceitos acerca de sistemas CAD e suas reais aplicações, dificultando a compreensão do sistema em suas reais dimensões, servindo mais como elemento de uma estratégia de *marketing*, como no caso da utilização constante da sigla CAD/CAM. Esta situação, entretanto, modifica-se a partir da progressiva disseminação de sistemas CAD entre empresas de menor porte, onde a associação com sistemas CAM não é viabilizada de imediato, bem como em situações onde ela não é indicada, como em aplicações CAD para arquitetura, por exemplo. Os sistemas CAD representam, desta forma, uma tecnologia que vai além de suas aplicações na elaboração de desenhos, não estando da mesma forma necessariamente ligada a processos de automação da produção. Neste trabalho será adotado o conceito segundo o qual o CAD é:

“se considerado de forma bastante ampla, uma tecnologia multidisciplinar, um conjunto de ferramentas utilizadas por todas as áreas em que existe uma forma desenvolvida de interação do computador digital à atividade de projeto, bem como ao controle e gestão deste processo” (ROMEIRO, op.cit.)

PUGH, (1984) descreve os níveis de utilização do computador nas diversas fases do projeto de um produto, através das facilidades oferecidas pelos sistemas "turnkey" existentes na época. Apesar da limitação representada pela data do artigo (1984) e pelas diferenças extremas em função da evolução tecnológica desde então, pode-se perceber partir do gráfico que as aplicações CAD estão concentradas nas etapas posteriores à concepção do produto. Esta posição é confirmada pelo mesmo autor em novo livro, de 1990, quando coloca que os sistemas CAD e CAM são mais apropriados ao desenvolvimento do que o autor chama de "produtos estáticos"⁴⁹.

II.2.1. HISTÓRICO E CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMENTO.

Como características importantes para a compreensão do desenvolvimento dos primeiros sistemas CAD, devem ser levadas em consideração suas aplicações em processos industriais que possuam características bastante peculiares, conforme já colocado. Mesmo em sua segunda fase, com aplicações voltadas para a indústria automobilística, permanecem como fundamentais os aspectos relacionados aos altos custos de desenvolvimento de sistemas direcionados para aplicações específicas, como elaboração de moldes para estampagem de carrocerias. Nessa época, aspectos relacionados aos custos de projeto e produção colocavam-se ainda como extremamente restritivos com relação à disseminação das tecnologias CAD (e CAM) por empresas de menor porte, e mesmo dentro de grandes grupos. Nesse caso, as aplicações estavam restritas a determinadas fases do projeto, como desenho de peças mecânicas e carrocerias, aplicações que de certa forma possuam diversas características semelhantes às das aplicações CAD na indústria aeronáutica.

⁴⁹ Este conceito possui alguma semelhança com a idéia de projetos por "inovação" ou "evolução", proposta por BACK (1983). Neste caso, os produtos são divididos em "dinâmicos" e "estáticos", segundo características de seu processo de design. Produtos estáticos, em contraposição aos denominados produtos "dinâmicos", são aqueles baseados em produtos pré-existentes, representando por isso um desenvolvimento tecnológico pouco significativo. Produtos dinâmicos, pelo contrário, são aqueles que levam a um novo patamar tecnológico, de uso e/ou de situação de mercado.

Os sistemas em uso eram então concebidos quase ou diretamente para cada aplicação específica, o que onerava sobremaneira o desenvolvimento do CAD, notadamente dos sistemas *software*. Também as imensas necessidades de processamento em termos de equipamento *hardware*, devido à grande quantidade de dados gráficos envolvidos, limitava em muito as aplicações de sistemas CAD. O desenvolvimento de cada aplicação, de cada projeto, demandava uma longa utilização dos computadores centrais das empresas, os *mainframes*, o que constituía-se de uma fonte de altíssimos custos e acabavam por comprometer a aplicabilidade e eficiência desses sistemas. Apesar de todas estas limitações, a utilização de sistemas CAD passou por um grande incremento no início dos anos 70, época de sua utilização em larga escala pela indústria eletrônica, para o desenvolvimento de circuitos de alta complexidade. A partir daí, alguns fatores levaram a crescente disseminação da utilização de sistemas CAD: (ARNOLD, 1984, citado por PLONSKI, 1987):

- *O surgimento de minicomputadores de segunda geração, o que reduziu significativamente a relação custo/capacidade de processamento.*
- *O novo CRT (do tipo "raster"), que apresentava imagens estáveis (sem piscar) e requeria capacidade computacional bem menor do que os tubos anteriormente utilizados.*
- *A programação estruturada, capaz de agilizar o desenvolvimento de grandes e complexos software, como os requeridos para o CAD.*
- *A técnica da memória virtual, também essencial para o software de CAD, e que dependeu do surgimento de meios para o armazenamento em massa de grandes volumes de informação.*

A partir daí, a utilização do CAD passou por novo incremento, com o desenvolvimento de sistemas *software* e *hardware* específicos para a utilização em apoio à atividade de projeto. Embora estes ainda apresentassem custos muito altos e aplicações que hoje parecem extremamente limitadas, representavam enorme vantagem diante dos sistemas anteriormente utilizados, pois significavam para a empresa o fim da necessidade de desenvolvimento interno de aplicativos, bem como uma maior facilidade para aprendizado e utilização do sistema. Na verdade, esse desenvolvimento não foi eliminado, mas apenas reduzido e, em muitos casos, facilitado. Ainda hoje, o desenvolvimento de aplicativos específicos - uma das formas de adaptação (ou customização) dos sistemas CAD - demonstra-se como fase importante da implantação e forma reconhecida para sua otimização. A diferença está no fato de que atualmente não são mais desenvolvidos programas CAD por empresas usuárias, mas rotinas e "macros" que agilizam as tarefas típicas de cada situação, segundo suas necessidades específicas. Também com relação aos sistemas *hardware*, houve grande avanço, devido ao progressivo desenvolvimento de novos e mais poderosos equipamentos, bem como facilidades para desenvolvimento de aplicativos e multiplicação dos *software* CAD disponíveis. Os resultados desta relação, diminuição de custos e simplificação, são comuns a praticamente todas as áreas da informática e seus resultados são bastante conhecidos. Pode-se dizer que os sistemas CAD acompanharam a evolução observada em quaisquer sistemas informatizados, conservando, entretanto características peculiares, como os ainda altos custos de equipamentos específicos como *plotter*, mesa digitalizadora⁵⁰ etc.

Atualmente pode-se dizer que a maioria dos computadores pessoais possui características que permitem, de certa maneira, a geração de desenhos elementares em sistemas CAD, de forma até mais sofisticada do que os antigos *mainframes* dos anos 60. Só para se ter uma idéia, um sistema adquirido por uma grande empresa metal mecânica no Brasil, em 1984, possuía como características de seus equipamentos CPUs de 16 bits e disco rígido de 1,5Gb (Gigabyte). Ora, a nova versão do gerenciador de programas Windows, da Microsoft (Windows 97), trabalha em 32 bits, e a capacidade sugerida para os discos rígidos nos computadores pessoais considerados como "modelos padrão para uso genérico" (baseados no microprocessador Pentium MMX, da Intel) já passa de 100 Gb! É importante chamar a atenção para o fato de que estes computadores são voltados para a utilização corporativa e mercado SOHO (*Small Office, Home Office* - Pequenos Escritórios, Escritórios Domésticos), isto é, pequenos escritórios, profissionais liberais e usuários domésticos. Desta forma, pode-se perceber que um adolescente em sua casa manipula um equipamento com capacidade comparável àqueles, em meados dos anos 80, custavam centenas de milhares de dólares. Naturalmente a sofisticação dos *software* acompanhou a capacidade de processamento dos equipamentos, seja em sistemas CAD como nas demais aplicações empresariais e/ou voltadas para o lazer. As possibilidades de aplicação cresceram substancialmente

⁵⁰ *Plotters, ou plotadoras, são impressoras de alta qualidade, voltadas basicamente para aplicações que utilizem meios físicos (papel, acetato) de grande dimensões. De pena, eletrostática ou a jato de tinta (mais recentes), são essenciais à utilização de sistemas CAD e outras aplicações gráficas. Já a mesa digitalizadora é um dispositivo gráfico para entrada de dados dotado de uma caneta (ou cursor) especial que permite ao usuário desenhar sobre uma peça plana (a mesa) eletronicamente sensível, sendo os movimentos da caneta transmitidos para a tela.*

nos últimos anos, ao mesmo tempo que a indústria, principalmente as empresas produtoras de *software*, buscavam uma maior facilidade para operação dos sistemas, através da simplificação de interfaces e comandos, além de facilidades cada vez maiores para o desenvolvimento de aplicativos próprios e criação de rotinas apropriadas às aplicações da empresa.

II.3. IMPLICAÇÕES DA INFORMÁTICA NOS PROCESSOS DE FORMAÇÃO.

Tornou-se lugar comum falar sobre as necessidades da informática para a formação de mão-de-obra. É cada vez maior o número de “cursos de informática”, abertos mesmo em pequenas cidades do interior do Brasil, onde milhares de pessoas, na maior parte das vezes jovens em processo de inserção no mercado de trabalho, ingressam na expectativa de obter um nível mais alto de qualificação, que corresponda a uma ascensão profissional e salarial. Costuma-se dizer que, nos dias de hoje, “*é imprescindível saber usar computadores*”. Seria estender-se por demais iniciar uma discussão acerca da validade de afirmações como esta. Pesquisa realizada pela ASME International e pela National Science Foundation (VALENTI, 1996) entre empresas e universidades americanas com o objetivo de avaliar quais as características mais importantes para os novos graduados em engenharia mecânica naquele país demonstrou que conhecimentos acerca de sistemas CAD ocupam posição de destaque, sendo considerados como essenciais por 86% das empresas e universidades⁵¹. Ora, seria uma postura demasiadamente antiquada (e sem dúvida equivocada) a repulsa a esta nova forma de tecnologia. Já em 1967, Bruno Munari, conceituado artista gráfico italiano, fazia uma série de considerações acerca deste tipo de equipamentos:

"Muitos artistas das artes visuais, pintores, desenhistas, etc., têm terror às máquinas. Não querem nem ouvir falar delas. Pensam que algum dia as máquinas poderão fazer obras de arte e já se vêem sem trabalho. Inclusive um crítico célebre, falando sobre arte "programada" em um jornal italiano, colocou a seguinte dúvida: "Vamos fazer a arte das máquinas?" Esta frase denota uma grande ignorância do problema, já que equivale a dizer: "Vamos fazer a arte do pincel? Ou do lápis?" (...) E uma das máquinas que produzem maior medo é, naturalmente, a calculadora eletrônica, que nos Estados Unidos chama-se computador. A arte dos computadores..."

Como funcionam? Têm um código próprio que é preciso conhecer, como as bordadeiras ou aqueles que constroem mosaicos, ou todo aquele que tem que transformar um desenho livre (ou uma série de dados) em um esquema válido para outra técnica. Porque, afinal de contas, este computador que produz tanto medo aos artistas, não é mais do que um instrumento. Se não há ninguém que lhe dê ordens, que o utilize, este ficará inútil. (...) É estúpido, e insensível a tudo que pode provocar uma obra de arte. Por outro lado, não foi inventado com este fim. Tem a vantagem de que, depois de um longo treinamento, depois de se decidir tudo o que há para fazer e como, tudo é feito rapidamente e sem distração. (...)

Agora os técnicos que estão estudando o aperfeiçoamento destes computadores, indicando inclusive a possibilidade de obter-se luzes coloridas e provavelmente em um futuro próximo, o artista poderá utilizar o computador para algumas investigações, uma vez que este instrumento terá alcançado, como se prevê, um preço reduzido e uma vez que aumentem suas possibilidades de utilização, criando um centro de computadores para muitos indivíduos, que possam operar igualmente à distância.

⁵¹Eis a posição dos cinco primeiros itens citados pela pesquisa:

Posição	Indústria	Universidade
1º	Trabalho em equipe (94%)	Trabalho em equipe (92%)
2º	Comunicação (89%)	Comunicação (92%)
3º	Design para manufatura (88%)	Criatividade (87%)
4º	Sistemas CAD (86%)	Inspeção de projeto (86%)
5º	Ética profissional (85%)	Sistemas CAD (86%)

Fonte: ASME International/National Science Foundation, citado por VALENTI (1996)

E sobretudo, quando o código dos computadores resulte tão fácil como o das bordadeiras." (MUNARI, 1975)

A implantação de sistemas CAD em um número cada vez maior de empresas leva a uma série de modificações nas características necessárias ao trabalho do pessoal envolvido em projeto e em sua formação. Se antes eram somente grandes organizações que se utilizavam destas novas tecnologias em projeto, com sistemas muitas vezes especificamente desenvolvidos, o que demandava meses de curso para os futuros operadores, atualmente mesmo computadores pessoais de uso doméstico possuem recursos gráficos e de memória que permitem aplicações CAD bastante sofisticadas, embora ainda distantes das aplicações permitidas pelos chamados sistemas *high-end* (ou de topo de mercado). Desta forma, programas e currículos que sempre enfatizaram o desenvolvimento da técnica de desenho necessitam agora ter esta orientação questionada (deve-se notar, porém, que conhecimentos como desenho técnico e teoria do projeto, além de matemática, continuam essenciais à formação dos designers). Torna-se, portanto, importante uma análise de todo o currículo dos cursos ligados à atividade de projeto, tendo por finalidade modernizar e tornar mais eficiente o sistema de ensino e assim acelerar a formação de mão-de-obra qualificada.

"Antigamente o que se aprendia podia ser aplicado por toda a vida profissional. Hoje, nosso trabalho exige sempre novos conhecimentos. No início da formação acadêmica, provavelmente também tivemos dificuldades em aprender a utilizar um esquadro para, por exemplo, desenhar um objeto em perspectiva. Não se trata apenas de aprender a produzir boas representações gráficas, mas, por exemplo, de aplicar essas novas técnicas que a computação oferece também na produção de objetos. A contribuição do computador vai além da fase de representação gráfica." (NAGEL, 1988).

Com estas alterações nas exigências de conhecimento os efeitos da implantação de novas tecnologias sobre o pessoal da área de projeto tem sido intensas, fazendo com que designers, projetistas e engenheiros tenham necessidade de alguma forma de treinamento especial, pois ainda segundo NAGEL (op. cit.):

"Hoje" (em 1988, na Alemanha) "os jovens designers ainda se formam sem ter o conhecimento do uso dessa técnica, ou seja, os currículos não correspondem mais às necessidades da vida profissional".

Como forma de contornar esta deficiência, as escolas de uma forma geral têm procurado investir em equipamentos. O curso é avaliado em número de computadores disponíveis ou número de horas destinadas a eles pelos alunos. Entretanto, esta estratégia pode estar, de certa forma, equivocada. Ora, um curso de desenho industrial ou engenharia não forma hoje especialistas em informática, mas usuários de determinados equipamentos *software* ou *hardware*. Não é por filantropia que a maioria dos fornecedores de *software* gráficos (em especial a Autodesk, produtora do AutoCAD) possuem como estratégia a venda de equipamentos a preços subsidiados (ou mesmo a doação) a entidades educacionais. Os estudantes, ao ingressar no mercado de trabalho, tendo recebido ensinamentos e conhecendo somente um sistema, serão usuários daquele equipamento, muitas vezes sem a capacidade de discernimento sobre a qualidade ou adequação para diferentes aplicações⁵².

O pessoal envolvido em projeto muitas vezes possui (ou deveria possuir) poder decisório ou consultivo acerca da aquisição de novos equipamentos informatizados por sua empresa. Neste caso, a escolha tenderá a recair sobre um sistema já conhecido, até por garantia contra possíveis falhas futuras (*"não se mexe em time que está ganhando"*). Esta postura, embora plenamente justificada, torna sem dúvida limitada a análise do problema a ser resolvido com a adoção do CAD. É bastante simples perceber que a função de um sistema informatizado é resolver um problema existente na empresa. Ora, o que acontece na maioria dos casos com a informática em geral e com os sistemas gráficos em particular é que a decisão pelo sistema é tomada antes da realização de uma adequada e consistente análise da questão a ser resolvida, e da avaliação das aplicações possíveis e relevantes para a empresa. É comum ouvir de pessoas com poder decisório sobre a aquisição de sistemas informatizados de apoio ao projeto: *"É preciso comprar um AutoCAD (Release 13, para Windows, naturalmente)"*, ao invés de *"É necessário adquirir um software gráfico que atenda a tais e tais requisitos, sendo apropriado às aplicações e à solução de problemas próprios e específicos de nossa empresa"*.

⁵²Estratégia semelhante é utilizada pela Microsoft, que não impõe grandes dificuldades para a obtenção de cópias não autorizadas (piratas) de seus produtos. Ora, o adolescente que utiliza um programa "de livre iniciativa" em seu micro naturalmente será levado, em uma primeira avaliação, pela aquisição "oficial" de um software já conhecido, seja para uso pessoal como, muitas vezes (como a realidade de mercado demonstrou) para utilização de sua empresa.

Esta postura pode ser considerada como consequência direta das formas de divulgação dos principais *softwares*, gráficos ou não, que possuem expressiva liderança de mercado a nível mundial. Embora compreensível, não é de forma alguma a mais adequada e pode ser associada a grande parte dos problemas enfrentados por empresas com relação ao uso de sistemas CAD⁵³.

II.4.1. FORMAÇÃO EM SISTEMAS CAD

Em primeiro lugar, deve-se considerar sempre o fato de que sistemas CAD são caracterizados por sua utilização por um público bastante específico. Neste sentido, é importante colocar que os *softwares* CAD, tendo em vista o grande número de informações envolvidas no desenvolvimento de projetos, são inerentemente complexos, e exigem em função dessa característica um processo de formação estruturado para sua utilização. Um curso específico para o aprendizado do CAD pode levar seis meses (VOISINET, 1988) para tornar o usuário um conhecedor do sistema, capaz de realizar desenhos relativamente complexos. O tempo de treinamento depende também de outros fatores, como o progresso individual do usuário e seus conhecimentos anteriores de desenho, se o sistema é amigável ou não (isto é, se o sistema facilita a ação do usuário), o tipo de trabalho que deve ser realizado (se repetitivo ou não) e o nível de conhecimento desejado. Um curso bem estruturado de um semestre, com 15 horas de teoria e 45 horas de laboratório, tendo participação ativa do aluno costuma levar a resultados satisfatórios. Seguindo este treinamento, em menos de 120 horas de uso efetivo as habilidades com o CAD começam a exceder as habilidades tradicionais (VOISINET, op. Cit.). Na EMBRAER, empresa pioneira em implantação de sistemas CAD no Brasil, o treinamento básico consta de um curso intensivo de dois meses (cerca de 350 horas) de duração, sendo que o futuro usuário deve antes passar por um "teste de aptidão" para a utilização do sistema (REBELLO, 1990). Já em um programa oferecido por um curso de informática no Rio de Janeiro, seriam necessárias 476 horas de aula para a participação em todos os cursos oferecido relacionados ao aprendizado do AutoCAD e alguns de seus aplicativos⁵⁴.

Vale dizer que uma utilização mais intensa tende a acelerar o aprendizado, a medida que as características do sistema vão sendo assimiladas. Também as peculiaridades da tarefa realizada são determinantes, pois em desenhos mais complexos serão requeridos quase sempre maiores conhecimentos das possibilidades do sistema. Os *softwares* CAD têm como uma de suas características básicas um grande volume de código, alto grau de interação com o usuário e grandes volumes de dados, o que os torna inerentemente complexos, no sentido de que o conhecimento seguro de todas as possibilidades do sistema demora ser alcançado, quando efetivamente o é. O processo de formação de pessoal usuário de sistemas CAD tem se mostrado como a espinha dorsal dos processos de implantação destes sistemas. Segundo MATTOS (1991):

"Muitas empresas subestimam perigosamente o tempo e os recursos necessários requeridos para um treinamento efetivo, e acabam convivendo com sistemas subutilizados e improdutivos. A falta de educação em CAD se constitui na maior barreira à utilização desta nova tecnologia nas empresas"

⁵³Há descrições de casos de fracasso em processos de implantação de sistemas CAD pela literatura, no Brasil e no exterior, como os levantados por ROMEIRO (1993), FERREIRA e RADOS (1986), PLONSKI (1987) e outros; que são em maior ou menor parte atribuídos a problemas ligados ao "desconhecimento" acerca desta nova tecnologia.

⁵⁴Essa carga horária encontra-se assim distribuída:

Sistema operacional	MS-DOS e Windows:	32 horas
AutoCAD	AutoCAD 2d – Básico	40 horas
	AutoCAD 3D	24 horas
	Personalização do AutoCAD	20 horas
	Programação AutoLISP	40 horas
	Arquivos híbridos (formatos distintos)	12 horas
Processamento de imagens	3D Studio	40 horas
	Auto Vision (geração de imagens)	20 horas
	Animator Pro	20 horas
Arquitetura	AutoArchitect	40 horas
	AutoArchitect – Personalização	20 horas
	AutoArchitect – Paisagismo	20 horas
	AutoArchitect - Duto e ar condicionado	20 horas
	Estimativa de custos	16 horas
	Hidráulica predial	16 horas
	AutoArchitect - database / query	16 horas
Plantas industriais	AutoPlant Designer	28 horas
	AutoPlant P&ID	16 horas
	Personalização	16 horas
	AutoPlant Isometric	16 horas

Fonte: CELTEC Multimídia e redes

Ainda segundo MATTOS, dentro de um programa de formação vários fatores devem ser considerados pela empresa, em diversas fases de treinamento:

- **Informações Gerais.** O início do processo de treinamento não deve ocorrer com a chegada do sistema CAD, mas logo após tomada de decisão pela compra, através de reuniões e palestras informais que podem ajudar a preparar a empresa para transição para o sistema, bem como a participação em seminários e visitas a outras empresas usuárias. Além disso, livros e artigos sobre o assunto CAD devem chegar aos futuros envolvidos (sejam usuários diretos ou indiretos), para que estes ampliem seu conhecimento sobre o assunto.
- **Treinamento Básico.** O treinamento formal dos usuários deve ser coordenado com a instalação do sistema. Deve-se levar em consideração diferentes necessidades para os diversos níveis e tipos de usuários.
- **Treinamento Avançado.** Os usuários iniciantes em CAD "demandam de 25 a 80 horas de trabalho supervisionado para que possam operar sozinhos uma estação de trabalho. De 300 a 500 horas são necessárias para que o usuário tenha no sistema CAD uma produtividade equivalente aos antigos métodos manuais, e pelo menos 800 a 1000 horas são necessárias para que ele ganhe o *status* de "expert" no sistema."
- **Avaliação dos Resultados.** Devem ser realizadas reuniões periódicas para a discussão e avaliação do CAD, visando a redução de erros e resolução de problemas encontrados e incremento da comunicação entre usuários.

Não se deve encarar, portanto, o processo de assimilação do CAD pelos usuários e pela própria empresa como uma mera questão de treinamento. Na verdade, trata-se de um problema bem maior, com efeitos sobre a própria cultura empresarial e um forte impacto sobre o setor de projetos, o processo de trabalho e as relações de poder. PLONSKI (1987), coloca alguns aspectos considerados essenciais ao uso do CAD na cultura e condições brasileiras:

- *"Reformulação do processo de trabalho, ao invés de mera automatização de tarefas (que é a filosofia da "prancheta eletrônica", onde se sugere que o usuário deve continuar fazendo o que vinha executando manualmente),*

- *Reestruturação do sistema de produção, inclusive das relações de poder, já que os novos atores dele passam a participar, tais como os analistas de suporte,*

- *Atenção para com o impacto do CAD no patrimônio profissional do corpo técnico."*

Ainda com relação ao processo de formação e aprendizado em sistemas CAD, é interessante constatar a importância da "barreira informática", descrita por BAGNARA (in REBECCHI, 1990). Ao acompanharmos o desenvolvimento de uma turma do curso AutoCAD 2D (bi-dimensional) básico, em outubro de 1992, foi possível perceber este aspecto com relação ao aprendizado do *software*: A turma era composta basicamente por pessoas advindas de três empresas com sede no Rio de Janeiro. A diferença mais marcante entre os grupos estava no nível de conhecimento anterior: Uma parte vinha de uma longa experiência somente em prancheta, outra caracterizava-se pela utilização de recursos informatizados para outras atividades (como elaboração de textos e planilhas), e o terceiro grupo já era usuário de sistemas CAD, de maneira informal, há cerca de um ano.

Foram observadas diferenças marcantes nos procedimentos de iniciação, em especial entre o primeiro grupo e os demais. Era clara a dificuldade em ligar o equipamento e acessar ao programa gráfico, com evidentes problemas para absorção das explicações fornecidas pelo instrutor, devido em muito à utilização de termos peculiares à informática⁵⁵. Após um difícil e demorado acesso ao programa, entretanto, o nível de disparidade entre os grupos, antes evidente, torna-se mais sutil, tendo em vista que o programa gráfico tem por princípio a simulação das ferramentas de construção de desenhos (com traçar retas, arcos, figuras etc.). No caso do grupo totalmente inexperiente (em informática), a utilização do programa apresenta-se bem mais simples (guardando-se as devidas proporções, naturalmente) do que a manipulação do sistema operacional, por tratar-se de um *software* que busca simular um ambiente já conhecido. Neste caso, após o acesso ao programa gráfico, estes novos usuários apresentaram evidente melhoria nos níveis de rendimento e aumento na motivação para aprendizagem.

⁵⁵ Já na primeira aula o instrutor solicita aos alunos que liguem o equipamento, dirijam-se (em um ambiente MS DOS) ao diretório onde está o *software*, abram seu próprio sub-diretório e façam o acesso ao programa gráfico desejado. Ora, para aqueles que desconhecem padrões aparentemente "simples" de utilização do sistema operacional, esta operação acaba por tornar-se de grande complexidade, muito em função da própria terminologia utilizada.

Este exemplo pode demonstrar como a utilização de uma linguagem pertinente ao grupo usuário pode efetivamente facilitar a utilização de *softwares*. Não foi realizado um acompanhamento dos grupos após o término do curso, mas o que apresentou maiores progressos em termos de aprendizado (durante o período de acompanhamento) foi aquele que já era usuário de sistemas informatizados, embora não possuísse conhecimentos específicos acerca de sistemas CAD⁵⁶

II.4.2. PONTOS DE VISTA SOBRE A FORMAÇÃO.

A partir da pesquisa, foram elaboradas algumas considerações acerca dos processos de formação para usuários de sistemas informatizados em projeto, listadas a seguir.

- O conhecimento acerca de sistemas informatizados é essencial ao pessoal de projeto. Sem dúvida, ir contra esta realidade é negar o avanço tecnológico e condenar o futuro profissional à margem do mercado ou ao aprendizado a partir de esforços inteiramente pessoais, seja em cursos independentes ou por “tentativa e erro” em computadores particulares. Dificilmente em algum destes casos a formação será eficiente ou voltada para as necessidades do aluno, visto que deslocada do restante do curso.

- O aprendizado voltado exclusivamente para utilização de determinados software não levam à compreensão das possibilidades das novas tecnologias aplicadas ao processo de concepção. Segundo SPITZ (1993), a respeito do ensino de desenho industrial no Brasil:

“A tecnologia computacional gráfica estaria sendo apenas implantada no contexto educacional na forma em que foi desenvolvida, adequada às demandas da indústria e do comércio, ao invés de ajustada às especificidades do processo ensino-aprendizagem na área de design. Nesta situação a inclusão da Computação Gráfica no ensino de Desenho Industrial centra-se no ensino de determinados software gráficos de uso mais freqüente pelos setores comercial e industrial”

Desta maneira, pode-se dizer a maioria das escolas forma atualmente usuários dos programas mais utilizados, em um triplo equívoco: (1) As escolas não devem formar usuários diretos de um determinado programa gráfico ou sistema CAD, (a não ser que seja este seu explícito objetivo), (2) as escolas não devem formar usuários de determinada versão de determinado *software*, pois estará sem dúvida favorecendo indevidamente a uma ou mais empresas (fornecedores destes *software*) na conquista do mercado e (3) de nada adiantará o aluno conhecer apenas uma versão de um *software*, caso seja outra a realidade do mercado de trabalho (após um ou dois anos poderão ser outros os programas em uso).

- A atual estratégia de ensino pode levar à deturpação da competência profissional. Visto que aborda o sistema CAD da mesma forma que a maioria das empresas, ou seja, como um fim em si mesmo. O conhecimento de sistemas CAD não transformará um projetista medíocre em um profissional competente⁵⁷. Desta forma, há atualmente uma deformação na avaliação da competência profissional, sendo o projetista diversas vezes preterido em benefício do “operador de sistemas CAD”. Em diversas empresas pesquisadas (em especial “B” e “F”), a existência de um grupo de “projetistas sênior”, constituído por antigos usuários de prancheta é um sintoma de que sua competência é ainda essencial à empresa.

- Os processos de formação e treinamento adotados não contribuem para uma visão abrangente acerca dos sistemas CAD. A tecnologia CAD é, segundo o ponto de vista adotado por este trabalho, fundamentalmente uma ferramenta de integração do processo projetual e da empresa como um todo, através de bancos de dados compartilhados e processos de difusão de informação inéditos, de alto potencial para melhoria dos níveis de qualidade dos produtos concebidos, bem como para a redução do tempo necessário a esta concepção. A visão do CAD como uma “prancheta eletrônica” é neste caso restritiva, equivocada e prejudicial ao desenvolvimento da competência do futuro profissional, posto que limitante de seu potencial de trabalho e do real aproveitamento de novas tecnologias. Segundo VELASCO e BITTENCOURT (1995), a partir da experiência junto ao ensino de engenharia em uma faculdade paulista:

“A simples introdução de matérias optativas, de curta duração, isoladas no seu contexto, visando o ensino de software, pode ser necessária mas, certamente não é suficiente para que a computação gráfica seja incorporada ao universo dos alunos (...) Mesmo com o

⁵⁶Neste caso, não se pode dizer que o terceiro grupo, composto por usuários “informais” de CAD tenha realizado avanços significativos, visto que o curso abordava princípios básicos de utilização do sistema, que já eram, em grande parte, de conhecimento do grupo.

⁵⁷ Este problema torna-se ainda mais evidente em aplicações voltadas, por exemplo, à comunicação visual. Atualmente é fácil reconhecer, através de uma peça gráfica, qual o programa utilizado em sua geração. A aplicação de recursos peculiares a cada software é muitas vezes explorada ao extremo, levando a resultados muitas vezes deploráveis.

aumento do uso de computadores nas Faculdades de Engenharia, falta adequar essa nova tecnologia ao processo pedagógico.”

As mesmas autoras sugerem algumas dificuldades enfrentadas:

“- Há falta de um objetivo claro do que se pretende com a inserção da tecnologia computacional gráfica no ensino da engenharia;

- Não há suficientes estudos e pesquisas sobre o assunto que possam proporcionar uma reflexão crítica e desenvolvimento de teorias e metodologias de ensino.”

II.4.3. ALGUMAS PROPOSTAS.

A visão atual dos alunos acerca da informática em geral e dos sistemas CAD em particular não é diferente daquela observada entre a maioria dos diretamente envolvidos com estes sistemas nas empresas pesquisadas. A visão pouco abrangente acerca das novas tecnologias tem trazido problemas como decepção com os resultados e falsas expectativas em relação à informatização nas empresas, o que se reflete nas escolas (e vice-versa). Sendo assim, uma possível saída para este problema esteja em dois caminhos: (1) a formação consistente dos usuários (diretos e indiretos) de sistemas CAD e (2) a criação de uma visão crítica com relação aos problemas de sua implantação e aplicação. Por formação consistente em relação ao sistema CAD (e à informática de uma forma geral) pode-se entender uma visão abrangente de suas aplicações, com sua aplicação em todas as etapas do trabalho, e não somente em atividades de desenho: utilização de redes para comunicação, pesquisa e levantamentos de mercado, geração de cronogramas de trabalho, elaboração de relatórios, planilhas, listas de material e outros itens podem ser realizados através de meios informatizados, o que nem sempre ocorre na prática.

Se o usuário consegue romper a denominada *barreira informática* (descrita por BAGNARA, op. cit.), será muito mais simples utilizar-se de programas CAD, inerentemente complexos. Para estes, o *software* CAD continuará sendo um programa complicado e extenso, mas será sempre “*mais um programa*”, para auxílio a uma atividade profissional. Um curso básico de treinamento em CAD pode ter uma carga horária de até quarenta horas (no caso do AutoCAD, nível básico em 2D), podendo ser realizado em qualquer tempo, mesmo na empresa, já durante a vida profissional.

Uma visão abrangente das oportunidades oferecidas pela informatização nas diversas etapas de projeto, por outro lado, deverá ser fornecida primordialmente pela formação acadêmica. Afinal de contas, a principal tarefa do projetista não é a mera execução de desenhos para o cliente, mas sua atuação como gerente de todo o processo de concepção do produto, em suas diversas etapas. A enorme quantidade de dados a serem levantados e trabalhados pelo pessoal envolvido em projeto requer formas eficientes de auxílio informatizado, o que somente poder ser realizado através da adoção consistente (e consciente) de sistemas CAD adequados às necessidades de projeto.

III. O Papel do Setor de Projetos na Engenharia Simultânea.

"A pizza is a product of creativity. Consider it from the standpoint of function (good and nourishing), price, practicality (it can be eaten without the use of cutlery) ease of production, shape and colour (grey and blue be wrong) pizzas take a place among products of design. (...) Styling is the oregano on the pizza".

Bruno Munari, Designer Italiano⁵⁸

O setor de projetos em uma empresa é basicamente responsável, segundo a diretriz 2210 da VDI (*Verein Deutscher Ingenieure*, Associação dos Engenheiros Alemães), citada por SCHEER (1993), pela elaboração de novos projetos, adaptação de já existentes, projetos de variações e projetos normalizados e fixos. Segundo o autor, o processo de elaboração de projetos pode ser subdividido da seguinte forma:

- Concepção: Análise de especificações, compilação de variações de soluções e sua avaliação;
- Desenvolvimento: Especificações do conceito de solução, projeto em escala, construção de modelos, avaliação de soluções;
- Detalhamento: Representação das partes individuais e avaliação de soluções.

Esta visão acerca do processo projetual, apesar de pertinente, nos parece demasiadamente simplificada. O papel do setor de projetos é bem mais complexo do que pode parecer em princípio, principalmente nos casos de produtos que possuam níveis relevantes de inovação, como os colocados na condição de novos projetos (e não da adaptação ou melhoria de produtos já existentes). Sendo assim, torna-se interessante uma investigação um pouco mais profunda das funções deste setor e das diferentes metodologias utilizadas para a concepção de produtos, colocados aqui de maneira bastante ampla. Segundo este raciocínio, qualquer objeto - um parafuso, um prédio, um avião - concebido pelo homem é um produto, embora as metodologias e processos apresentados estejam em sua maior parte centrados no desenvolvimento de produtos industriais, fabricáveis em série. A seguir estão colocadas de forma sucinta as principais formas de contribuição de sistemas informatizados à atividade projetual.

⁵⁸ Publicado no jornal *La Stampa*, em 22 de outubro de 1983 e citado por GRAVES (1988).

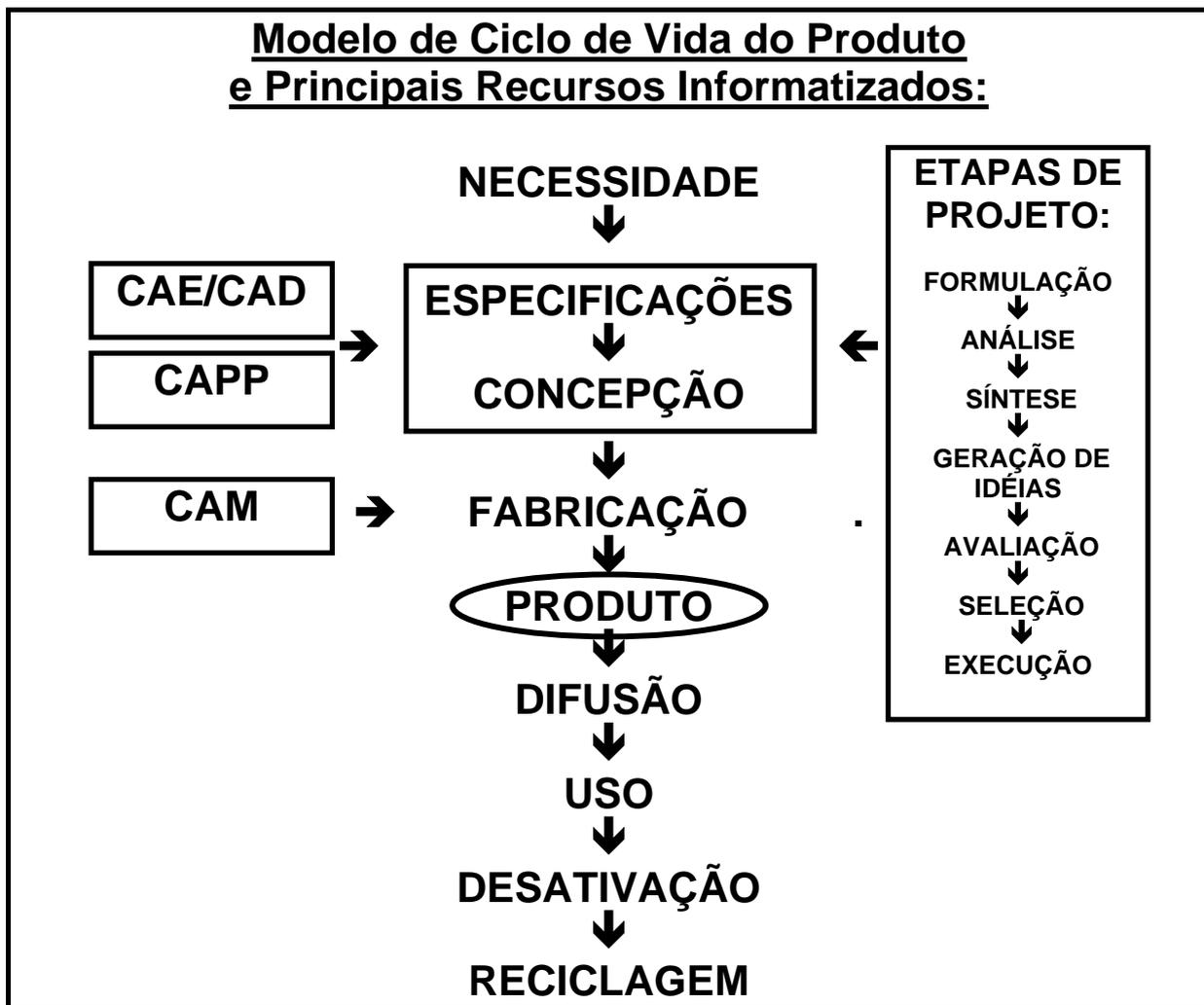


Figura 2. Adaptada de “Modelo de Ciclo de Vida do Produto”. Fonte: MEDEIROS, 1995.

III.1. PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PROJETO DE PRODUTO.

O desenvolvimento de projeto de produto consiste basicamente na transformação de idéias e informações em representações bi ou tridimensionais. A atividade principal de transformação ocorre entre um estágio inicial de busca de informações, assimilação, análise e síntese; e um estágio conclusivo no qual as decisões tomadas são organizadas num tipo de linguagem que possibilite a comunicação e arquivamento dos dados e a fabricação do produto. O processo projetual pode desta forma ser dividido em etapas, de forma semelhante aos processos de resolução de problemas de qualquer tipo. A partir das características de cada produto concebido, BACK (1983) diferencia dois tipos de projeto: aquele desenvolvido por evolução e outro, por inovação.

III.1.1. PROJETOS POR EVOLUÇÃO E INOVAÇÃO.

Os projetos por evolução seriam aqueles nos quais as descobertas científicas e tecnológicas são agregadas a modelos precedentes, sem que haja entretanto modificações radicais nos princípios tecnológicos do produto. Um exemplo deste tipo, na área da informática, é o das impressoras. O mercado foi até o início da década de noventa basicamente dominada por impressoras do tipo matricial, com diferentes modelos cuja crescente sofisticação refletia uma evolução tecnológica constante. Este mercado foi, no entanto, ameaçado pelo aparecimento das primeiras impressoras de tecnologia laser, que ofereciam significativo aumento na qualidade de impressão, apesar de custos bastante elevados. A tecnologia laser associada à impressão pode ser considerada como uma forma de projeto por inovação, onde uma nova tecnologia rompe com as condições do mercado.

O surgimento das impressoras de tecnologia laser não representou, entretanto, uma definitiva ameaça ao mercado das matriciais devido, principalmente, ao alto custo representado pelas novas impressoras em relação às já existentes. O que houve foi uma segmentação deste mercado, com as impressoras laser ocupando determinados nichos onde a qualidade de impressão representava um fator fundamental e onde havia a necessidade de grandes tiragens de documentos personalizados (extratos bancários para envio pelo correio, por exemplo). Se as impressoras de tecnologia laser não foram suficientes para abalar definitivamente o mercado das matriciais, o crescente desenvolvimento da tecnologia de impressão a jato de tinta parece trazer este perigo, oferecendo uma impressão de alta qualidade (embora não atinja ainda os níveis de algumas das impressoras a laser), a preços cada vez mais baixos, competindo diretamente em nichos de mercado pertencentes às duas outras tecnologias.

Pode-se dizer que, atualmente, a série de projetos evolutivos das impressoras matriciais está praticamente suplantada pelo impacto de projetos baseados em inovação, seja no caso das impressoras a laser como, principalmente, nas baseadas em jato de tinta (para aplicações domésticas e de pequenos usuários, no denominado mercado SOHO - *Small Office and Home Office*). O mesmo ocorre em relação os *plotters*, equipamentos periféricos de sistemas CAD responsáveis pelo traçado em elementos físicos (papel, acetato etc.) que também enfrentam a concorrência da tecnologia de impressão a jato de tinta, que começa a tornar-se economicamente viável nesta área.

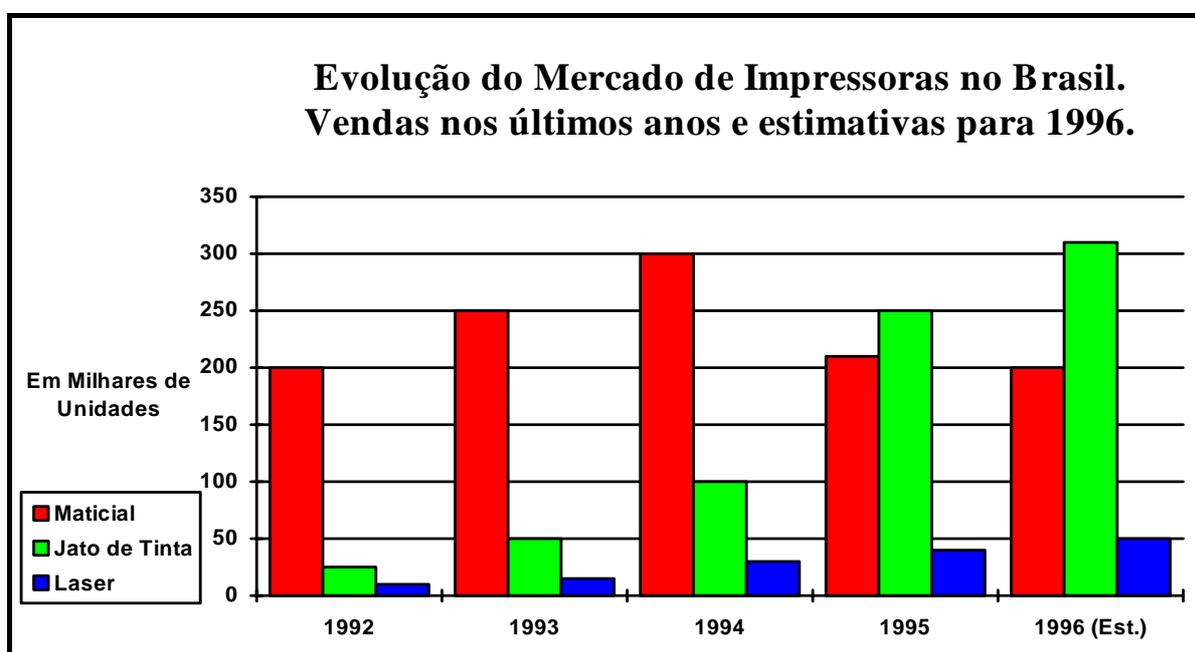


Figura 4. fonte: RIMA Impressoras, citado por INFORMÁTICA EXAME (1996)

A metodologia de desenvolvimento de produtos proposta por MEDEIROS (1981), apresenta como característica marcante um alto nível de detalhamento, em especial na etapa de análise. Além disso, pode-se observar um cuidado do autor em determinar os diferentes níveis do projeto, desde sistemas completos até peças isoladas. Estes dois aspectos representam uma importante referência para alguns problemas bastante sérios. O autor apresenta diversas formas de desenvolvimento do processo projetual, entre seqüências predominantemente lineares ou aquelas em que há o desenvolvimento paralelo de várias etapas. Na metodologia apresentada, é sugerida a possibilidade de que a etapa referente às diversas análises realizadas possa ser realizada de forma paralela, “de acordo com a equipe e o tempo disponíveis”. Neste ponto estão dois elementos cruciais no desenvolvimento projetual: a equipe responsável e o tempo disponível. Ora, a crescente complexidade tecnológica dos produtos desenvolvidos tem praticamente eliminado a figura do “inventor solitário” que domina todo o processo de concepção e apresenta soluções sem a utilização de uma metodologia definida⁵⁹. Em seu lugar surgem equipes cada vez maiores, especializadas no desenvolvimento de projetos em suas várias especialidades.

⁵⁹ Esta imagem, que JONES (1970) define como “a visão do designer como um mago” é muito bem representada por personagens amalucados de histórias de ficção, sempre às voltas com novos inventos, como o Prof. Pardal, criação de Carl Barks para os Estúdios Disney.

Se a criação de equipes ou centros de pesquisa torna-se um recurso inestimável à atividade projetual, traz em se bojo uma série de complicações, basicamente relacionadas à necessidade de um efetivo e adequado gerenciamento de todo o pessoal envolvido e, principalmente, da informação que circula entre os diferentes grupos. As questões apontadas sugerem, em princípio, a concentração de tarefas em pequenos grupos, formados por elementos de diferentes especialidades ou, por outro lado, a criação de estruturas que permitam a interação de diferentes equipes. A formação de uma pequena equipe de projeto apresenta a inegável vantagem da circulação das informações de forma praticamente imediata. A realização de reuniões periódicas, neste caso, é bastante facilitada, tendo em vista a proximidade física e a na maior parte das vezes estreita relação profissional existente entre os diferentes membros⁶⁰. Esta solução, entretanto, apresenta seus limites tendo em vista a limitação prática da abrangência tecnológica do produto. Projetos de mobiliário, por exemplo, podem ser desenvolvidos por pequenos grupos de projeto (ou mesmo individualmente), tendo em vista as características específicas da tecnologia utilizada na fabricação do produto. No caso de um automóvel, por outro lado, estão envolvidas no mais das vezes centenas de pessoas, em diferentes empresas e países, com responsabilidades diversas sobre o produto final, desde a concepção da carroceria até o dimensionamento de pequenos parafusos para fixação de componentes.

A complexidade verificada na maioria dos projetos de design e engenharia atuais, portanto, acaba por impedir na prática que o trabalho seja inteiramente desenvolvido por um único grupo, de forma isolada. Diversas equipes cooperam entre si, e contribuem para um bom resultado de conjunto final. Durante o desenvolvimento do empreendimento, uma grande quantidade de informação circula entre os participantes. Relatórios técnicos, memoriais de cálculo, memoriais descritivos, especificações, plantas, esquemas, desenhos técnicos de detalhamento e montagem exemplificam o conjunto de documentos que compõem um projeto. O projeto um automóvel americano demandava, nos anos oitenta, mais de sessenta meses de trabalho por 900 pessoas, em um total de 3,1 milhões de horas. Na mesma época, projeto semelhante desenvolvido pela indústria japonesa ocupava 1,7 milhões de horas de trabalho em 46 meses, por 500 pessoas⁶¹ (CLARK, FUJIMOTO e CHEW, 1987, e FUJIMOTO, 1989). Apesar de números bem menores, ainda assim tratam-se cifras impressionantes. A partir destes exemplos, podem-se avaliar as dificuldades advindas do gerenciamento de desenvolvimento de produtos. Em casos como estes torna-se impossível, na prática, a centralização do projeto em pequenas equipes dedicadas.

Outro problema extremamente sério neste campo está na questão do tempo de desenvolvimento de projeto. Utilizando-se ainda o exemplo anterior, pode-se perceber que, em comparação com a indústria japonesa, nos EUA leva-se (ou levava-se, na década de oitenta) o dobro do tempo (em horas de trabalho) para o desenvolvimento do projeto de um automóvel, com quase o dobro de pessoas envolvidas. Neste caso, não é de forma alguma surpreendente o sucesso conseguido pela indústria automobilística japonesa, tendo em vista o fato de que ela é capaz de responder aos anseios dos consumidores (futuros usuários de seus produtos) com muito mais rapidez. Embora de uma forma bastante simplista, pode-se dizer que, na década de oitenta, os carros japoneses eram lançados três anos antes do que os americanos cuja concepção se iniciava na mesma época, ou seja, os automóveis americanos já chegavam três anos mais velhos ao mercado.

O papel do design e da engenharia nestes casos é flagrante. Um processo projetual estruturado e bem conduzido é uma peça-chave para a conquista e manutenção de mercados. O processo de design e o desenvolvimento de novos produtos assume importância crescente em um cenário de alta competitividade a nível mundial como vem ocorrendo desde o início da década de oitenta. Com a globalização da produção, de nada adiantarão produtos obsoletos, cuja vantagem competitiva seja sustentada somente pelo fator preço de compra. O destino destes produtos será cada vez mais os mercados marginais, seja interna ou externamente ao país produtor. Para a agilização do processo projetual como um todo, no caso de produtos que envolvam grandes equipes e a necessidade de interação e integração entre diferentes setores, ou mesmo entre várias empresas, torna-se crucial um fluxo eficiente de informações (ou de conhecimento). O conhecimento deve estar disponível em tempo hábil e destinada à pessoa certa, para que o processo tenha andamento eficiente. De nada adiantará uma difusão descontrolada de informações, se cada um dos envolvidos não possuir meios de determinar e localizar as formas de conhecimento de seu interesse.

⁶⁰ Mesmo nos casos de equipes relativamente grandes, a proximidade física pode ser bastante positiva em termos de circulação de informação. Em uma das empresas pesquisadas, mesmo a partir da implantação de uma rede local a concentração das diferentes equipes de projeto em um mesmo espaço físico foi considerada positiva, tanto pela gerência como pelos projetistas, em função de uma maior "sinergia" entre o grupo.

⁶¹ No Japão, o tempo de fabricação do protótipo é de 6,2 meses, em média, exatamente a metade do tempo utilizado nos EUA.

Há um outro exemplo que ilustra bem o problema do desenvolvimento de projetos envolvendo tecnologias sofisticadas e processos “globalizados” de produção. O novo avião Boeing 777 possui componentes fabricados em países tão diferentes como Austrália, Brasil, Japão, Itália, Canadá, França, Coreia do Sul, Singapura⁶² e Irlanda. Como gerenciar equipes de projeto das diferentes empresas envolvidas, situadas a tão grande distância e de tão diferentes “procedimentos culturais”? A utilização de sistemas CAD pode auxiliar em muito a difusão e intercâmbio de informações em tempo real, mesmo a grandes distâncias. Neste caso, a empresa que desenvolve o projeto poderá consultar seus fornecedores a respeito das características mecânicas de determinada peça, bem como sugerir alterações pertinentes. As vantagens trazidas pela adoção do CAD, entretanto, somente poderão ser efetivamente observadas a partir de modificações implantadas no próprio processo projetual, adequando-o às novas ferramentas tecnológicas.



Os sistemas CAD permitem, desta forma, o desenvolvimento simultâneo de diversas fases do projeto, a partir de um compartilhamento adequado das informações geradas. O CAD torna-se nestes casos uma poderosa ferramenta de integração, permitindo já na fase de projeto, se obter uma representação bastante precisa do aspecto final do sistema, simular sua operação e prever eventuais erros de projeto. Desta forma, o CAD vem de encontro às necessidades de uma forma específica de desenvolvimento de projeto, denominado Engenharia Simultânea⁶³.

III.3. A CONTRIBUIÇÃO DO CAD PARA IMPLANTAÇÃO DA ENGENHARIA SIMULTÂNEA.

⁶² Segundo o Dicionário Escolar da Língua Portuguesa: "As grafias erradas Cingapura e cingapurense provêm de um texto das "Peregrinações" de Fernão Mendes Pinto, do séc. XV, época em que não se cogitava dos problemas ortográficos. (...) Singapura vem do sânsc. *sinh* (leão) e *pura* (cidade)."

⁶³ Também denominada Engenharia Concorrente (MOREIRA, 1993) ou Paralela (KOVESI 1993).

A Engenharia Simultânea (também denominada concorrente ou paralela) pode ser considerada, segundo COSTA (1994), como:

"Uma metodologia para desenvolvimento de projetos que propõe a realização de muitos processos pertencentes ao ciclo de vida do produto de forma simultânea (paralela), usando um time de projeto multidisciplinar e dinâmico e ferramentas automatizadas para a realização dos processos componentes."

Por "time de projeto multidisciplinar e dinâmico" deve-se entender: um determinado conjunto de pessoas com conhecimentos em várias áreas concernentes ao projeto em desenvolvimento, que é alocado para vários projetos ao mesmo tempo, independentemente da estrutura organizacional da empresa.

"Engenharia concorrente é um método sistematizado para o projeto concorrente e integrado de produtos com seus processos, incluindo produção e suporte. Esta abordagem procura considerar, em princípio, todos os elementos do ciclo de vida de um produto, da concepção até a distribuição"⁶⁴ (REIMANN, 1992)

Neste caso, o projeto possui um enfoque voltado para seu papel como elemento de ligação entre os diferentes setores da empresa, como marketing, produção, compras etc. O produto assume desta forma o papel de função central da fábrica, elemento fim e principal objetivo da manufatura. Pode-se dizer que quanto menor e menos importante o papel do setor de projetos em uma empresa, menor seu potencial de avanço tecnológico e menos flexível sua linha de produtos. Este não é grande problema quando se tratam de indústria de processo contínuo, onde os altos custos de implantação e longos períodos de maturação e retorno de investimentos pressupõe uma certa "estabilidade tecnológica"⁶⁵. Entretanto, para empresas de produção seriada esta atrofia do papel do setor de projetos pode significar um fraco desempenho em termos de vantagem competitiva. O melhor exemplo da crescente importância atribuída ao setor de projetos e seu papel na posição de vanguarda assumida pelas empresas talvez esteja na indústria de informática, na fabricação de circuitos integrados de microprocessadores (os "chips" de computador).

"Apenas 15% do preço de um chip refere-se a custos com matéria prima, maquinário, energia e mão-de-obra. Os outros 85% são gastos com pesquisa ou trabalhos de engenharia e design" (NASCIMENTO, 1996).

A crescente importância do setor de projetos nas indústrias de produção seriada pode ser explicada também pelo próprio processo histórico de evolução do capitalismo, que sempre foi caracterizado pela alternância entre períodos cíclicos de crescimento e recessão. Os períodos de crescimento sempre foram caracterizados pela incorporação de novos mercados pelos países produtores, seja na época do colonialismo, no início deste século ou no período de pós-guerras. Ora, a produção em massa sempre foi caracterizada pela "imposição" de modelos ao mercado⁶⁶, sem maiores preocupações com diferenciação ou adequação a grupos específicos, com exceção de nichos bastante restritos, como os produtos destinados a consumidores de alto poder aquisitivo. A situação atual apresenta características bastante peculiares. O mercado mundial encontra-se, a grosso modo, esgotado em muitas áreas⁶⁷, e os consumidores estão cada vez sensíveis à questões como qualidade dos produtos e serviços, em detrimento de aspectos ligados diretamente a preços e níveis de oferta. Isto tem levado a um aumento na concorrência entre empresas e em uma preocupação cada vez maior no pronto

⁶⁴ Uma pequena discordância em relação ao ponto de vista do autor: o ciclo de vida do produto não pode ser considerado como limitado à sua distribuição, mas levar em consideração aspectos ligados às formas de uso, desuso e, cada vez mais, possibilidades de reciclagem.

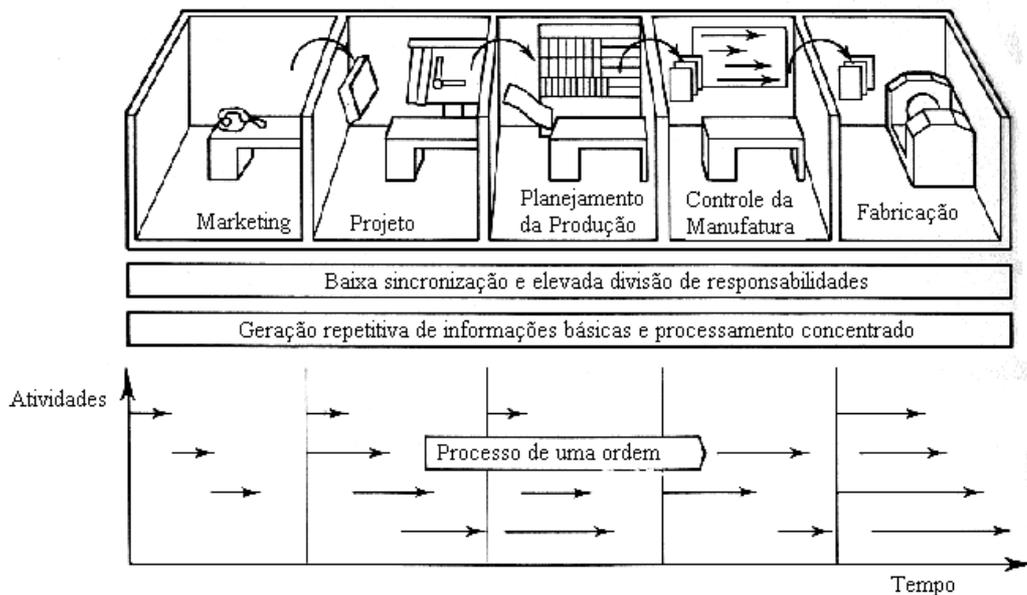
⁶⁵ Exceção, nas indústrias de processo contínuo, aos meios de controle da produção. Em algumas plantas mais antigas pode ser observada a evolução do sistemas de controle, desde sistemas pneumáticos descentralizados até a adoção de modernos sistemas de SDCD. A evolução destes sistemas ocorre muito em função de condições específicas deste tipo de produção, que muitas vezes oferece níveis de perigo bastante elevados, o que obriga às empresas monitoração constante e de forma cada vez mais eficiente. Apesar disso, pode-se dizer que ainda não existe solução adequada para este problema, que ainda é fonte de muitos estudos (como MARTINELLI, 199, DUARTE, 1994 e outros)

⁶⁶ Talvez o melhor exemplo desta "imposição" esteja na declaração, atribuída a Henry Ford, segundo a qual os consumidores de seus produtos poderiam comprar automóveis de qualquer cor, desde que fossem pretos.

⁶⁷ Dos grandes mercados mundiais, somente Brasil, Rússia, China e Índia podem ser considerados como "mercados emergentes", ainda ávidos por bens de consumo como eletrodomésticos e serviços de infra-estrutura (como transportes e telecomunicações) em larga escala. Isto explica em muito o interesse demonstrado por empresas multinacionais pelo Brasil após a abertura do mercado interno no início dos anos 90. Apenas como exemplo, enquanto a produção automobilística mundial encontrava-se quase estagnada, os níveis de crescimento observados no Brasil bateram recordes históricos em 1994 e 95.

atendimento das necessidades do mercado. As formas de produção, segundo LORINI (1993), evoluem para uma contínua redução dos lotes de fabricação, como forma de diferenciação dos produtos e com objetivo de manutenção do mercado. Para isso contribuem as diferentes formas de flexibilização na produção, como a adoção de novos modelos gerenciais e a introdução de sistemas informatizados, notadamente as tecnologias CAE/CAD/CAM. DOWLATSHAHI (1994) apresenta cinco enfoques básicos para a Engenharia Simultânea:

- Desenvolvimento de algoritmos e softwares adequados à integração das diferentes informações de manufatura;
- Integração através de aplicações CAD/CAM, com o desenvolvimento de sistemas de gerenciamento baseados no conhecimento (*knowledge-based management system* - KBMS);
- Consideração do design como princípio de projeção do ciclo de vida do produto como um todo;
- A montagem como uma função integrativa e interativa de todas as funções da manufatura;
- Ênfase em aspectos culturais e organizacionais como forma de criação de uma efetiva interação entre projeto e manufatura.



Um dos principais objetivos da Engenharia Simultânea é evitar que as diferentes funções na empresa sejam realizadas “entre muros”, como na figura acima.

Neste cenário, é essencial que o processo projetual esteja adequado às necessidades colocadas pelos novos padrões da concorrência. Neste sentido, a adoção de procedimentos que levem à engenharia simultânea atende à redução dos períodos de elaboração de novos produtos. Segundo KOVESI (1993), entre os preceitos básicos da engenharia simultânea (ou paralela, conforme o autor) está a informatização e interligação das várias etapas de um projeto visando a otimização da troca de informações entre os diversos membros, ou entre as diversas equipes de projeto. Ainda conforme este autor, os sistemas CAD aparecem como fundamentais para implantação da engenharia simultânea, atuando como ferramenta de aplicação das modificações propostas ao ciclo projetual. Para que esta situação seja viabilizada, é necessário que o sistema CAD esteja inserido dentro de um projeto amplo de agilização do fluxo de informações pela empresa. Esta não tem sido, entretanto, a estratégia adotada por empresas brasileiras (segundo MOREIRA, 1993), que em seus investimentos voltados à implantação de sistemas CAD e máquinas CNC⁶⁸ acabam por implantar cada sistema de uma forma isolada, o que leva a criação de “ilhas de automação” pela fábrica.

“A conseqüência direta desta abordagem é a descontinuidade e perda de informações causada pela incompatibilidade de padrões entre sistemas de diferentes fabricantes. Além disto, a ineficiência no tratamento da informação (como, por exemplo, sua

⁶⁸ De “Controle Numérico Computadorizado”.

inconsistência ou sub-utilização) praticamente inviabiliza qualquer tipo de integração. O uso destas tecnologias deve ser encarado como uma pequena parte das modificações necessárias no sistema de manufatura visando acréscimo de produtividade.” (MOREIRA, op. cit.)

Ainda segundo o autor, na maioria das empresas, os procedimentos relacionados à geração e circulação da informação não seguem procedimentos bem definidos, o que determina situações onde as informações são perdidas ou geradas inutilmente. Mesmo a utilização de sistemas informatizados não garante a melhoria deste quadro, podendo até mesmo contribuir para que se piore ainda mais a situação. Aumentando-se em muito as facilidades de acesso aos dados de projeto, sem que estes estejam organizados ou preparados para isso, o que pode ocorrer é uma espécie de *"overdose de informação"*, diante da qual a pessoa acaba por perder-se e/ou aumentar em muito seus esforços para procura e compreensão dos dados. Entre os principais problemas relacionados à dificuldade de armazenamento e reutilização de informações geradas, estão (1) modificações não documentadas em projetos, (2) ausência de padronização entre as informações da cada atividade e (3) geração de informações duplicadas e/ou inúteis. Estas situações são bastante comuns em situações reais e causas de grandes problemas para os processos de projeto e produção, além de representarem fonte de prejuízos relevantes para as empresas, tendo sido observadas em diversas empresas pesquisadas.

No primeiro caso, o trabalho entre equipes e departamentos diferentes é bastante prejudicado pela ausência de articulação entre os diferentes atores envolvidos. Modificações realizadas por determinado grupo não são informadas aos demais, o que gera problemas mais ou menos graves para a finalização e execução do projeto, quando as informações forem finalmente reunidas. Além disso, são comuns alterações de projeto *"de última hora"*, realizadas no nível de chão-de-fábrica e introduzidas sem que sejam comunicadas aos responsáveis pelo desenvolvimento do produto. Ora, muitas vezes pequenas falhas de projeto são descobertas pelo pessoal de produção. A não comunicação com o grupo de projeto pode potencialmente perpetuar de forma indefinida a repetição do mesmo erro. Foram observadas situações como esta entre algumas empresas pesquisadas, onde alguns desenhos gerados em CAD eram corrigidos diretamente em prancheta *"para agilizar o processo de correção"*, conforme um dos entrevistados. Segundo este, o desenho seria posteriormente corrigido na estação gráfica, atualizando o arquivo original. Entretanto, a realidade demonstra que isso nem sempre ocorre, acarretando perda de informação (no mais das vezes importante) para a empresa, visto que a cópia física corrigida não é destinada ao arquivo, já em formato digital. Resultado desta forma de trabalho na prática: no caso de nova utilização do desenho arquivado, haverá a repetição do erro e novamente a necessidade de alteração. Desperdício de tempo, de esforço, de material, ou seja, de dinheiro.

Na segunda situação, os problemas gerados por falta de padronização vão além das formas de trabalho. A geração de arquivos digitais em diferentes formatos pode representar um problema ainda maior, e mesmo dentro de um mesmo formato (ou entre formatos compatíveis) os entraves são bastante grandes. Dois casos observados durante a pesquisa de campo podem ser citados como exemplares:

No primeiro, a empresa montou um sistema bastante interessante para desenvolvimento de projetos de forma cooperativa junto a clientes, fornecedores e firmas agregadas. Os softwares gráficos, embora diferentes, eram teoricamente compatíveis entre si. Entretanto, no momento da transferência de arquivos, algumas informações relativas a funções presentes em um programa e não em outro eram perdidas e/ou não convertidas. Desta forma, muitas vezes o desenho estava *"truncado"* ou incompleto, o que obrigava os projetistas à ingrata tarefa de longos procedimentos de adaptação.

No segundo, uma empresa promoveu a informatização (através da adoção de um modelo comum de sistema CAD, em termos de hard e software) de cinco de seus escritórios de projeto no Brasil, de forma independente. O resultado dessa estratégia foi percebido dois anos depois, na segunda etapa do projeto, a interligação dos escritórios (situados em Salvador, Belém do Pará, Vitória, Rio de Janeiro e São Paulo) via rede. Cada filial havia desenvolvido métodos e procedimentos próprios de trabalho (seja na ordenação dos níveis - *"layers"* - no desenho, na distribuição de elementos por estes níveis, nos códigos de nomenclatura para os arquivos etc.) sem levar em consideração as necessidades e características das demais. O resultado foi uma grande confusão entre os diferentes padrões e uma acirrada disputa entre aquele que seria considerado como um modelo a ser seguido pela empresa como um todo, sendo impossível na prática definir um procedimento comum, que atendesse a todos de forma adequada, sem representar a imposição de determinada filial. Isto representa no mínimo a necessidade de adaptação de uma série de princípios já implantados e desenvolvidos, com perda de tempo e recursos.

A ausência de uma efetiva integração entre as diversas equipes de projeto e produção obriga ao re-trabalho em diversas etapas de geração de informações de projeto. É muitas vezes mais fácil refazer cálculos e desenhos do que buscar esta informação em outros departamentos. Na verdade, os três problemas apresentados possuem uma origem comum, ou seja, a ausência de um efetivo gerenciamento do trânsito e difusão das informações geradas durante o processo projetual. É importante considerar também que não basta simplesmente difundir as informações pela empresa, mas torná-las acessíveis em tempo hábil aos interessados, de forma pertinente, oportuna e compreensível.

III.3.1. INTEGRAÇÃO VIA ENGENHARIA SIMULTÂNEA.

Na engenharia simultânea, o trabalho entre diferentes equipes é viabilizado por uma rígida padronização de procedimentos, de forma a possibilitar que todos os envolvidos possam se entender na prática, evitando a perda de tempo e a desperdício de recursos de forma desordenada. As dificuldades de gerenciamento de projetos naturalmente crescem na direta proporção da quantidade de pessoas envolvidas e da complexidade tecnológica do produto. A tendência de globalização financeira e tecnológica trazida pelas facilidades de comunicação permitem que um projeto seja desenvolvido ao mesmo tempo em diferentes partes do mundo, possuindo componentes concebidos e fabricados em diferentes países, em espaços de tempo cada vez menores. A engenharia simultânea tem como pressuposto fundamental a realização de diferentes fases do processo projetual (incluindo, além do projeto do produto, projeto de sistemas, componentes e processos de produção) de uma forma mais ágil (em especial em casos que envolvam grande grupos de projetistas) e/ou ao mesmo tempo. Para que isto efetivamente ocorra, entretanto, é necessário que exista um eficiente sistema de troca de informações entre os participantes do projeto, seja a nível de grupos ou equipes de trabalho como entre empresas responsáveis por diferentes sub-projetos. Uma eficiente comunicação permite a redução do número de erros e evita a repetição de tarefas, algumas das maiores fontes de perda de tempo e de prejuízos durante o projeto "convencional". É um preceito básico a existência de uma interface eficiente entre diferentes equipes de projeto, de forma a possibilitar que o desenvolvimento seja realizado através de processos interativos, isto é, que a troca de informações seja realizada em tempo hábil e de forma eficiente, reduzindo o dispêndio necessário para o desenvolvimento de projetos. A existência de uma base de dados consistente permite que exista comunicação constante entre os envolvidos no desenvolvimento do projeto, de forma a que sejam reduzidos ou mesmo eliminados problemas como a geração de dados não compatíveis ou redundantes.

The ability to productively share design data among concurrent engineering team members is critical to successfully implementing a concurrent engineering methodology. In the concurrent process, the product structure is the focal point for all design deliverables. (LINDEMAN e WIJAYA, 1992)

O projeto de produtos é normalmente realizado em várias fases, através da interação de diferentes grupos, de diversas competências (design, mecânica, eletrônica, hidráulica etc.). A realização de projetos de grande porte é muitas vezes dificultada por questões ligadas à problemas de comunicação e isolamento físico e/ou organizacional das diferentes equipes. Uma alternativa utilizada está na centralização da atividade de projeto em pequenos grupos, fisicamente concentrados, de forma a proporcionar ostensivo contato pessoal, tornando o processo de comunicação imediato e bastante informal. Entretanto, a partir da crescente sofisticação tecnológica observada em produtos, torna-se inviável na prática o domínio das informações pertinentes ao desenvolvimento do projeto por uma só pessoa ou mesmo por um pequeno grupo. Além disso, as informações geradas na concepção do produto devem estar acessíveis aos responsáveis pela definição e planejamento dos meios de produção o mais rápido possível. O tempo é, cada vez mais, determinante para o sucesso no lançamento e evolução de produtos. Esta questão chega ao extremo em casos como o de carros de corridas de fórmula um, conforme descrito por BAK, BARTLETT e HARS (1995):

"Four short months separate each Formula One season, a tour that takes this year's 14 teams to grand Prix events on five continents. At peak season, a mere two weeks separates individual events. It is said that Formula One drivers race against each other, but F-1 engineers race against the clock. Grand Prix motor racing means speed - but not just around the circuit. No less critical is the turn-around time for engineering design, modification, and parts fabrication. Between some Grand Prix stops, engineers have to re-draw parts of the car, manufacture the modifications, and have the car up and racing in less than fortnight. But all these are not possible without the help of CAD, CAM, CAE. These tools not only enable team engineers to turn around or modify designs but they speed complete redesign during the off season".

Para reduzir o tempo necessário ao lançamento de produtos, é necessário reduzir também o período de planejamento dos processos de produção. A possibilidade do projeto simultâneo de produtos e processos ocorre em função da estreita ligação entre os diferentes grupos responsáveis por cada uma das disciplinas envolvidas. Tendo a equipe de projeto de processos informações consistentes e atualizadas a respeito do desenvolvimento do produto, poderá iniciar o projeto das linhas de produção, de forma a agilizar o processo projetual como um todo. O que ocorre no processo tradicional de projeto é que as informações só estão disponíveis para um grupo a partir do fim do trabalho por outro, o que gera um evidente desperdício de tempo. Por outro lado, a difusão de informações de forma desordenada poderá trazer sérios riscos ao projeto, tendo em vista a possibilidade de desenvolvimento de soluções conflitantes.

"The development of products in large industrial organizations involves numerous engineers from different disciplines working on interdependent components of the product with objectives that are sometimes in conflict. The need for overall coordination, consistency, control and integrity of data, design ideas and design rationale is critical. The information generated by each designer must be viewed in the context of information generated by other designers, and the enterprise as a whole." (MORENC e RANGAN, 1992)

Na verdade, a principal questão está no gerenciamento do processo projetual. O gerente (ou gerentes) responsável deve ter o total controle sobre o fluxo da informação, o que não é de forma alguma um aspecto trivial. Na verdade, pode-se dizer que o principal problema não está na busca de soluções técnicas para o gerenciamento de informação, mas na organização de um método que atenda às necessidades de cada um dos envolvidos no processo e permita um adequado acompanhamento deste como um todo, com um efetivo controle de sua evolução. ASHLEY (1992) descreve um estudo segundo o qual, com o uso de ferramentas de Engenharia Simultânea é observada uma redução em 60% no tempo de projeto, em um estudo de caso realizado em uma empresa aeronáutica, para o projeto de um novo motor. Segundo o autor, os maiores desafios estão nos meios de comunicação, permuta de informações e coordenação de projeto.

Para que exista um controle efetivo da informação de projeto e sua difusão através dos vários grupos envolvidos, é essencial que exista um sistema eficaz de comunicação através da estrutura da empresa, além de meios e sistemas tecnologicamente confiáveis que permitam que esta comunicação seja efetivada. A Philips do Brasil, através de sua divisão Walita, é responsável pelos projetos relativos à centrífugas e liqüidificadores da empresa, a nível mundial (DISSY, 1995). Ora, para isso é essencial que exista um constante intercâmbio de informações com a matriz (na Holanda) e com as demais subsidiárias da empresa, em vários países do mundo (Áustria, Inglaterra, México, Singapura e Japão), para que as informações relativas a diferentes projetos sejam imediatamente difundidas e assimiladas. Não se tratam, entretanto, somente de questões ligadas à sistemas de comunicação do ponto de vista tecnológico. Uma estrutura empresarial que permita a troca de informações entre diferentes departamentos envolvidos com o projeto, sem entraves burocráticos, é essencial para a agilização do processo projetual e aplicação da Engenharia Simultânea. Uma empresa cujos padrões de comunicação sejam pautados por procedimentos calcados pela hierarquia representa um obstáculo em potencial para o desenvolvimento do projeto. JUDD (1993) chama a atenção para a distância entre a mera adoção de soluções técnicas e a solução dos problemas na empresa, sem que esta adoção seja acompanhada do que o autor chama de "mudanças nos processos empresariais":

"Acronyms such as CAD/CAM/CAE and CIM have thrown technology solutions at these problems with little thought about the required underlying fundamental changes to the business processes. Simultaneous Engineering or concurrent engineering embodies a philosophical approach without substantial implementation details beyond formation of multi-functional teams. Many of these 'methods' lack detail to bridge the gap from conceptual thought to implementable techniques."

Em muitos casos, a comunicação entre departamentos é realizada através de memorandos formais ou relação viabilizada por contatos entre gerentes, o que significa demora e perda de conteúdo. Não raro uma informação solicitada por um projetista deve passar por três ou quatro níveis hierárquicos antes de atingir o interessado, o que demanda tempo e esforço exagerados. Os resultados desta situação são quase sempre a lentidão na solução de pequenos entraves, a perda de informações durante o processo e, devido a isso, a virtual desistência, por parte do projetista interessado, em grande parte das vezes, diante da estrutura burocrática imposta. Na verdade, muitos dos projetos hoje desenvolvidos exigem a participação de um expressivo número de especialistas, de diferentes campos do conhecimento e, muitas vezes, alocados em empresas distintas (e geograficamente distantes). O gerenciamento da informação entre estes grupos representa um dos maiores

problemas para o adequado desenvolvimento do processo projetual, e os métodos e princípios da engenharia simultânea mostram-se adequados a esta situação. Também as possibilidades oferecidas pela tecnologia da informação mostram-se como fundamentais para a resolução deste problema.

A aplicação de sistema CAD, associada a uma rede de comunicação eficiente e a aplicação de princípios de Engenharia Simultânea pode estimular a eficiência nestes processos. BARRET (1994) aponta uma série de vantagens para a adoção dos princípios da ES pela indústria britânica, inclusive a facilidade para a adoção e efetiva aplicação de sistemas CAD, embora chame a atenção para o fato de que trata-se de uma mudança de fundo cultural, que apresenta uma série de dificuldades e não se trata de um processo de mudança simples ou de curto prazo. Entre os princípios da engenharia simultânea está uma maior interação entre os diferentes grupos envolvidos com o desenvolvimento de projetos, como os responsáveis por outros setores da produção, que devem participar do processo projetual através de um efetivo *feed-back* a respeito de defeitos ou falhas ocorridas no chão de fábrica. Muitas das informações a respeito destes incidentes são perdidas em função da inexistência de canais de comunicação entre as diferentes esferas da empresa. Essa comunicação, se existe, ocorre no mais das vezes em função não de parâmetros ou procedimentos formalmente estabelecidos, mas de relações pessoais ou de proximidade física entre os atores envolvidos. No caso de empresas em que o setor de projetos está isolado do chão de fábrica esta comunicação torna-se muitas vezes inviável na prática.

III.3.2. ENGENHARIA SIMULTÂNEA E INFORMATIZAÇÃO.

Embora a Engenharia Simultânea não esteja intrinsecamente ligada à informatização, esta aparece como importante ferramenta para sua implantação, pois potencializa os efeitos de melhoria de comunicação e difusão de informações pela empresa. É correto afirmar que a implantação desta metodologia deve preceder a informatização do projeto, pois a informática não trará benefícios consistentes a empresa se o processo projetual estiver calcado em uma estrutura defasada. Mais uma vez se aplica uma regra chave para os processos de informatização: o computador não resolve um problema, mas apenas acelera uma solução. Se o processo for deficiente, a informática só virá a tornar mais evidentes as falhas. Por outro lado, a partir da implantação efetiva da Engenharia Simultânea, a informatização poderá atingir resultados bastante expressivos, pois aplica-se de forma bastante adequada às necessidades do novo processo de desenvolvimento de produtos. Em uma empresa cujas estruturas estejam efetivamente preparadas para uma adequada difusão das informações de projeto e onde existam condições para o trabalho interdisciplinar em equipe, ou seja, existam padrões eficientes e consistentes de trabalho, a introdução de sistemas CAD pode efetivamente refletir de forma positiva na agilização do processo projetual. Neste caso, o CAD virá atender a necessidades já verificadas no processo, ou seja, as características do sistema como viabilizador da formação de um banco de dados consistente que contenha as informações de projeto poderão ser efetivamente utilizadas simultaneamente e em tempo real por todos os envolvidos.

Na maior parte dos casos reais analisados, entretanto, o sistema CAD é aplicado em situações que refletem basicamente o processo de trabalho em prancheta, ou seja, o projeto realizado através de etapas sucessivas e basicamente independentes. Dentre as empresas pesquisadas, pode-se dizer que, embora em diferentes patamares de utilização do sistema CAD e possuindo características de aplicação bastante distintas, nenhuma foi capaz de promover formas consistentes de agilização do processo de projeto através da incorporação de soluções baseadas na tecnologia micro informática⁶⁹. O que se pode observar é que, embora atingindo resultados (na maior parte das vezes bastante restritos) de integração em um mesmo grupo, a aplicação do CAD como elemento e ferramenta de comunicação e integração é extremamente complexa no caso de uma maior interação entre diferentes disciplinas de projeto, entre diferentes grupo representados por chefias distintas. Para que seja possível o trabalho entre diferentes equipes e que não haja dúvidas quanto às informações difundidas, é importante que existam regulamentos bastante rígidos no que diz respeito à normalização de procedimentos e projetos, desde normas para elaboração de desenhos até para nomenclatura de arquivos⁷⁰. A utilização destes princípios será extremamente útil para viabilização do trabalho em grupo, especialmente em situações onde exista a necessidade de divisão de tarefas entre equipes isoladas fisicamente, como em projetos

⁶⁹ Mesmo nas empresas que efetivamente utilizam sistemas CAD em projeto, bem como naquelas que possuem formas de integração CAD/CAM, foi colocada de forma bastante contundente a vantagem da proximidade física das equipes, como forma de possibilitar uma real integração entre elas. Dessa forma, pode-se dizer que mesmo com a utilização de sistemas informatizados persiste a necessidade de formas de contato pessoal para a troca de informações e o desenvolvimento adequado do projeto, em uma situação de "sinergia efetiva".

⁷⁰ Que poderão adotar, por exemplo, princípios de tecnologia de grupo para sua organização em diretórios e rápida identificação em processos de pesquisa e busca de arquivos.

desenvolvidos ao mesmo tempo por empresas distintas ou por equipes de diferentes filiais da mesma empresa, situação que é cada vez mais comum.

III.4. NOVO MODELO DE GERENCIAMENTO DE PROJETO

Conforme já colocado, a Engenharia Simultânea consiste basicamente em um modelo de gerenciamento de projetos, muito mais do que um conjunto de inovações tecnológicas. Este caso requer uma forma de organização que ao mesmo tempo em que permita a liberdade para a difusão da informação e tomada de iniciativa por parte das várias equipes envolvidas no projeto, exija um rigor mais apurado e um maior controle em seu desenvolvimento, sob pena de que surjam conflitos de competências e obrigação entre os diversos atores. Assim como na implantação de sistemas CAD, a utilização de uma base de dados comum permite que sejam acessadas informações de projeto que antes só estariam disponíveis após a finalização do trabalho por determinada equipe. Esta disponibilidade, no entanto, não deve ser entendida como uma difusão de informação realizada de maneira indiscriminada. As equipes devem ter acesso privilegiado a informações pertinentes ao desenvolvimento de suas tarefas específicas, inclusive com diferenciação de níveis de acesso e permissão para realização de alterações. Desta forma, deve estar bem claro o papel de cada um no processo projetual, bem como devem ser definidas estratégias para que todos sejam informados de quaisquer alterações de projeto que lhes possam ser pertinentes. A difusão irrestrita pode levar a uma situação de "congestionamento" no fluxo de informações pela empresa, o que acarretará maiores dificuldades para seleção das informações pertinentes recebidas por qualquer dos envolvidos⁷¹.

O grande número de informações relacionadas ao projeto devem ser direcionadas de forma a atender aos interesses de cada um dos envolvidos. Não basta disponibilizar a informação, mas também fazer com que isso ocorra em tempo hábil e, principalmente, no lugar certo. O adequado gerenciamento deste fluxo de informação torna-se crucial para o sucesso da engenharia simultânea. A sobrecarga de informações a cada um dos envolvidos tornará muitas vezes difícil e demorada a seleção daquela necessária ao desenvolvimento do projeto. Por outro lado, a ausência de dados relevantes levará à perda de tempo em sua busca e, quanto maior a complexidade de cada projeto, potencialmente maior o tempo demandado para que seja encontrada a informação desejada. É fundamental, portanto, que o intercâmbio entre as diferentes equipes envolvidas ocorra de forma eficiente, sem que haja perda de tempo, seja na espera por informações como na repetição do trabalho devido a informações fornecidas incorretamente acerca de, por exemplo, alterações pertinentes ao projeto. Com todas as alterações propostas pela Engenharia Simultânea, o ciclo projetual acaba por tornar-se mais ágil, capaz de absorver mais rapidamente as modificações impostas no decorrer do processo de desenvolvimento de projetos e tornando este processo mais adequado às características do mercado, isto é, tornando a empresa capaz de responder mais rapidamente às necessidades colocadas por seus clientes. Além disso, a melhoria na interface entre os diferentes atores envolvidos no processo projetual trará benefícios importantes como a redução dos custos de projeto, devido à menor necessidade de repetição de tarefas e à diminuição de prejuízos relacionados à perda de informações durante o ciclo de vida do produto.

III.4.1. INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS E A ENGENHARIA SIMULTÂNEA.

A maior parte das empresas levantadas, desde ROMEIRO (1993), podem ser caracterizadas como "iniciantes" e despreparadas para um processo efetivo de informatização na área de projetos. Esta situação pode ser atribuída ao desconhecimento generalizado acerca das reais contribuições da informática ao projeto, bem como a questões ligadas aos processos de informatização correntes e, pode-se dizer, consolidados em outros setores. As primeiras áreas a serem informatizadas, ainda nos anos sessenta e através de grandes sistemas *mainframe*, foram aquelas que eram caracterizadas por um grande número de cálculos repetitivos, como departamentos de pessoal e contabilidade. Nestes casos, era relativamente simples transferir para a máquina atividades e procedimentos centrados em fórmulas que repetiam-se indefinidamente. Desta forma, criou-se um paradigma de informatização que gerou alguns princípios adotados até hoje, como a centralização de recursos e a atribuição de competências aos analistas de sistemas e pessoal de suporte nesta área.

⁷¹ Uma analogia interessante é a de uma mesa de trabalho repleta de memorandos e circulares, na qual o projetista tem que selecionar quais as informações pertinentes ao desenvolvimento de seu trabalho. Embora não se tenha levantado de forma quantitativa, foi colocado de maneira bastante contundente pela maioria dos entrevistados a dificuldade representada pela manipulação de inúmeros arquivos, mensagens de correio eletrônico e informações que muitas vezes eram irrelevantes ao trabalho desenvolvido. Além disso, esta situação pode ser facilmente observada, não somente nas empresas pesquisadas, mas também em inúmeros exemplos de utilização da informática em outras situações de trabalho.

Ora, a informatização da atividade projetual é muito mais do que a automação de procedimentos. Na verdade, apresenta oportunidades inéditas, como a possibilidade de trabalho conjunto entre grandes grupos e o intercâmbio de informações em tempo real⁷², em "workgroups" (ou grupos de trabalho). Nestes casos, não se trata de tornar mais rápido o processo existente (como na automação industrial rígida), mas possibilitar sua flexibilização e agilização para uma atividade de projeção mais rápida e eficiente. A atividade projetual caracteriza-se pela necessidade de rápidos e eficientes processos de geração e difusão de conhecimento. A informatização nestes casos deve ter por objetivo principal o suporte à criatividade e ao intercâmbio de informações entre diferentes projetistas envolvidos no projeto. Ao mesmo tempo em que a difusão da informação é fundamental, problemas ligados a questões de segredo industrial e segurança são críticas⁷³. Neste caso, as formas de abordagem para o problema devem ser pertinentes às suas características próprias, o que não é, de forma alguma, uma questão trivial. A informatização em projetos traz para o setor uma série de inovações ligadas à própria forma de estruturação do processo projetual, ou seja, para que a informática traga reais benefícios, é fundamental que todo o processo de projeto seja revisto em função das novas perspectivas apresentadas pela adoção de uma nova tecnologia. A respeito desta revisão, deve-se dizer que alguns dos objetivos propostos pela *reengenharia* (segundo HAMMER e CHAMPY, 1994) são bastante pertinentes, apesar das muitas críticas apresentadas a esta proposta (dentre as quais SEMLER, 1995, SCHWARTZ, 1995, e COSTA, 1995). Mais uma vez, não é o objetivo deste trabalho tecer comentários neste sentido, mas citar um exemplo colocado pelos primeiros autores, observado na Eastman Kodak Company. Neste caso, o desenvolvimento de uma nova câmara fotográfica descartável, que fizesse frente a modelo semelhante lançado pela rival Fuji em 1987. Segundo HAMMER e CHAMPY, o processo de desenvolvimento de produtos pela Kodak era "parcialmente seqüencial e parcialmente paralelo, mas inteiramente lento". Esta lentidão atribuída ao processo paralelo era causada por problemas de ajuste entre sistemas desenvolvidos simultaneamente, mas em separado e por equipes distintas. Foi adotada a seguinte a solução:

"A Kodak reformulou seu processo de desenvolvimento de produtos pelo uso inovador da tecnologia CAD/CAM (...). O simples trabalho na tela, em vez do papel, já tornaria os projetistas individualmente mais produtivos, mas tal uso da tecnologia exerceria um efeito apenas marginal sobre o processo total. A tecnologia que permitiu a reengenharia de seu processo é um banco de dados integrado de projeto de produtos. Diariamente, esse banco de dados coleta o trabalho de cada engenheiro e combina todos os esforços individuais em um todo coerente. A cada manhã, os grupos de projeto e projetistas individuais verificam no banco de dados se o trabalho do dia anterior de algum colega criou algum problema para eles ou para o projeto global. Em caso positivo, eles resolvem o problema imediatamente, e não após semanas ou meses de trabalho desperdiçado. (...) O novo processo da Kodak, denominado de Engenharia Coordenada, tem sido amplamente usado nas indústria automobilística e aeroespacial e começa a atrair adeptos na indústria de bens de consumo."

Em princípio, várias das observações dos autores mostram-se pertinentes, em especial com relação à vantagem muitas vezes marginal trazida pela maioria dos sistemas CAD levantados e ao real benefício destes sistemas, na elaboração de um banco de dados único, que possa ser acessado em tempo real e através do qual possam ser resolvidos o mais breve possível quaisquer formas de incompatibilidade nos diversos aspectos do projeto desenvolvido. Por outro lado, o que os autores chamam de "engenharia coordenada" pode ser considerada, na verdade, uma forma de Engenharia Simultânea bem desenvolvida e em funcionamento⁷⁴. Ora, se no processo de "desenvolvimento paralelo" de partes produtos surgiam muitas vezes problemas de incompatibilidade no final do processo, estes eram devido ao isolamento existente entre as equipes, ou seja, à falta de comunicação. Este problema não ocorre em função da ausência de sistemas CAD, mas da inexistência de canais eficazes para troca de informações. O CAD efetivamente contribui para tornar esta troca eficiente, mas

⁷² "Real Time", ou o processamento imediato dos dados inseridos, permitindo que as informações estejam imediatamente disponíveis em outros terminais de um mesmo sistema.

⁷³ Um dos entrevistados relatou o caso de uma empresa alemã (na qual trabalhou no início dos anos 90) que concentrava suas atividades de projeto em equipes de prancheta, somente utilizando-se de sistemas CAD após a definição do produto e partida para a produção. Principal motivo: busca de maior segurança pela dificuldade de reprodução de desenhos em meios físicos (é naturalmente muito mais fácil copiar detalhes de projeto através de disquetes). Em uma empresa pesquisada, dotada de um sistema de rede local, nenhuma das estações gráficas possuía "drivers" para disquetes. Todas as cópias em sistemas magnético ou meio físico são geradas somente através do servidor, pelo responsável pelo suporte técnico.

⁷⁴ MILLS (1995) chama a atenção para a crescente adoção dos princípios da Engenharia Simultânea na indústria aeroespacial americana, basicamente associados a inovações nas áreas de CAE/CAD/CAM. THOMAS (1994) aborda a implantação da Engenharia Simultânea na Ford Motors Company, que envolveu fortemente a utilização de sistemas CAD.

de nada adianta a tecnologia avançada se não existe um método de trabalho que incentive (ou mesmo obrigue) o intercâmbio de informações. Além disso, a combinação de *"todos os esforços individuais em um todo coerente"* não é, de forma alguma, uma atividade trivial. O gerenciamento do banco de dados resultante é tarefa de alta complexidade, bem como o desenvolvimento do software necessário à elaboração de uma estrutura de organização de dados, de formas e normas de acesso, além de maneiras eficientes e rápidas de verificação e comparação das diferentes contribuições de cada projetista ou equipe de trabalho⁷⁵. Na verdade, no mais das vezes torna-se necessária a elaboração de diferentes bancos de dados, que agreguem progressivamente as informações de cada disciplina, antes de cruzar tais informações com o banco de dados central.

"Current manufacturing system design methodologies produce multiple models of the eventual manufacturing system. The models reflect either the designers view of some subsystem, like materials handling, some level of abstraction, or some developmental stage in the design of the system. These models serve to break the complex system design into smaller, more manageable sized problems." (PARKS et al, 1994)

Esta forma de organização, mais do que um problema gerencial, acaba por tornar-se uma questão de implicações tecnológicas. É portanto sintomático o expressivo número de estudos relacionados ao desenvolvimento de softwares específicos para apoio à implantação da Engenharia Simultânea através da aplicação de sistemas informatizados (notadamente sistemas CAD), como MILLS (1995), WALLACE (1994) e BOURKE (1993), entre outros, além de todos os esforços relacionados ao desenvolvimento de sistemas de gerenciamento eletrônico de documentos, extremamente úteis em situações de projeto que envolvem grandes equipes e extrema necessidade de gerenciamento de informações.

"A remoção de milhões de toneladas de calcário não foi o único desafio enfrentado pelos construtores do Eurotúnel. A empresa anglo-francesa estabelecida para supervisionar o projeto também teve que gerenciar e distribuir mais de 250 mil desenhos de engenharia e documentos técnicos, arquivando-os por pelo menos 55 anos. O custo diário para a construção do túnel (...) foi superior a US\$ 5 milhões, tornando os atrasos ou erros devido a falhas no controle de documentos extremamente caros. Para evitar uma crise, o Eurotúnel implantou um sistema de gerenciamento eletrônico de documentos de engenharia (EDMS), conectando os usuários nos quatro canteiros em Sutton, Folkstone, e os portais do túnel em Calais e Folkstone. (...) Durante o pico da construção, (...) aproximadamente 30 mil desenhos A4 e 3,6 mil desenhos A0 estavam sendo digitalizados por semana." ASHTON (1996)

Apesar de exemplos como este, a engenharia simultânea deve ser vista muito mais uma metodologia gerencial e de projeto do que um conjunto de ferramentas tecnológicas. Pode-se afirmar, de qualquer forma, que este método é mais adequado às novas ferramentas informatizadas do que os métodos tradicionais (seqüenciais) de desenvolvimento de projetos, embora sua aplicação não esteja de forma alguma condicionada à utilização da informática. É importante notar, inclusive, que a adoção de sistemas informatizados de apoio à atividade de projeto e à transferência de informações entre os vários setores da fábrica deve ser precedida por um estudo consistente acerca do método de projeto utilizado. Antes da implantação do CAD, faz-se necessária uma revisão e organização do processo adotado. Essa postura, de que é necessário conhecer profundamente o processo para que se possa aprimorá-lo (e, mais do que conhecê-lo, efetivamente controlá-lo) é um princípio dos métodos de melhoria da qualidade que é muito freqüentemente citado como fundamental para obtenção de sucesso em processos de implantação de sistemas informatizados.

III.4.2. USO DE TECNOLOGIA MULTIDISCIPLINAR.

Desta forma, vários estudos (como por exemplo SHA, 1993, RUECKER, 1992, OKAWA et al., 1994) estão voltados para o desenvolvimento de software específicos para a implantação de sistemas de engenharia simultânea. Estes programas têm por objetivo fornecer suporte à difusão de dados e interface entre equipes envolvidas no processo de desenvolvimento de projetos, atuando no gerenciamento das informações pertinentes, para que estas circulem de forma eficiente pelas equipes envolvidas. Além disso, devem ser capazes de suportar as diversas mídias (desenhos, textos, planilhas, bancos de dados etc.) necessárias à adequada manipulação e arquivo de cada informação gerada. Do ponto de vista técnico, este parece ser o maior entrave à Engenharia

⁷⁵ Este problema tem sido objeto de estudos voltados para o desenvolvimento de sistemas informatizados de apoio ao trabalho entre equipes, especificamente para a Engenharia Simultânea, como em OKADA e ARAI, (1993).

Simultânea. Este aspecto, entretanto, parece caminhar para algumas soluções interessantes, conforme os artigos citados. A crescente "intercambiabilidade" entre diferentes softwares parece também indicar soluções. A versão Release 13 do AutoCAD, mais difundido software "low-end" do mercado, permite transformar um arquivo de desenho em um sistema *hipertexto*⁷⁶, com ligações diretas a outros arquivos, disponíveis em outros meios que sejam incorporados ao desenho dados relativos a outros meios, como textos, gráficos, bancos de dados e até mesmo, por exemplo, sons. Desta forma, pode ser criado um banco de dados associado, em que as informações estejam disponíveis de forma muito mais eficiente, proporcionando rápido acesso. Sons, imagens, maquetes eletrônicas, simulação dos processos de fabricação e uma enorme quantidade de informação podem acompanhar o "desenho técnico" em meios informatizados. A base técnica para isso, embora complexa, já é disponível.

Em verdade, a questão principal não é gerenciar bases de dados gráficas geradas em softwares diferentes (o que é ainda um grande desafio de base tecnológica), mas agregar de forma adequada todas as informações de projeto às novas mídias. Hoje um arquivo CAD não é somente uma versão eletrônica de um desenho realizado em prancheta (como é tratado na imensa maioria dos casos), mas sim um elemento multimídia, que pode agregar um imenso número de informações relacionadas ao projeto em desenvolvimento, o que era antes impossível através de meios físicos. Também para o gerenciamento de diferentes bases de dados envolvidos em projeto são sugeridos sistemas de hipermídia (LEUNG, 1995), capazes de suportar as diferentes mídias envolvidas no processo e facilitar desta forma um adequado gerenciamento do projeto. FRANZOSA (1992), chama a atenção para a necessidade de domínio e dificuldades de interação entre várias linguagens e tecnologias informacionais para a gerência de processo, como fator importante para a implantação de engenharia simultânea. Segundo o autor, algumas novas tecnologias como bases de dados relacionais e sistemas em rede podem oferecer uma alternativa a este problema. Para ATWOOD, (1992):

"Object-oriented technology promises to revolutionize the CAD industry and the computer industry at large. Object-oriented languages such as C plus plus are selling at phenomenal rates and object-oriented graphical interfaces such as Windows and Motif are becoming more and more prevalent in the CAD industry. However the third piece of the object-oriented puzzle, the Object-oriented Database Management System (ODBMS), is the key technology for increasing engineering productivity and ease of use, since ODBMSs will free engineers from manually managing their complex data in proprietary file systems and enable true concurrent engineering. ODBMSs offer full data sharing, database access, distribution, concurrency control, recovery, persistence, and integrity of data functions in today's distributed computing environments. ODBMSs provide the same - or better - performance rates as the proprietary file systems and enable concurrent engineering, so everyone involved in a design process can access data simultaneously and develop concurrently instead of sequentially." (ATWOOD, 1992)

Object-oriented programming language, ou linguagem de programação orientada ao objeto é, segundo PFAFFENBERGER (1992):

"Uma linguagem de programação não procedural na qual os elementos do programa são conceituados como objetos capazes de transmitir mensagens entre si. (...) Na programação baseada em objetos, os módulos são independentes a ponto de permitir que sejam copiados de um programa para outro. Isto abre a possibilidade de herança das características dos objetos; ou seja, o usuário pode copiar e incluir novas funções em um objeto antigo e, em seguida, incorporar esse objeto a outro programa. Não é necessário recriar o objeto".

As formas de programação orientada ao objeto, como C++, são mais extensas e possuem um grande número de informações, o que as torna inerentemente complexas, embora sua estruturação em módulos permita que esta complexidade não seja demonstrada ao usuário. Requerem maior quantidade de memória e velocidade

⁷⁶ Segundo LÉVY (1995):

"Tecnicamente, um hipertexto é um conjunto de nós ligados por conexões. Os nós podem ser palavras, páginas, imagens, gráficos ou partes de gráficos, seqüências sonoras, documentos complexos que podem eles mesmos ser hipertextos. Os itens de informação não são ligados linearmente, como em uma corda com nós, mas cada um deles, ou a maioria, estende suas conexões em estrela, de modo reticular. Navegar em um hipertexto significa portanto desenhar um percurso em uma rede que pode ser tão complicada quanto possível. Porque cada nó pode, por sua vez, conter uma rede inteira."

de processamento em relação às demais formas de programação, e estão bastante ligadas aos sistemas de interface gráfica. Outro recurso baseado em sistemas CAD apontada pela literatura como apoio à Engenharia Simultânea é a de modelamento de sólidos, onde o desenvolvimento de produtos pode ser desde o início gerador de informações bastante detalhadas de projeto:

"Computer solid modeling has enabled concurrent engineering to become the new approach to the process of detail design. It is possible to consider many facets of design, product testing and manufacturing simultaneously. Development of an integrated Computer-Aided Design and Manufacturing (CAD/CAM) data base from the computer solid model is the key element in communication and successful implementation of concurrent engineering. While generating a computer solid model, a design representation or model of the product is derived and a computer data base is being generated. This data base may be directly applied to all phases of design, analysis, prototyping, manufacturing, as well as marketing and packaging." (KRUEGER, 1995)

III.4.3. APLICAÇÃO INTENSIVA DE SISTEMAS CAD.

No caso dos sistemas CAD, o conhecimento e o adequado controle do processo projetual ocorre, dentre outros fatores, através de uma consistente normalização técnica e padronização de procedimentos, sem o que qualquer tentativa de informatização esbarrará em uma mistura de diferentes "estilos de trabalho". Em relação a este assunto, MATTOS (1991) adverte:

"Em qualquer sistema CAD, a padronização deve ser implantada prioritariamente, sob pena do sistema se tornar inviável a curto prazo. Se a empresa não possui uma cultura de padrões e normas já implementada para os processos manuais, é melhor adiar a aquisição do CAD até que esta cultura esteja solidificada".

Desta forma, deve-se levar em consideração que o CAD, assim como qualquer sistema informatizado, não é por si só elemento de melhoria de qualquer solução, mas simplesmente multiplicador da solução existente. Se esta é inadequada e apresenta deficiências, a implantação de sistemas de informação apenas servirá para trazer à tona uma série de problemas antes (mais facilmente) escamoteados. O princípio do caminho para o sucesso parece estar em uma definição correta do problema a ser enfrentado. Em muitas empresas, os sistemas CAD, bem como outras formas de tecnologia informatizada, são vistos como soluções técnicas miraculosas para o desenvolvimento de projetos. Esta visão é naturalmente distorcida pela imagem gerada pelos fabricantes desses equipamentos, que procuram demonstrar que a utilização de sistemas CAD, mais do que uma fonte de benefícios para a empresa é, na verdade, uma ferramenta *essencial* à modernidade. Sendo assim, não é estranho encontrar empresas que buscam aplicações adequadas ao CAD somente *após* a aquisição do sistema. Nestes casos, o sistema não surge como uma solução, mas como uma fonte adicional de problemas. Naturalmente que não é tarefa simples encontrar empresas (que admitam estar) nesta situação, mas pode-se desconfiar de relatos como *"após dois anos de experiência, o processo de implantação do CAD foi reestruturado em função de um novo sistema"* ou *"para ampliação do sistema foi adotada uma nova solução, radicalmente diferente da anterior"*⁷⁷

Ora, culpar o sistema CAD parece um caminho demasiadamente simplista para justificar o fracasso. Por outro lado, a idéia de que *"isto nunca poderia dar certo por aqui"* sugere algo ainda pior, a errônea noção de que os funcionários, a empresa, ou mesmo o país não estão preparados para as novas tecnologias. Esta situação pôde ser observada na CSN - Companhia Siderúrgica Nacional (ROMEIRO, 1993), onde o aparente fracasso da implantação do sistema CAD era fortemente atribuído à situação da empresa e ao fato de tratar-se de uma empresa estatal. Este moral baixo aparentemente estava ligado à estratégia privatizante do então governo federal, que notoriamente forçou a desmoralização do modelo de industrialização estatal como forma de pressionar a opinião pública a favor da venda de empresas públicas. De resto, em várias empresas foi observada a falsa idéia de que o problema era o Brasil, como se os processos de informatização em empresas no exterior fossem "cercados de flores". A própria disseminação da "cultura de CAD" e de informações sobre o assunto (e dos problemas existentes em qualquer caso) pelas empresas é o primeiro passo, no entanto, para modificar este

⁷⁷ Estas situações, observadas com freqüência entre as empresas pesquisadas, apresentam notável semelhança com artigos de divulgação encontrados na imprensa especializada no assunto, inclusive em relação às experiências realizadas em algumas empresas consideradas "de ponta" na indústria brasileira (como as citadas por LACHTERMARCHER, 1994).

quadro. Para uma eficiente aplicação dos recursos disponíveis nos sistemas CAD em processos de engenharia simultânea, devem ser analisados dois aspectos básicos: (1) quais as formas de contribuição que estes sistemas realmente oferecem ao processo projetual como um todo, de uma forma geral e (2) quais as formas específicas de contribuição para os problemas peculiares à empresa. Com relação ao primeiro aspecto, de nada adiantará a adoção de modernos sistemas informatizados se a empresa não estiver preparada para um efetivo gerenciamento da informação gerada durante os processos de projeto e produção. Muitas vezes a comunicação deixa de ocorrer de forma adequada devido a entraves ligados à estrutura da empresa ou, por outro lado, tudo ocorre devido a uma série de relações basicamente pessoais, que ocorrem à revelia das limitações impostas pela estrutura organizacional. Desta forma, fica claro que os conceitos ligados à engenharia simultânea somente poderão ser aplicados de forma consistente após uma reestruturação organizacional com vistas à permitir que todos os envolvidos no processo projetual⁷⁸ possam receber e fornecer informações pertinentes ao desenvolvimento do projeto. Somente após a consolidação deste ambiente propício à integração a implantação de novas tecnologias como sistemas CAD poderá surtir efeitos consistentes no que tange à integração e Engenharia Simultânea.

Na maior parte dos casos avaliados, as empresas não introduziram modificações relevantes no processo projetual, na estrutura da empresa ou mesmo do setor de projetos após a implantação do CAD, fazendo com que os esforços para validação do sistema e sua justificativa de aquisição fossem voltados quase que exclusivamente para aspectos ligados à aceleração pura e simples de determinadas etapas da atividade projetual (ou das atividades relacionadas ao desenho) como anteriormente desenvolvida. Entretanto, deve-se levar em consideração uma situação conflitante existente na maioria dos casos levantados: por um lado a necessidade de modificações estruturais na empresa com vistas à modernização de seu setor de projetos (ou, até mesmo, a sua própria permanência em um mercado cada vez mais competitivo e próximo de padrões mundiais de preço e qualidade) e por outro a resistência, determinada muitas vezes por tentativas de manutenção do "status quo" daqueles que serão evidentemente afetados pela mudança. Costuma-se imaginar que estas resistências são oriundas principalmente daqueles que, em princípio, são afetados diretamente pelo novo sistema, ou seja, os desenhistas e projetistas de prancheta. Entretanto, foram observadas formas mais ou menos veladas de posturas contrárias à implantação de novas tecnologias por parte do corpo gerencial responsável pelo setor de projeto, que muitas vezes teme pela perda de seu poder na empresa, especialmente diante da inserção de novos atores (analistas, pessoal de suporte, gerentes específicos para os sistemas CAD) no processo projetual.

Além destes, os novos profissionais de projeto representam séria ameaça em potencial, pois possuem um domínio muito mais desenvolvido das novas ferramentas tecnológicas. Naturalmente esta ameaça nem sempre é real, tendo em vista o fato de que o "saber tecnológico" da empresa muitas vezes vai além da utilização das novas ferramentas. Entretanto, em uma situação na qual palavras como "reengenharia", "globalização" e outras de conteúdo semelhante passam a fazer parte do dia a dia do mercado profissional qualquer ameaça torna-se preocupante⁷⁹. As formas de resistência por parte do *staff* gerencial são muitas vezes mais eficientes, menos perceptíveis e de mais difícil eliminação durante os processos de implantação de sistemas CAD, pois partem de pessoas que possuem na maior parte das vezes amplo poder decisório na empresa, podendo por isso atuar decisivamente para os resultados da aplicação de novas tecnologias e novos processos gerenciais (seja para seu sucesso ou para seu fracasso). Desta forma dificilmente um processo de implantação de sistemas CAD ou dos princípios ligados à engenharia simultânea poderá surtir resultados se não contar com o patrocínio ostensivo da alta administração e a compreensão do corpo gerencial. Este processo deve acontecer, pelo menos em seu estágio inicial, de cima para baixo.

A compreensão por parte dos escalões intermediários das empresas é essencial devido à importância de sua participação e de seu poder de difusão. A pesquisa realizada, entretanto, demonstra que isso nem sempre acontece, devido em muito à situação de insegurança que a aquisição de novas tecnologias costuma trazer para aqueles que, após mais de quinze anos de carreira esperavam ter atingido um patamar de segurança que as constantes inovações insistem em demonstrar que não existe. Mais um elemento pertinente à esta situação é o fato de que a maioria das empresas no Brasil passa atualmente por processos bastante dolorosos de

⁷⁸ Não somente o pessoal de projeto de produto, mas também do planejamento e controle da produção e do chão de fábrica, bem como áreas como vendas, marketing etc.

⁷⁹ Foi relatada por um entrevistado a situação em uma empresa pesquisada na qual, ao ser realizada a renovação de equipamentos industriais do chão-de-fábrica, todo o corpo técnico foi trocado (da mesma forma que os equipamentos!). Pode-se dizer que "são os efeitos da globalização" (argumento da alta administração), mas é o ponto de vista deste trabalho que as pessoas, de uma forma diferente das máquinas, não devem ser consideradas como "obsoletas" ou destinadas à "sucata". Além disso, pode-se considerar que os conhecimentos "não acadêmicos" adquiridos pelos antigos funcionários são essenciais ao desenvolvimento adequado da produção e que serão inevitavelmente perdidos no processo de modernização.

reestruturação, ainda frutos da "onda" da reengenharia e do "choque" provocado pela abertura do mercado às importações. Estas reestruturações, no afã de reduzir custos, acabam se voltando mais para a eliminação de pessoal do que para uma real revisão de todo o "processo empresarial" (COSTA, 1995, e SCHWARTZ, 1995).

"No chão de fábrica ou nos corredores da grande corporação, a reengenharia pode ter ainda o efeito colateral de aterrorizar os trabalhadores, gerentes e diretores. Estarão todos com medo de errar demais, ou inventar demais. O organismo empresarial vai, assim, perdendo o tônus muscular" (SCHWARTZ, Op.Cit).

Em um cenário como este, torna-se ainda mais difícil promover grandes modificações que levam a níveis de intensiva utilização de sistemas CAD como forma de adoção da Engenharia Simultânea. Nestes casos, seria necessário promover modificações de vulto na estrutura e métodos de trabalho da empresa, o que é extremamente difícil a partir da situação atual. Ainda assim, a realidade vem demonstrando que as empresas necessitam cada vez mais de inovações para a manutenção de seus mercados e seu crescimento diante de formas de concorrência cada vez mais acirrada. As formas de reestruturação centradas na redução de custos são, em nossa opinião, de efeito limitado diante do número cada vez maior de novos e melhores produtos disponíveis no mercado. Ainda segundo nossa opinião, as empresas brasileiras somente conseguirão atingir um patamar que torne o país industrialmente desenvolvido quando estiverem voltadas para o desenvolvimento de produtos avançados tecnologicamente e apropriados às necessidades de seus usuários, sejam estes os consumidores finais como todos os demais envolvidos nas diversas etapas do ciclo de vida dos produtos: concepção, fabricação, transporte, manutenção, desativação e reciclagem. Para que isso seja possível, é fundamental que as empresas possuam um forte grupo de projeto, que seja capaz de determinar, organizar e gerenciar o elevado número de informações necessárias à uma adequada atividade projetual. Para que estes objetivos sejam alcançados, em muito poderão contribuir (embora de forma isolada não constituam fatores determinantes) a adequada utilização de recursos informatizados de apoio ao projeto e os princípios da engenharia simultânea.

IV. A Integração e os Sistemas CAD

"Dei-me conta de que entre esta verdade e eu se interpunha uma tela, formada pelas próprias fontes às quais extraía minha informação, por mais límpidas e atentamente filtradas que fossem".

Georges Duby, Historiador francês (1993).

A crescente utilização de sistemas CAD tem sido colocada como uma importante inovação estratégica (SCHEER, 1993, PROENÇA, 1995, ARAKAKI e TORI, 1991 e ROBERTSON, 1989), fundamental para a garantia da competitividade das empresas. A implantação do CAD pode (e deve) levar a uma sensível diminuição no tempo necessário para o desenvolvimento de produtos, eliminando e/ou reduzindo etapas, através da integração cada vez maior entre as diversas equipes de design e projeto, entre estas e os demais setores da empresa ou mesmo entre empresas diferentes. Alguns aspectos relacionados aos sistemas CAD são de grande relevância para um aumento da competitividade das empresas, no que tange a objetivos de flexibilidade e integração da produção, diferenciação de produtos e serviços, além de melhoria nos níveis de qualidade e produtividade.

Os níveis de integração alcançados, entretanto, mostram-se bastante limitados na prática (PLONSKI, 1987, ROMEIRO, 1993 e 1997, OLIVEIRA, 1995), e os resultados apresentados pela adoção dos sistemas CAD são normalmente menores do que o potencial representado. A aplicação do CAD tem sido restrita às suas formas mais simples (como para a elaboração de desenhos), em um flagrante desperdício de recursos materiais e humanos. É observada a carência de informações a respeito das reais oportunidades oferecidas pelos sistemas CAD como ferramenta para integração e adoção de um novo paradigma de gerenciamento dos processos de projeto e produção. ROMEIRO (1993) demonstra, a partir de pesquisas em quatro empresas usuárias de sistemas CAD, que as formas de aplicação destes sistemas podem ser otimizadas através de uma série de recomendações quanto a organização do trabalho e gerenciamento no setor de projetos. Com a reestruturação desses serviços, visa-se atingir os níveis de qualidade e eficiência desejados pela empresa, preparando-a para os impactos desta nova tecnologia e viabilizando a efetiva aplicação do sistema CAD em todo seu potencial, como multiplicador de soluções e não de problemas. Neste capítulo são levantados os aspectos relacionados à utilização de sistemas CAD e tecnologias correlatas⁸⁰ por empresas no Brasil e desenvolvidas formas de otimização de aplicações e incremento das formas de integração proporcionadas pelo CAD, não só no setor de projetos, mas em toda a empresa, buscando levantar novas aplicações para os sistemas CAD e formas de otimização da integração através desta tecnologia.

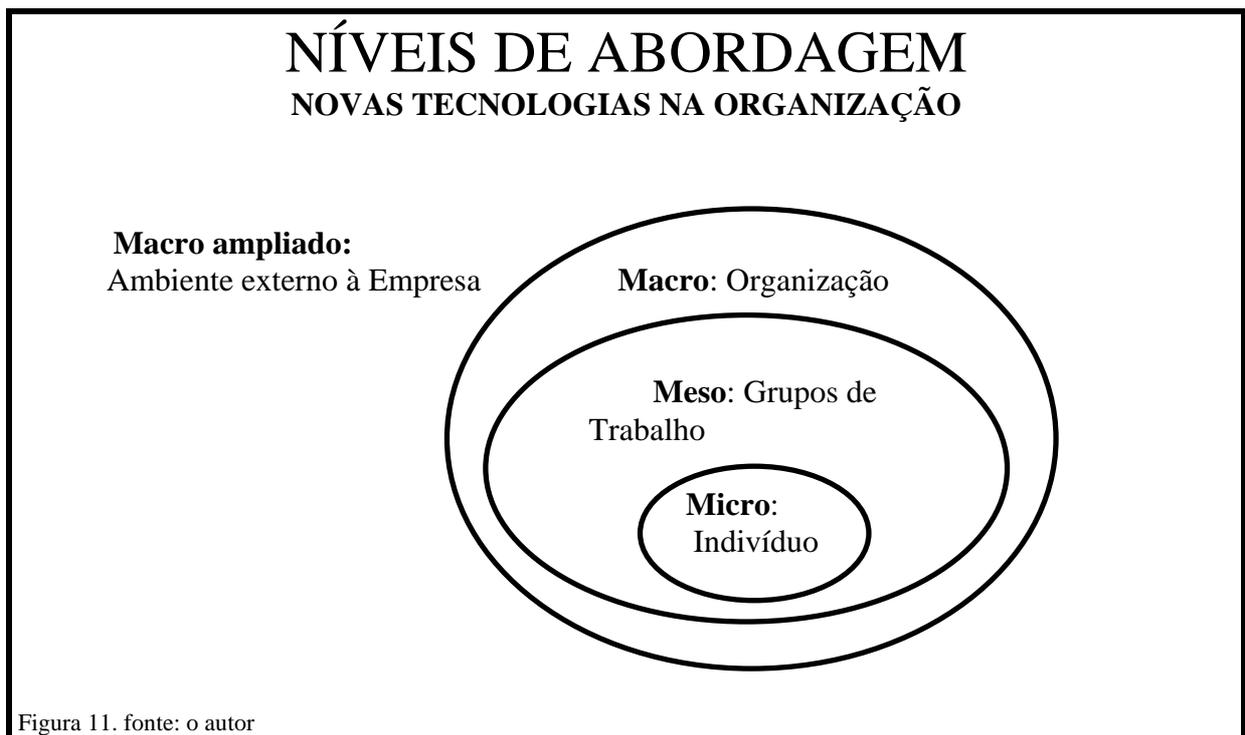
O método proposto para este trabalho (detalhado a seguir) é a investigação dos efeitos da utilização de novas tecnologias em ambientes de projeto, dos principais aspectos relacionados à sua implantação nos níveis *macro*, *meso* e *micro* e das formas de integração propiciadas pela adoção de sistemas CAD. Serão objetos de análise deste estudo as conseqüências destes sistemas sobre o usuário (indivíduo), a equipe de projeto, a relação entre as diversas equipes envolvidas e entre o setor de projetos e demais setores da empresa, e mesmo entre empresas diferentes. A partir da análise desses aspectos, serão levantados os efeitos da implantação de sistemas CAD sobre a empresa, avaliando-se as mudanças ocorridas nas diversas competências envolvidas (individual, do

⁸⁰Como as que compõem o denominado sistema CIM (Computer Integrated Manufacturing, ou Manufatura Integrada por Computador)

grupo de trabalho, do setor) e as novas características necessárias a cada um dos principais envolvidos para a adequada execução de suas novas tarefas.

IV.1. NÍVEIS DE ABORDAGEM

Questões como treinamento, formação e mesmo aspectos da cultura da empresa, bem como a estrutura de funcionamento e a organização dos processos na corporação mostram-se tão ou mais relevantes do que maciços investimentos em tecnologia. Apesar do grande desenvolvimento observado em termos de equipamentos informatizados, é hoje bastante clara a constatação de que todo este arsenal tecnológico não é capaz de solucionar sozinho qualquer problema, dependendo sempre de pessoal capaz de manejá-lo. Foi observado que mesmo naquelas empresas que investem de forma regular em programas de treinamento, os resultados alcançados normalmente não correspondem às primeiras expectativas.



Como forma de iniciar o processo de compreensão destes problemas dentro da estrutura da organização, considera-se que a questão da informatização das empresas oferece basicamente quatro níveis para análise das novas condições propiciadas (e impostas) pela adoção das tecnologias relacionadas ao computador:

MICRO

O primeiro, dentro de uma visão que poderia ser considerada *micro*, envolve questões ligadas a cada indivíduo na empresa, especialmente aqueles que são diretamente influenciados pela adoção de sistemas informatizados. Neste nível, existem problemas de saúde do trabalho, ergonomia, treinamento e formação, motivação, etc. O principal aspecto da informatização para o indivíduo está, em nossa opinião, na mudança de paradigmas importantes como organização do trabalho e as novas formas de interface com este trabalho, atribuições, acumulação do saber, competências, ascensão profissional, questões salariais, problemas de saúde e, de certa forma, preocupações com a própria manutenção do emprego e da qualidade de vida.

MESO

O segundo nível de análise estaria dentro de um panorama *meso*. Neste caso, é importante observar os resultados da utilização da informática sobre os *grupos de trabalho* existentes na empresa. Estes grupos podem ser uma equipe, um setor ou departamento, que da mesma forma que os indivíduos que os compõem sofrem uma série de modificações em seus processo de trabalho e competências. A partir das alterações estruturais ocorridas

na empresa, estes grupos passam por modificações nas formas de comunicação e nas relações de trabalho junto aos demais grupos também influenciados. Este nível de análise guarda certa analogia com a abordagem proposta por KAPLINSKY (1984), que divide a empresa em três esferas principais: Projeto, Coordenação da informação e Manufatura. Nesta concepção, a esfera referente ao projeto é importante por representar o nível de tecnologia da empresa. Vale dizer que se a empresa trabalha com produtos simples, de baixo nível tecnológico, provavelmente a esfera de projeto será pouco desenvolvida⁸¹.

MACRO

O terceiro, em um nível *macro*, aborda as conseqüências da informatização sobre a empresa como um todo. Pode-se dizer que desde o início da produção em massa não ocorre o surgimento de tecnologia de tão grande impacto para a estrutura empresarial como um todo. A intensa utilização do computador proporciona a oportunidade de grandes modificações nos processos produtivos de uma forma ampla, fazendo com que estes possam ser totalmente reestruturados a partir da aplicação da informática. Os efeitos da informatização nos processos produtivos são hoje cada vez mais contundentes, com a ocorrência de modificações importantes nos diversos níveis de mercado. Grandes corporações outrora vencedoras tem sido com cada vez maior intensidade vítimas de empresas normalmente mais jovens, mais ágeis e, principalmente mais inteligentes na forma como se beneficiam da informatização. Exemplo desta situação está no grande número de processos (ou tentativas) de reestruturação observados em diversas empresas, principalmente as de grande porte. Parece claro que formas burocratizadas de administração tornaram-se em grande parte obsoletas a partir da intensa utilização de sistemas informatizados. Entretanto, não nos parece que a alternativa eficiente esteja em modismos como a chamada “reengenharia” das empresas (HAMMER e CHAMPY, 1994), reestruturações profundas e radicais que envolvam grandes cortes de pessoal. Mais interessante parece ser o modelo de “produção enxuta”, conforme WOMACK et al. (1992).

MACRO AMPLIADO

Além destes, poderia ser colocado um quarto nível de abordagem, aqui denominado “*macro ampliado*”. Abrangendo o mercado em sua totalidade, estaria relacionado a uma série de fatores, tais como políticas governamentais de desenvolvimento, variações do mercado, concorrência, estratégia da empresa a longo prazo etc. Apesar de sua inegável importância, não será objeto de estudo neste trabalho, embora sejam utilizados dados relativos a este nível na elaboração de um “pano de fundo” de toda a situação.

IV.1.1. RELAÇÕES ENTRE OS DIFERENTES NÍVEIS DE ABORDAGEM

Em nossa opinião existe uma estreita relação entre Os três (ou quatro) níveis de abordagem descritos, embora os efeitos da informática sobre cada nível sejam distintos, bem como as soluções⁸² normalmente adotadas para cada questão de forma isolada. Uma estratégia que atenda às diferentes necessidades de forma a trazer uma solução consistente a médio prazo para a empresa (presença no mercado, competitividade a longo prazo e lucratividade) e para o conjunto de indivíduos que a compõe (satisfação no trabalho e qualidade de vida, em termos de saúde, emprego e rendimentos) deve ser o objetivo de uma política consistente de informatização. Este não é, entretanto, um objetivo que possa ser facilmente atingido, diante das necessidades peculiares envolvidas em cada função a ser informatizada, a cada indivíduo influenciado e a cada setor a ser integrado.

A experiência vem demonstrando que, ao invés de fruto de um programa estruturado de modernização, o processo de informatização nas empresas normalmente ocorre de forma descontínua e incerta, acabando na maior parte dos casos por tornar-se um imenso “quebra-cabeças tecnológico” (CAULLIRAUX e VALLE, 1991). As soluções tecnológicas mais adequadas a serem adotadas por determinado setor nem sempre correspondem às necessidades de outro, ou melhor dizendo, as melhores soluções isoladas nem sempre são compatíveis entre si, o que acaba por truncar todo o processo de modernização, reduzindo os ganhos ou, pior ainda, acarretando altos custos para eventuais “correções de rumo” no futuro. A estratégia adotada por um

⁸¹Neste caso, pode-se atribuir a relativamente pequena importância da esfera de projeto nas empresas no Brasil (com poucas exceções) à política de desenvolvimento do país, fortemente apoiada no capital internacional e dependente de projetos desenvolvidos no exterior, pelas matrizes das empresas multinacionais ou mesmo produzidos através de licença por empresas nacionais (conforme EVANS, 1982 e FLEURY, 1995).

⁸²Não somente as soluções adotadas devem ser diferentes, mas também o enfoque metodológico necessário para análise de problemas que possuem origens, alcances e desdobramentos distintos, apesar de uma mesma fonte, a introdução de sistemas informatizados.

número cada vez maior de empresas para a manutenção de seus mercados e, em última análise, para a própria sobrevivência tem sido baseada em processos de reestruturação em maior ou menor grau, também em função de um melhor aproveitamento dos recursos da tecnologia da informação. Setores e departamentos inteiros são modificados com vistas à adoção de sistemas informatizados, sem no entanto obterem resultados expressivos.

“O advento de sistemas de produção mais flexíveis e de novos materiais, conjugados à aceleração no ritmo de mudanças nos produtos e à internacionalização dos mercados, coloca a capacidade de inovar como fator estratégico para sobrevivência das empresas.”
(RODRIGUES et al., 1994)

Nestes casos, o que se observa é que, após um enorme e traumático esforço de reestruturação, a empresa está menor, teoricamente mais ágil e atinge resultados bastante positivos a curto prazo. O observador mais atento, poderá perceber, no entanto, que esta melhoria é resultado do esforço daqueles que escaparam da “degola”. Ora, existe maior fonte de motivação do que a ameaça ao próprio emprego? Esta situação, no entanto, pode levar ao limite os níveis de esforço e ansiedade dos funcionários, afetando prejudicialmente a performance da empresa a médio e longo prazos (opinião semelhante é expressada por SCHWARTZ, 1995).

Estas modificações, entretanto, não possuem garantias quanto à sua efetiva contribuição para a solução dos antigos problemas, servindo muitas vezes apenas como uma “fachada” para a manutenção da situação já existente. Naturalmente uma reestruturação profunda irá provocar, em qualquer empresa, mudanças relevantes nas relações de poder, seja entre diferentes níveis hierárquicos como dentro de um mesmo nível, entre diferentes grupos ou pessoas. É extremamente ingênuo imaginar-se que, em uma situação de crise todos se unirão e facilmente abrirão mão de privilégios pessoais ou formas de poder em função do “bem comum”, ou do “futuro da empresa”.

Além disso, uma efetiva reestruturação deve envolver e compreender os impactos das novas tecnologias em seus diversos níveis, desde seus efeitos sobre a empresa até suas conseqüências sobre os usuários diretos (e indiretos) destes novos sistemas. Neste caso, pode-se dizer que os efeitos da informática sobre seus usuários, embora sejam evidentemente diferentes caso a caso e assim devam ser tratados, possuem um traço em comum: trazem sempre modificações de impacto sobre antigas formas de competência, seja esta individual, de cada equipe ou setor, ou mesmo da empresa como um todo.

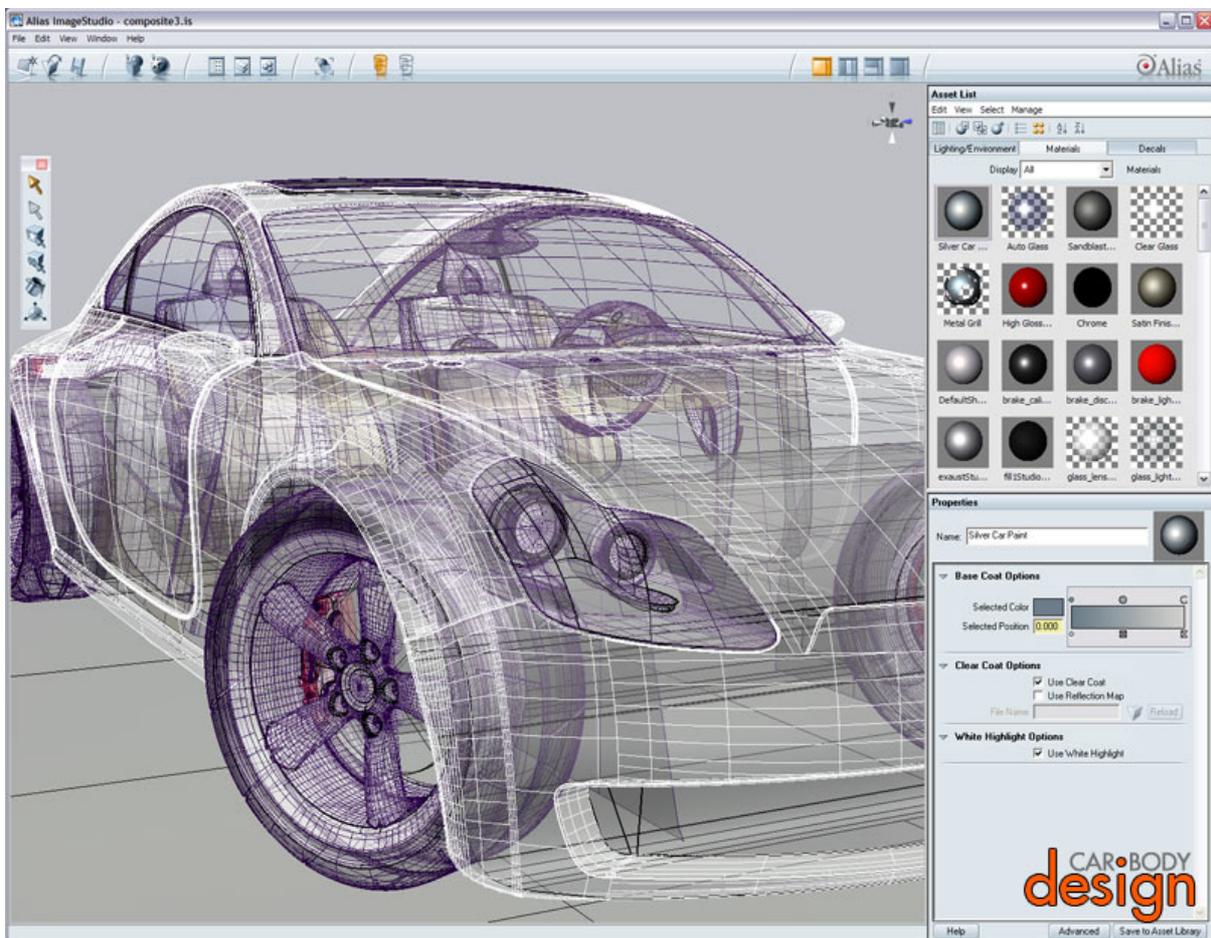
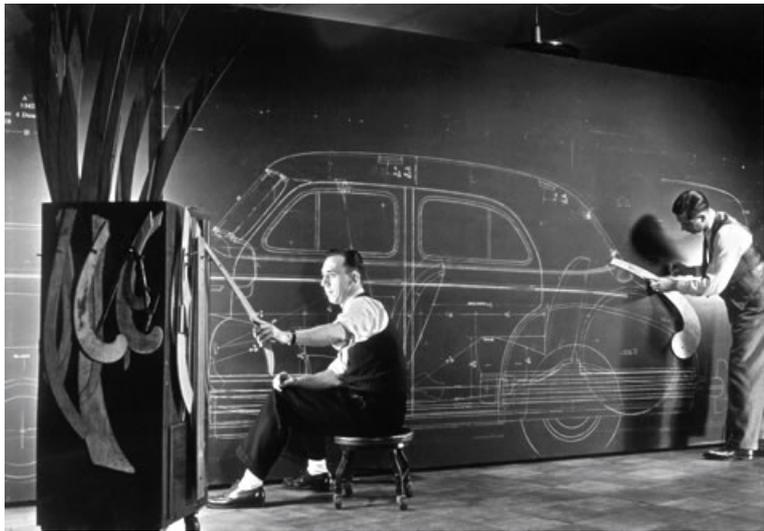
Este cenário traz à tona o problema da formação profissional, que possui especial importância em países chamados “de industrialização recente”, como o Brasil (FLEURY, 1995, VANDRAMETO, 1994, BARCELLOS, 1994). Aos graves problemas já existentes com relação à educação no país vem unir-se mais um, de vital importância: como formar pessoas aptas a utilizarem-se de meios informatizados em seus processos de trabalho, levando-se em consideração a constante evolução destes sistemas, partindo-se do fato de que é difícil levar princípios de educação básica à grande parte da população? Colocando a questão de uma forma prática, como formar pessoal capacitado para operar sistemas que são trocados a cada dois anos, sem que se perca o conhecimento anterior⁸³?

O grande benefício da informatização para os próximos anos reside em um enorme crescimento na capacidade de comunicação e na conseqüente facilidade para troca de informações entre indivíduos, equipes, setores, departamentos e empresas diferentes (SCHEER, 1993). Neste caso, o diferencial para a conquista de novos (e manutenção dos antigos) mercados estará na capacidade de cada empresa de descobrir e atender o mais breve possível às necessidades de seus clientes. Para isso é fundamental a existência de canais rápidos e seguros de comunicação. Capacidade de comunicar-se com o mercado (para imediato atendimento aos clientes) e capacidade de comunicação interna à empresa (para o rápido desenvolvimento de novos e adequados produtos) serão requisitos básicos ao sucesso de qualquer empreendimento.

Para que esta comunicação ocorra de forma eficiente, é fundamental que a organização esteja preparada para absorver e utilizar de forma adequada as novas formas de tecnologias informatizadas. ROMEIRO (op.cit) demonstra que a inserção de novas tecnologias em estruturas organizacionais ultrapassadas não resultam em benefícios tangíveis, contribuindo inclusive para trazer à tona antigos problemas, até então escamoteados.

⁸³ *Só para se citar um exemplo, qual a utilidade, atualmente, de pessoal com conhecimentos acerca do sistema operacional MS DOS (da Microsoft)? Entretanto, em vários cursos de informática este é um dos principais assuntos do núcleo básico de informações.*

O desenvolvimento de produtos mudou radicalmente com as novas tecnologias. Ao lado, engenheiros da GM americana, na década de 1940. Abaixo, designers trabalham em um novo projeto. Ao final, uma imagem gerada em 3D



Cabe indagar que razões levaram a uma situação na qual são realizados vultosos investimentos em informática, mesmo diante de resultados não muito animadores. ROMEIRO (op.cit) avalia processos de implantação de sistemas CAD (*Computer Aided Design*, ou Projeto Assistido por Computador) em empresas no Brasil (além de diversos outros descritos pela literatura, no país e no exterior), demonstrando que na maioria dos casos estes resultados, bem como as razões para o relativo fracasso na utilização do sistema não são objeto de uma discussão séria nas empresas acerca da política de informatização. Pelo contrário, constituem-se até como acirrades de disputas internas em torno das novas tecnologias e seus rumos. Mesmo em países desenvolvidos as experiências de implantação de sistemas CAD e em indústrias de ponta na aplicação desta tecnologia, como

as do ramo automobilístico, ao menos até o final dos anos 80, nem sempre apresentavam resultados satisfatórios, conforme demonstra ROBERTSON (1989).

É bastante simples perceber que a partir da implantação de uma nova tecnologia, o destino daqueles por ela influenciados está de certa forma relacionado aos resultados obtidos por esta tecnologia. Desta maneira, mais do que um simples processo de modernização tecnológica, o CAD (ou qualquer outra forma inovação tecnológica e/ou organizacional) é levado a tornar-se um instrumento de ação política interna à empresa. No caso de sucesso do novo sistema, seus patrocinadores terão certamente vantagens em disputas internas e terão aumentadas suas áreas de influência e círculos de poder. Em um cenário como este, ficam claras as razões pelas quais a implantação de novas tecnologias informatizadas tende a trazer consigo problemas relacionados a resistências, não só por parte de seus usuários diretos, mas também por parcelas muitas vezes expressivas do corpo gerencial.

Para que haja um efetivo sucesso na reestruturação da organização visando a adequada utilização da tecnologia da informação, faz-se necessário que ocorram modificações consistentes nos vários níveis da empresa, trazendo alterações relevantes nos processos envolvidos. Processos estes não somente de produção, mas também de design, de projeto, de vendas, administração, etc. Para que estas modificações tragam os resultados esperados, faz-se necessário um detalhado e criterioso planejamento, além de um grande conhecimento acerca dos processos e tecnologias envolvidos, antes e depois das modificações propostas. Mais do que isso, é importante que esta reestruturação ocorra igualmente nos diversos níveis envolvidos, de forma que se evite a manutenção de antigos problemas, conforme já colocado.

É objetivo deste trabalho analisar alguns aspectos dos processos de modernização tecnológica em empresas no Brasil, tomando como referência a implantação e utilização de sistemas CAD. São investigados, a partir de uma perspectiva predominantemente centrada no usuário, aspectos ligados às formas de integração e reestruturação em empresas brasileiras a partir da introdução de sistemas informatizados de apoio ao projeto. Como justificativa de relevância para o tema, pode-se dizer que as empresas brasileiras vêm em sua grande maioria encontrando sérias dificuldades para sua inserção em um cenário de crescente concorrência internacional, caracterizado pela progressiva abertura do mercado doméstico a partir do início da década de 90. Estas dificuldades ocorrem muito em razão do desperdício de recursos materiais e humanos, muitas vezes ligado a questões como a falta de intercâmbio de informações e integração entre os diversos envolvidos durante o processo projetual e de produção, o que acaba gerando necessidades constantes de re-trabalho, redundância de esforços e geração de dados em muitos casos contraditórios.

Procura-se desta forma demonstrar que os sistemas CAD possuem papel relevante nos processos de modernização tecnológica e organizacional das empresas, influenciando assim no processo de desenvolvimento industrial brasileiro. São importantes para a passagem do país a um novo patamar de desenvolvimento independente, em que a concepção de novos produtos e a conseqüente maior importância atribuída aos setores de projeto são elementos chave no alcance e manutenção da produtividade, qualidade e competitividade.

O CAD é atualmente (e o será cada vez mais) fundamental para o desenvolvimento de novos produtos, funcionando muito mais como ferramentas de integração entre diferentes atores (projetistas e equipes de projeto) envolvidos no processo projetual do que como acelerador de fases específicas deste processo (como cálculos e geração de desenhos). Chama-se a atenção para o fato de que não se trata mais de uma discussão acerca da conveniência ou não da adoção desta ferramenta, mas de como utilizá-la da melhor forma possível. A analogia com as demais formas de tecnologia micro informática pode ser utilizada neste caso como paradigma para a situação dos setores de projeto. Somente a modernização tecnológica, entretanto, embora imprescindível ao desenvolvimento industrial brasileiro, não basta para a passagem do país a um novo patamar de industrialização independente. Para que isto ocorra, é necessária uma nova visão estratégica das empresas que, tendo atingido níveis aceitáveis de qualidade e produtividade, devem preocupar-se agora com a conquista de mercados através da diferenciação e do lançamento de novos produtos. Somente através de uma séria e fundamentada atividade projetual poderemos atingir uma nova fase de desenvolvimento sustentado.

Este trabalho defende o ponto de vista segundo o qual para esta passagem faz-se necessária uma estratégia de implantação e gerenciamento de sistemas CAD que leve em consideração as características dos usuários destes sistemas, bem como os aspectos gerenciais, culturais e organizacionais peculiares às empresas brasileiras. A passagem do Brasil a um patamar de desenvolvimento sustentado (isto é, sem a dependência tecnológica em relação às empresas no exterior) somente ocorrerá a partir de uma política industrial consistente que privilegie o desenvolvimento de produtos a partir de tecnologia própria, com especial atenção para o design de produtos. Pode-se perceber uma relação entre a importância atribuída aos setores de projeto nas empresas e o potencial de inovação por estas representado, conforme exposto por KAPLINSKI (1984).

Este trabalho parte também do pressuposto básico de que um dos objetivos de uma empresa é, além de manter-se no mercado, contribuir para a geração de empregos. Desta maneira o lucro deverá ser um meio para a manutenção destes objetivos, e nunca um fim em si mesmo. Não será portanto objetivo deste trabalho demonstrar que a adoção de alternativas tecnológicas como os sistemas CAD podem servir como justificativa à redução de efetivos. Considera-se que as empresas que adotam inovações tecnológicas com o principal objetivo da dispensa de pessoal não estão cumprindo seu “papel social”. Concordamos plenamente com o primeiro dos quatorze pontos de Deming (WALTON, 1989) para a qualidade, segundo o qual a empresa deve antes de mais nada:

“Estabelecer a constância de propósito para melhorar o produto e o serviço. O Dr. Deming propõe uma nova definição radical no papel de uma empresa. Em vez de somente ganhar dinheiro, seu papel é ficar no ramo e oferecer emprego através de inovação, pesquisa, aperfeiçoamento constante e manutenção.”

IV.2. ESTADO DA ARTE

Com o objetivo de identificar possíveis áreas de interesse relacionados a sistemas informatizados de apoio à atividade projetual e ao gerenciamento desta atividade, bem como a aspectos ergonômicos do trabalho em sistemas CAD, foram realizadas buscas bibliográficas que permitiram o acesso a um grande número de documentos, situados principalmente entre os anos de 1987 e 1996. Estas buscas foram feitas principalmente nos bancos de dados do CIN (Centro de Informações Nucleares) da CNEN (Comissão Nacional de Energia Nuclear), além do acesso a *sites* específicos através da Rede INTERNET. O sistema de busca constituiu-se do cruzamento de palavras-chave relacionadas ao tema tratado, em três grupos: “Ergonomia e CAD” (206 referências); “CAD e Gerenciamento” (237); “CIM e Gerenciamento” (405), em um total de 848 referências. Posteriormente foi realizada consulta ao sistema de informações PROQUEST, da biblioteca da COPPEAD/UFRJ, com a expressão-chave “Gestão do Conhecimento”, sendo levantadas 86 referências ao assunto publicadas entre os anos de 1986 e 1996. Além disso, foi realizada busca bibliográfica por meios convencionais (como visitas a bibliotecas) e consulta ao banco de artigos do IMVP (*International Motor Vehicle Program*), no MIT - *Massachusetts Institute of Technology*.

Puderam ser observadas através desta pesquisa diversas características relacionadas à produção científica e experiências empresariais relacionadas ao tema, desde meados dos anos 80. Desta época foram levantados vários artigos referentes a implantação de sistemas CAD e desenvolvimento de tecnologias CIM, em sua maioria chamando a atenção para uma série de problemas ocorridos durante os processos de implantação de sistemas CAD e para a falta de uma efetiva padronização dos equipamentos, reflexo em muito das estratégias de implantação de sistemas CAD em regime *turn-key*, a partir de diferentes fabricantes, com diversas linguagens e lógicas de programação. Já nessa época é chamada a atenção para a necessidade de uma linguagem comum aos diversos equipamentos, com vistas à efetiva integração na produção.

A partir do início dos anos 90 cresce o número de artigos que apresentam estudos para o desenvolvimento de software aplicados aos processos projetuais em duas situações aparentemente extremas: aplicativos para a solução de questões bastante específicas de projeto e, por outro lado, sistemas de apoio à gestão do processo projetual e de produção como um todo. Mais recentemente é observado grande número de artigos propondo o desenvolvimento de sistemas voltados para a gestão de documentos e do trabalho em equipes. Estes estudos, entretanto, concentram-se em aspectos de interface técnica entre equipamentos, o que é um indício claro de que o surgimento de uma linguagem comum aos diversos sistemas de apoio informatizado ao projeto (e, além destes, para a integração técnica com outras tecnologias que compõem a proposta CIM - *Computer Integrated Manufacturing*, ou Manufatura Integrada por Computador), prevista por diversos autores para o início dos anos 90, ainda é um objetivo a ser alcançado.

Também foram encontrados diversos estudos que apresentam software desenvolvidos para apoio à implantação de estruturas de engenharia simultânea. Estes são em número maior do que aqueles que, tratando da engenharia simultânea, preocupam-se com a influência das novas tecnologias e modelos de gestão do processo projetual sobre os usuários destes sistemas e trabalhadores com ele envolvidos. Neste aspecto, pode-se observar uma distinção em relação a origem destes estudos (embora esta observação não tenha sido extensa ao bastante

para demonstrar-se conclusiva): o percentual de estudos acerca dos impactos sociais das novas tecnologias é sensivelmente maior na Europa do que nos EUA e países asiáticos⁸⁴.

Os artigos acerca de software de apoio ao gerenciamento de projeto e engenharia simultânea, em sua esmagadora maioria, concentram-se em aspectos técnicos dos programas e dos dispositivos envolvidos, como sistemas de bancos de dados, interfaces técnicas entre diferentes sistemas (o que sugere que esta questão ainda não encontra-se satisfatoriamente resolvida, a despeito do que propagam muitas vezes as indústrias de computadores), sistemas de gestão de documentos (EDMS - *Engineering Data Management System*, Sistema de Gerenciamento Eletrônico de Documentos de Engenharia e EDI - *Electronic Data Interchange*, Troca Eletrônica de Dados) e gerenciamento de redes. Este fato pode ter referência no estudo do Estado da Técnica, que demonstrou que entre as principais preocupações dos fornecedores e desenvolvedores de sistemas CAD está a criação de aplicativos voltados para o adequado gerenciamento de bancos de dados. Também com relação ao Estado das Práticas, esta era uma preocupação constante nas empresas pesquisadas, em especial naquelas que possuíam sistemas CAD mais desenvolvidos e/ou consolidados. Esta preocupação pode ser encarada como uma consequência da cada vez maior utilização de redes locais e da explosão de recursos baseados nas tecnologias ligadas à INTERNET.

Os resultados da pesquisa bibliográfica acabam por demonstrar que os aspectos ligados ao trabalho humano ainda possuem importância reduzida no que se refere a estudos acerca de novas tecnologias, notadamente sistemas informatizados de apoio a projeto e produção. Mesmo nos resultados da pesquisa “Ergonomia e CAD”, vários dos artigos encontrados referem-se ao desenvolvimento de software ligados a aplicações como o dimensionamento de postos de trabalho e a elaboração de manequins antropométricos. Além destes, diversos trabalhos tratam de questões ligadas aos efeitos para a saúde da utilização de equipamentos informatizados, como radiação emitida por monitores e situação dos postos de trabalho (dentro de uma perspectiva de “*human factors*”⁸⁵), sem maiores considerações acerca de problemas ligados à organização do trabalho e aos problemas advindos desta organização sobre os efeitos da informatização e sobre o processo projetual.

Mesmo nos resultados da pesquisa posterior, sobre “Gestão do Conhecimento”, os resultados refletem esta postura de desconsideração em relação competência de diversos dos envolvidos no processo projetual. Todos os artigos levantados a partir das referências obtidas, apesar de considerarem de forma praticamente unânime que o conhecimento dos funcionários é parte essencial da capacidade competitiva da empresa, referiam-se sempre ao conhecimento do pessoal de nível gerencial e/ou superior. Novamente a grande parte dos trabalhadores tinha suas competências e formas de conhecimento descartadas ou desconsideradas. Além disso, chama-se a atenção para o fato de que em nenhum dos artigos levantados foram encontradas referências à gestão do conhecimento em atividades ligadas ao processo projetual.

Foram levantados, por outro lado, diversos estudos, em especial ligados à ergonomia francesa que consideram a importância do “*saber operário*” e sua contribuição para o efetivo desenvolvimento do trabalho em diversas situações, desde aquelas cuja produção caracteriza-se pelos baixos níveis de tecnologia agregada e normalização, como no caso da construção civil, até setores de tecnologia de ponta, inclusive sistemas CAD (BEGUIN, 1994). Estes estudos, entretanto, concentram-se na análise do trabalho (atividade) coletivo realizado pelas equipes de projeto, em uma abordagem a partir da Análise Ergonômica do Trabalho (GUÉRIN, 1991, LIMA, 1996), em uma abordagem que difere da adotada por este trabalho (embora ofereça substancial contribuição), que concentra-se em aspectos do gerenciamento de projetos.

Em nenhum dos exemplos levantados na literatura acerca dos temas propostos, portanto, foram encontradas referências diretas ao tema aqui proposto, demonstrando a existência de uma lacuna a ser preenchida. Nos relatos de processos de adoção de sistemas CAD, mesmo no exterior, há descrições de problemas ocorridos durante a implantação e obstáculos a serem vencidos para a consolidação do sistema (BADHAM e WILSON, 1994, MAIN e WARD, 1992, EBEL e ULRICH, 1987, entre outros). Além disso, chama-se a atenção para o fato de que um estudo deste tipo, que leve em consideração aspectos organizacionais, gerenciais e culturais das empresas usuárias de sistemas CAD, refletirá de forma direta a situação do país no

⁸⁴ *Pode-se chamar a atenção para o irrisório número de publicações oriundas da América Latina, África e Oceania. Em relação ao Brasil, um fato curioso: na pesquisa sobre “Ergonomia e CAD”, o único artigo brasileiro encontrado era justamente deste autor (ROMEIRO e REBELLO, 1993), publicado nos anais de um congresso de HCI (Human Computer Interaction) realizado nos EUA*

⁸⁵ *Sobre o significado da expressão “Human Factors” e suas diferenças em relação ao conceito de ergonomia adotado por este trabalho, ver MONTMOLLIN e BAINBRIDGE (Sem data)*

qual é realizado. Sendo assim, a abordagem para o problema a partir das condições e problemas específicos da indústria brasileira torna-se relevante e oportuno, tendo em vista as características bastante peculiares (desenvolvimento tardio e dependente, parque industrial amplo e diversificado, estrutura social peculiar, sistemas de educação básica deficientes etc.) de nosso país.

IV.3. ESTADO DA TÉCNICA

A partir do estudo do *Estado da Técnica*, foi possível perceber que as soluções apresentadas pelas empresas de informática podem atender (ao menos teoricamente) de forma bastante extensa às várias necessidades apresentadas pelas diversas etapas do processo projetual. Não somente em se tratando de ferramentas de apoio direto ao projeto, como sistemas CAD, mas principalmente com o crescente desenvolvimento de soluções para auxílio a atividades complementares, como sistemas de apoio ao trabalho em grupo, ou *workgroup* (que tem no Lotus Notes, da Lotus, seu mais conhecido exemplo); sistemas de gerenciamento de documentos (como os sistemas EDI e EDMS), para transmissão de dados *on-line* entre grandes organizações, muitas vezes espalhadas em diversas unidades geograficamente afastadas; software de apoio à decisão; além dos vários sistemas de apoio computadorizado às atividades da empresa, como CAE, CAM, CAPP etc., que levam a perspectiva de um processo integrado de projeto, administração e fabricação através de sistemas informatizados, dentro de conceitos CIM.

Destacando-se entre os citados acima, os sistemas de apoio ao trabalho em grupo (também chamados de *workgroup computing*, ou computação colaborativa) apóiam-se, quase sempre, em um sistema de correio eletrônico. Sobre ele, agregam-se funções como teleconferência, agenda de grupo, gerenciamento de documentos e de formulários eletrônicos, programação de *workflow* e compartilhamento de informações. Suas principais funções podem ser desta forma descritas:

Correio Eletrônico (Electronic Mail ou e-mail): É um item básico de qualquer ambiente *workgroup*. Além de mensagens, permite enviar documentos de qualquer tipo. Alguns possuem recursos que possibilitam, por exemplo, redirecionar as mensagens no caso de ausência do destinatário principal e/ou devolver respostas padronizadas.

Gerenciador de formulários: Possui ferramentas gráficas que permitem desenhar e desenvolver a aplicação a ele relacionada, podendo alimentar o banco de dados corporativo ou do grupo.

Teleconferência: Permite reduzir a necessidade de deslocamento das pessoas para reuniões ou encontros de trabalho. Dois ou mais usuários dialogam através do computador e podem fazer anotações sobre um documento exibido na tela, como se estivessem diante da mesma folha de papel. Também permite transferir arquivos.

Workflow: Ferramenta que permite a execução automática de determinados procedimentos padronizados. Por exemplo, que quando um pedido de mercadorias seja feito, este vá direto para o estoque, via correio eletrônico. Se a mercadoria estiver disponível, a ordem segue para a expedição e para o faturamento. Em caso contrário, um aviso é enviado automaticamente ao vendedor e, se conveniente, à produção.

Banco de dados compartilhado: Pode armazenar documentos em um formato próprio, imagens digitalizadas ou arquivos editáveis no padrão dos aplicativos. Nos três casos, ferramentas facilitam a pesquisa das informações.

Agenda de grupo: Além de administrar os compromissos pessoais de cada usuário, busca automaticamente horários livres para reuniões entre um grupo de pessoas. Também pode reservar salas e equipamentos para o encontro.

Acerca dos sistemas CAD de forma específica, foram levantadas algumas das principais soluções oferecidas no mercado brasileiro (e internacional), visto que um levantamento detalhado deste mercado constitui-se como tarefa inviável na prática, dado o constante lançamento de novos software e (principalmente) aplicativos de programas já existentes. É também apresentado um rápido panorama do mercado de sistemas CAD a nível mundial.

IV.3.1. SITUAÇÃO DO MERCADO E PRINCIPAIS SISTEMAS.

Segundo ZUTSHI (1993), o mercado mundial de sistemas CAD envolvia, em 1991, algo em torno de seis bilhões de dólares em todo o mundo (com a perspectiva de dobrar este valor até o final do século). Destes, um bilhão relativo a sistemas CAD com aplicação para engenharia mecânica. Segundo as perspectivas apresentadas, esta seria a divisão do mercado mundial de sistemas CAD para aplicação em engenharia mecânica no ano 2000:

Distribuição Mundial de Sistemas CAD para Engenharia Mecânica no ano 2000

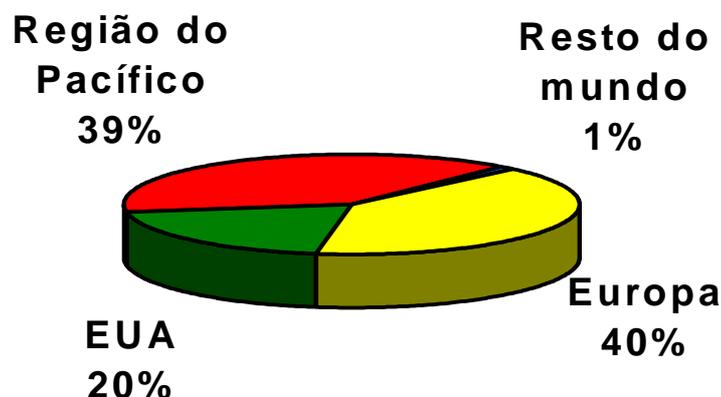


Figura 12. fonte: ZUTSHI, 1993

O autor observa uma tendência à modificação do perfil de mercado de sistemas CAD, com o progressivo crescimento da faixa ocupada por sistemas baseado em PC e workstations, em detrimento daqueles baseados em computadores de grande porte. Vale lembrar que os sistemas de apoio ao projeto em engenharia mecânica normalmente requerem maior potencial e capacidade do que aqueles destinados a, por exemplo, projetos de arquitetura. Esta tendência foi confirmada durante a pesquisa de campo, que constatou uma expressiva migração para a utilização de sistemas CAD baseados em PCs nas empresas visitadas.

Com base nos dados apresentados pelo autor pode-se perceber também que, apesar de campeão em número absoluto de unidades vendidas, o software AutoCAD (produzido pela Autodesk Inc.) estava em 1991 apenas em quinto lugar em faturamento, sendo suplantado pela IBM (1º lugar), Computervision, Hewlett-Packard e Schlumberger. Este quadro, entretanto, deve sofrer alterações importantes ainda nesta década, devido à observada migração para sistemas de menor porte, que representam custos menos elevados e maior facilidade para manutenção e, muitas vezes, formação de pessoal.

Esta evolução possui um significado fundamental para a aplicação de sistemas CAD pela indústria. A utilização de sistemas de menor porte significa uma cada vez maior popularização dos programas CAD, que agora podem ser utilizados inclusive residencialmente. Uma das empresas pesquisadas colocou este como um fator decisivo para a migração de um sistema de médio porte para um baseado em PCs. Segundo o entrevistado, é possível atualmente aos funcionários "treinar em casa", desocupando assim o sistema da empresa⁸⁶.

Um outro fator importante, segundo o gerente de projetos de outra empresa pesquisada, está na maior facilidade para que sejam encontrados usuários de sistemas CAD. Com a utilização de sistemas de pequeno porte, a formação é bastante facilitada, não somente pela popularização dos equipamentos, mas também pela maior simplicidade dos programas utilizados que, apesar da crescente sofisticação, ainda não atingem os níveis dos sistemas de "topo do mercado" ("high-end").

Em seu princípio, os sistemas CAD eram, devido a sua inerente complexidade e altos custos em termos de processamento, acessíveis somente a grandes empresas, como as da indústria automobilística e aeroespacial, usuárias de sistemas CAD por excelência. Naquela época, os sistemas (em sua grande maioria constituídos de sistemas *turnkey*) eram basicamente ligados a *mainframes*, computadores centrais das empresas, o que na maior parte das vezes levava a complicações de utilização e partilhamento dos recursos informatizados. Nos anos setenta surgem sistemas CAD mais evoluídos, em versões mais ou menos complexas, capazes de gerar

⁸⁶ Não é objetivo deste trabalho tecer comentários acerca das questões éticas envolvidas em decisões desse tipo, que acabam por estender o período de trabalho já realizado na empresa por algumas horas teoricamente reservadas ao repouso, em uma forma mais ou menos velada e extensão da jornada. Vale somente chamar a atenção sobre os efeitos danosos desta política sobre a saúde dos usuários, expostos mais e mais à atividade junto a terminais informatizados.

aplicações em equipamentos de menor porte, como *workstations* e, a partir do início dos anos oitenta, até mesmo computadores pessoais, do tipo IBM PC.

Desta forma, segundo GREGO (1995), os software CAD e CAM poderiam ser classificados de acordo com a plataforma (sistema *hardware*) que utilizassem. Haveriam os *software* "clássicos" baseados em mainframes e resultados da evolução dos primeiros sistemas CAD, desenvolvidos ainda na década de 60, e produtos mais recentes criados para as *workstations*⁸⁷, que formavam o grupo *high-end*, ou de produtos de *topo* de mercado. Por outro lado existia o grupo de *software low-end* (na extremidade baixa - ou "popular" - do mercado) desenvolvidos para computadores pessoais. Os sistemas CAE (*Computer Aided Engineering*, ou Engenharia Auxiliada por Computador), no entanto, por suas maiores necessidades em termos de processamento, continuaram por longo tempo restritos aos computadores de maior capacidade.

Esta divisão atualmente é bem mais sutil. Os sistemas *mainframe* caíram em desuso como plataformas para aplicativos de computação gráfica, ao mesmo tempo que as *workstations* tiveram acentuada queda em seus preços e a computação pessoal passou por uma brutal evolução tornando-se muito mais poderosa. Desta forma, tornou-se muito menor a diferença (sendo esta muitas vezes bastante tênue) entre as duas classes de sistemas *hardware*.

"New features are showing up in mechanical CAD software at an ever increasing clip. The reason is that the power/cost relationship of desktop computers has changed the market dynamics. Workstations and PCs are the platforms of choice. In fact, mainframe-based CAD/CAM systems are expected to disappear in a few years, wiped out by packages for the desktop that are as good or better. There is a trend toward integrating the numerous functions associated with CAD, such as finite element analysis, numerical control and database management, into a single seamless package. This is one reason why CAD/CAM systems are increasingly providing more of a technical information management solution, rather than being a purely technical tool. CAD packages are assuming the role of a complete product definition database, not just serving as a repository of geometry and manufacturing data." (ZUTSHI, 1993)

Atualmente, em se tratando de aplicações de média complexidade (como as típicas da indústria metal-mecânica, por exemplo), a plataforma considerada ideal por grande parte dos produtores de software (ainda segundo GREGO, op.cit.) está em *workstations* de tecnologia RISC - *Reduced Instruction Set Computer*⁸⁸ e sistemas operacionais UNIX⁸⁹, que formam uma combinação considerada segura, confiável de ótimo desempenho. Por outro lado, ela exige que a empresa possua pessoal técnico capacitado em sistemas UNIX, que em geral apresenta características de complexidade exagerada para o usuário final. Além disso, o UNIX é encontrado em diferentes versões, de acordo com o fabricante, o que obriga a empresa usuária a manter-se fiel ao fornecedor, o que pode limitar em muito a aplicação do sistema CAD (além de criar um situação semelhante à observada com a implantação dos antigos sistemas *turn-key*).

A outra alternativa é a convivência, no mesmo ambiente, de sistemas de diversas origens (e características), o que dificulta ainda mais a vida do usuário, da equipe de suporte e da própria empresa. Além disso, esta situação acaba por trazer problemas adicionais e bastante sérios aos objetivos de integração entre as várias versões de sistemas, que muitas vezes não possuem interface técnica adequada, o que faz com que projetos desenvolvidos em determinado sistema não seja "lido" por outro, ou que a conversão de dados seja feita de forma "truncada", o que acaba por inviabilizar na prática o trabalho conjunto).

IV.3.2. SISTEMAS CAD HIGH-END

⁸⁷ *Workstations, ou estações de trabalho, são microcomputadores de alto desempenho, otimizados para aplicações científicas e profissionais. Possuindo monitores de altíssima resolução, CPUs rápidas e poderosas e grande capacidade de memória, são indicadas para o trabalho em CAD*

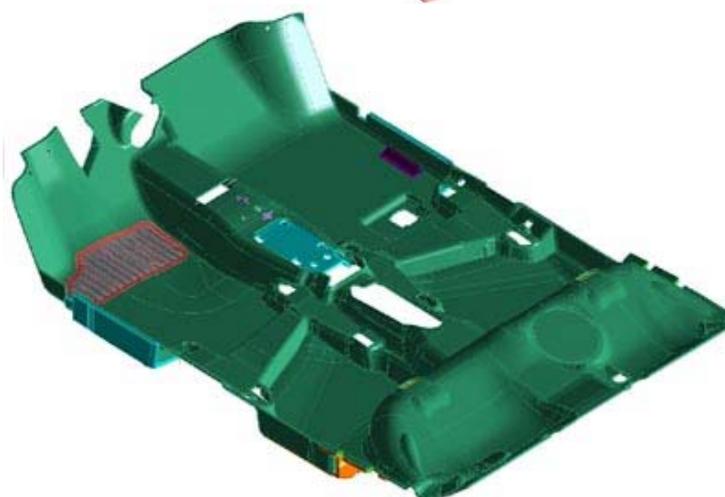
⁸⁸ *As CPUs (Central Processing Unit, ou Unidade Central de Processamento) de tecnologia RISC são aquelas capazes de reduzir ao mínimo o número de instruções que o processador deve executar, com o objetivo de aumentar sua velocidade. Alguns processadores reconhecem um número determinado de instruções de processamento, e quanto maior o conjunto de instruções de um chip, mais lenta a execução de todas as instruções. O objetivo da arquitetura RISC é reduzir o conjunto de instruções ao mínimo indispensável, priorizando as instruções utilizadas com maior frequência e otimizando-as de modo que se tornem tão rápidas quanto possível (PFAFFENBERGER, 1992)*

⁸⁹ *O UNIX é um sistema operacional disponível para uma grande variedade de computadores, desde mainframes a microcomputadores, que permite a execução de várias tarefas simultâneas (sendo ideal para aplicações multi-usuárias), desenvolvido no Bell Laboratories da AT&T, no início da década de setenta. Embora possua características que facilitem seus processos de programação, apresenta elementos que dificultam sua utilização por usuários finais pouco familiarizados com este sistema, como mais de 200 comandos, além de mensagens de erro e sintaxe consideradas inadequadas e confusas (PFAFFENBERGER, op.cit.).*

O mercado de software CAD divide-se, desta forma, em dois grupos básicos. O primeiro, que concentra os programas mais sofisticados, ou *high-end* ("de topo") do mercado. Muitas vezes estes *software* são versões desenvolvidas a partir dos programas mais antigos, criados originalmente para utilização em mainframes, por grandes empresas. Neste grupo estão aqueles que prestam-se às aplicações CAD que poderiam ser consideradas clássicas: indústrias automobilísticas, aeroespacial, metal-mecânica com maior grau de sofisticação etc.



Entre as principais aplicações CAD "High End" estão aquelas voltadas para a indústria automobilística, como as mostradas nesta página. Os sistemas CAD podem representar desde peças da carroceria (como ao lado), até sistemas completos (como os pedais no alto, à direita), ou mesmo simular a utilização pelos usuários, a partir de uma perspectiva de aplicação de forças e aspectos ergonômicos.



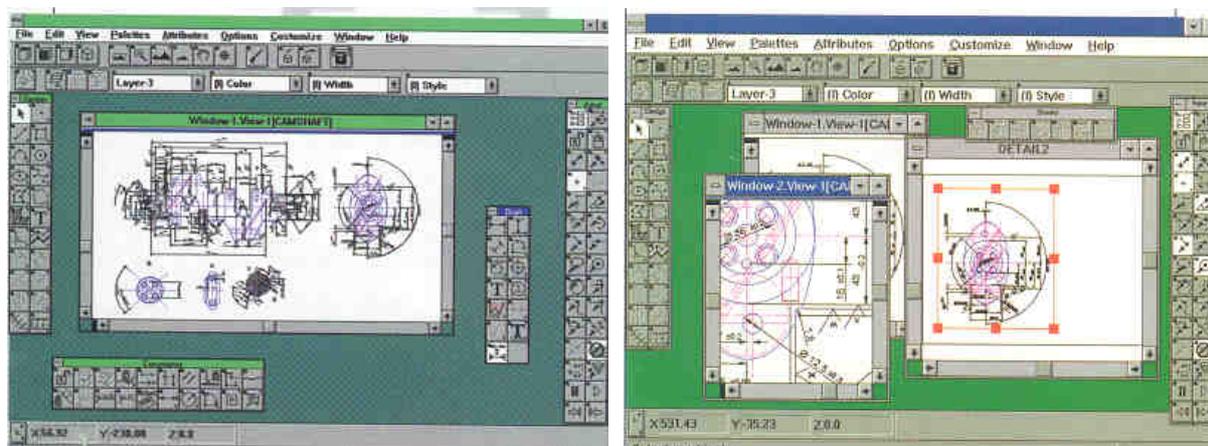
Criado pela fábrica de aviões Lockheed nos anos sessenta, o CADAM pode ser considerado como o "modelo" para todos os sistemas CAE/CAD/CAM atuais. Hoje, esse produto e seu irmão mais novo, o CATIA, são desenvolvidos pela Dassault francesa e comercializados pela IBM, tendo ambos uma presença expressiva na indústria automobilística. Automóveis como Santana, o Gol e o Logus, da Volkswagen, assim como a maioria dos ônibus e caminhões Mercedes-Benz no Brasil são desenvolvidos através desses sistemas. Também neste grupo estão o Matra Euclid, adotado pela fábrica de automóveis francesa Renault; o Delcam Duct, líder na área de ferramentaria; o Cimatron, de origem israelense; o Intergraph EMS e o Parametric Pro/Engineer, entre outros.

Estes *software* possuem normalmente pacotes com dezenas de módulos que atendem a funções mais ou menos específicas de CAD, CAM e, em alguns casos, também CAE. Possuem também módulos bastante específicos para aplicações em indústrias de injeção de plástico, cálculo de resistência de materiais, simulação de funções etc. Embora vendidos em menor número de cópias e a um número bastante restrito de clientes, estes sistemas são, entretanto, responsáveis pela maior parte dos investimentos em CAD, em especial nos países mais desenvolvidos.

IV.3.3. SISTEMAS LOW-END

O segundo grupo, que poderia ser denominado *low-end* (produtos na faixa mais baixa do mercado) é formado por programas criados originalmente para o ambiente IBM PC, que possuem normalmente recursos menos sofisticados e apresentam um custo mais baixo, como os *software* Microstation (da Bentley), AutoCAD (Autodesk), CadKey, IBM Micro Cadam e o Unicaad (*software* destinada à indústria metal-mecânica que talvez

seja o único sistema CAD desenvolvido no Brasil). O AutoCAD e o Microstation são software genéricos, utilizados em diversas especialidades, como mecânica, eletrônica e arquitetura. O CadKey, Micro Cadam e Unicad, ao contrário, são específicos para aplicações ligadas à área de mecânica. Todos são sistemas CAD capazes de operar em micro-computadores tipo PC⁹⁰, e podem fornecer informações para sistemas CAE ou CAM.



Acima, exemplos de telas de aplicativos CAD “Low End”.

Cada um dos software CAD para PC existentes no mercado possui características próprias, que o tornam mais ou menos atraente para cada aplicação específica. O CadKey, por exemplo, possui grandes recursos de tridimensionalidade. Uma modificação realizada no modelo 3D aparecerá automaticamente nos desenhos bidimensionais. O Unicad possui como principal vantagem a parametrização, enquanto o Micro Cadam é uma evolução de um sistema de grande porte, o Cadam. O AutoCAD é, seguramente, o mais difundido software CAD do mercado, o que significa que há mais profissionais familiarizados com ele e mais extensa bibliografia a seu respeito⁹¹. O MicroStation, por sua vez, tem como pontos fortes uma boa integração com bancos de dados e recursos nativos de visualização tridimensional, muito úteis na visualização de produtos mais complexos.

IV.3.4. CONSIDERAÇÕES

A partir da avaliação dos dispositivos técnicos de apoio à atividade projetual, seja através da contribuição direta (sistemas CAD e tecnologias CIM, como CAE, CAM, CAPP etc.), como indiretas (sistemas de trabalho em grupo, de gerenciamento de documentos, de integração dos sistemas técnicos da organização etc.), pode-se dizer que, a grosso modo, é tecnologicamente possível a realização da integração nas diversas fases do projeto através de sistemas informatizados.

Entretanto, soluções definitivas e adequadas a amplos grupos de empresas, como aquelas de pequeno e médio portes, ainda não são disponíveis no mercado. Os altos custos e a constante necessidade de extenso e delicado planejamento para implantação e utilização dos sistemas informatizados disponíveis, além da necessidade de aplicativos específicos, acaba por restringir suas aplicações a grandes empresas de tecnologia de ponta e disponibilidade financeira para os investimentos necessários à utilização destes sistemas.

Um dos software mais sofisticados do mercado, o *CATIA/CADAM Solutions V4*, por exemplo, conta (segundo FREITAS, 1997) com aproximadamente uma centena de módulos (número este que cresce a medida de 20 por ano) que podem ser agregados a partir das diferentes necessidades (e capacidade de investimento) da empresa cliente, e que incluem, entre outros, sistemas de modelamento geométrico, parametrização, prototipagem rápida, engenharia “reversa” e ferramentas *workgroup*. Este software “*high-end*” é característico de empresas automobilísticas, e seus altos custos podem explicar a situação de faturamento dos fornecedores de

⁹⁰ Naturalmente que por “microcomputadores tipo PC” deve-se entender as versões mais recentes destes equipamentos, aquelas equipadas com microprocessador Intel Pentium ou superior. Os problemas e dissabores da utilização de equipamentos menos potentes é bem explicitado em ROMEIRO, *op.cit.*

⁹¹ Com relação a isso, um dado interessante: mesmo antes do AutoCAD ser comercializado oficialmente no Brasil, em fins dos anos 80, já era bastante grande o número de títulos e publicações acerca deste software, o que sugere o expressivo número de “cópias não autorizadas” (ou simplesmente “piratas”) deste software existentes no país.

sistemas CAD, onde a IBM (fornecedora do CATIA/CADAM) possui o primeiro lugar, apesar do número evidente baixo de empresas usuárias do sistema.

Desta forma, permanece a questão dos altos custos referentes a aquisição de um sistema que, após dois ou três anos de uso, pode ser considerado como obsoleto, não por deixar de atender às necessidades da empresa, mas por estar definitivamente suplantado pelas novas tecnologias surgidas no mercado. Além disso, não foram considerados aqui investimentos em formação de usuários e reestruturação do processo projetual visando melhor aproveitamento desta tecnologia, que podem significar valores ainda maiores do que o equipamento em si.

IV.4. ESTADO DAS PRÁTICAS

Durante a pesquisa de campo, foram realizadas visitas a diversas empresas usuárias de sistemas CAD, além do retorno às empresas já pesquisadas em ROMEIRO (1993), para avaliação das formas de evolução do sistema. Uma observação interessante com relação às empresas já pesquisadas anteriormente diz respeito à evolução tecnológica dos sistemas CAD e os software utilizados. Das quatro empresas já avaliadas, três utilizavam-se, até meados de 1993, de programas considerados como “de grande porte”. Desde então, estas empresas optaram, pela “migração” para sistemas CAD baseado em microcomputadores do tipo IBM PC (dotados de microprocessadores Intel 486 ou Pentium), e para a utilização do software “low-end” AutoCAD, da empresa americana Autodesk⁹² (a quarta empresa já era na época da pesquisa anterior usuária deste programa).

O tempo médio de permanência do pesquisador em cada empresa (mesmo nas empresas já visitadas) girou em torno de duas semanas (com o mínimo de dois dias), normalmente em dias não consecutivos (mesmo nas empresas já visitadas na pesquisa antecedente), em que eram realizadas entrevistas semi-estruturadas junto ao pessoal responsável pelo sistema e, na maior parte dos casos, entre seus usuários. Foram as seguintes as empresas pesquisadas, descritas a partir de suas características mais marcantes (não serão, por razões de sigilo, apresentados os nomes das empresas pesquisadas, com exceção da Companhia Siderúrgica Nacional):

IV.4.1. EMPRESAS LEVANTADAS DURANTE A PESQUISA ANTECEDENTE:

Empresa “A”

A usina da CSN - Companhia Siderúrgica Nacional - está localizada em Volta Redonda, RJ, a 125 quilômetros do Rio de Janeiro e 310 de São Paulo. É uma usina do tipo integrado, efetuando desde a redução do minério de ferro (a partir do minério, carvão e fundentes), até a elaboração do aço e sua transformação em laminados planos e não planos, sendo estes revestidos ou não. A Usina Presidente Vargas, da CSN, pode ser considerada como o centro de um parque industrial que envolve diversas fábricas distintas, sendo que o núcleo central (o processo siderúrgico propriamente dito) é baseado em processos contínuos de produção. Inicialmente o sistema CAD foi implantado, em 1988, na Superintendência de Serviços de Engenharia (SSE) da CSN, situado no Escritório Central da empresa (em frente à Usina Presidente Vargas) com a função de auxiliar a elaboração de desenhos de peças ou equipamentos sobressalentes que por motivos diversos (como dificuldades de importação) não estavam disponíveis no mercado e/ou não possuíam documentação descritiva original.

Os equipamentos adquiridos por ocasião da implantação do sistema, consistiam de duas estações de trabalho gráfico, situadas em uma sala à parte junto ao setor de projetos civis da empresa, e que incluíam duas estações gráficas, uma impressora matricial e um plotter. No início de 1992, foram adquiridas novas estações CAD, dentro de um plano da empresa de ampliação do sistema existente e a progressiva disseminação de seu uso, chegando a aproximadamente dez estações. Após a privatização da empresa (ocorrida em 1993), entretanto, a maioria dos projetos foi terceirizada, e o sistema transferido para o interior da usina, onde permanece desde então, possuindo uma função que pode ser considerada marginal, restrita a pequenos projetos da área de manutenção.

Empresa “B”

Empresa privada, com atividade centrada no projeto e fabricação de máquinas e equipamentos industriais (a fábrica visitada, onde está instalado o sistema CAD, existe desde a década de setenta, trabalhando por encomenda, e possui cerca de 500 funcionários), sendo uma única subsidiária de uma "holding", o que aparentemente tem trazido alguns problemas relacionados à normalização utilizada na produção e no desenvolvimento de projetos, além da interface entre as diferentes formas de gestão, a partir das diversas chefias

⁹² Os conceitos ligados a tecnologia CAD, bem como a diferenciação entre os vários sistemas serão assuntos tratados mais adiante.

na(s) matriz(es) (e no Brasil) para os vários setores de projeto, que se fundem parcialmente em uma mesma área de produção. Os resultados desta situação podem ser observados através dos usuários do sistema CAD, que possuem diferentes procedimentos de trabalho e apresentam pontos de vista sobre aspectos da produção e do ciclo de projeto (não só em relação ao CAD), bastante peculiares ao grupo a que pertencem. Mesmo nas formas de utilização do sistema e nos níveis de sua produtividade há diferenças que não podem ser totalmente atribuídas às características próprias de cada área de projeto.

O primeiro sistema *software* utilizado pela empresa foi o "MEDUSA", programa em linguagem FORTRAN desenvolvido pela CIS (Cambridge Interactiv Systems Ltd., Inglaterra) e comercializados pela Computervision, do qual a empresa possuía três estações. Em 1993 foi iniciado o processo de avaliação do Medusa, com vistas à ampliação ou substituição do sistema. A substituição pelo AutoCAD foi considerada (aparentemente, a decisão foi da filial brasileira) mais adequada em função dos altos custos de ampliação do Medusa e de sua cada vez mais reduzida participação no mercado. Além disso, a maior parte dos clientes e fornecedores utilizavam-se deste software, o que facilitaria teoricamente o intercâmbio de informações. Embora o sistema Medusa fosse considerado satisfatório para as atividades desenvolvidas na Empresa e mais sofisticado que o AutoCAD, outros fatores (além dos custos) pesaram em relação à escolha:

- O pequeno número de empresas usuárias deste sistema, seja no Brasil como na Alemanha (diversas empresas ligadas à matriz já utilizavam o AutoCAD).
- As maiores possibilidades de troca de dados e integração com outras empresas (clientes e ou fornecedores), já que o AutoCAD é amplamente adotado e sua linguagem configura-se quase como um padrão entre os sistemas CAD.

Foram inicialmente adquiridas dez estações de trabalho baseadas em microcomputadores tipo IBM PC (dotados de processadores Pentium), um plotter e duas impressoras laser, a um custo de aproximadamente um terço do que estava previsto para a ampliação do sistema Medusa (aquisição de cinco workstations e um plotter). O número de estações vem crescendo gradativamente, tendo atingido 26 estações, para aproximadamente 60 usuários.

Empresa "C"

A terceira empresa pesquisada atua no Brasil nos ramos de fabricação de gases, instrumentos cirúrgicos, máquinas de solda e corte por oxigênio etc. É uma empresa estruturada de forma que os diversos departamentos funcionam como empresas distintas. Das três estações de CAD existentes na empresa na primeira pesquisa, uma era para projetos mecânicos, com *software* VersaCAD (baseada em um microcomputador PC AT 286), uma (também baseada em um AT 286) com AutoCAD e a terceira (baseada em um 386), especificamente para o controle de uma máquina de controle numérico computadorizado para corte de chapas. A implantação do sistema CAD se deu em 1988, com a compra da primeira estação de trabalho já descrita.

Dois engenheiros foram treinados externamente, mas não se tornaram usuários do sistema. Esta tarefa coube a um projetista contratado especialmente para tal, com experiência anterior em sistemas CAD. Este, porém, desconhecia o software adotado pela empresa, sendo tarefa dos engenheiros passar-lhe todas as informações necessárias ao uso do equipamento, o que nunca chegou a acontecer. A solução foi o aprendizado através do manual de instruções, sendo que evidentemente este processo foi bastante simplificado pela experiência anterior do usuário. Foi elaborado um cronograma para entrada em operação do CAD envolvendo reconhecimento, treinamento e consolidação do uso do sistema, o que levaria três meses até ser atingido um nível razoável de produção. A partir de mudanças na diretoria da empresa, porém, todo este processo foi interrompido, pois o novo superior exigia resultados imediatos, desprezando a idéia de adaptação. Havia também planos de treinamento de outros usuários, o que foi suspenso.

Em 1993 foi elaborado um novo plano de informatização do processo projetual, que incluiria formas de integração CAD/CAM. Foram então adquiridas quinze estações gráficas, dotadas do software AutoCAD e ligadas através de rede local a um servidor e seis máquinas de CNC (de Controle Numérico Computadorizado) instaladas no parque fabril. Cabe chamar a atenção para o fato de que este processo de informatização foi pautado por uma série de etapas de "tentativa e erro", e mesmo a nova configuração do sistema não faz parte de uma estratégia segura e estabelecida a longo prazo. Além disso, na época da pesquisa (1994), alguns problemas pareciam persistir, o que era indicado pela presença de software gráfico instalados em todas as estações, o que permitia a execução das tarefas sem a utilização da rede (ou mesmo que esta estivesse inoperante).

Empresa "D"

Esta é uma empresa de capital privado brasileiro, que tem como atividades principais a fabricação de equipamentos para prospeção e produção de petróleo, "*on-shore*" e "*off-shore*", incluindo projeto, manutenção e

reparo; fabricação de armamentos, mancais de bronze para a indústria ferroviária; produtos de borracha; válvulas para uso industrial e equipamentos de instrumentação e controle. Segundo SEGRE e TAVARES (1991), a empresa possuía o maior parque de equipamentos de base micro-eletrônica no setor metal-mecânico no Rio de Janeiro no início dos anos 90, sendo 22 máquinas de usinagem a controle numérico computadorizado (além do sistema CAD). A montagem deste parque deve-se às necessidades técnicas da fabricação de linhas de produtos cada vez mais sofisticados e tornou-se possível graças a determinados acordos comerciais que garantiam estes investimentos.

A produção mecânica funciona através de lotes, de número variado, desde peças unitárias (caso bastante raro), até lotes relativamente grandes, de até 400 peças. A maior parte destes produtos envolvem alta tecnologia, incluindo algumas características do processo de fabricação que tornam muito úteis os sistemas CAD, principalmente em suas relações com a fabricação. Entre as principais aplicações do sistema na empresa está a definição de características de peças fabricadas em lotes, como válvulas, bem como a definição das etapas de usinagem e fabricação. Nesta empresa foi observada pela primeira vez o que parece ser uma relação eficiente entre CAD/CAM (este é o ponto de vista de diversas pessoas entrevistadas em outras empresas), o que pode ser plenamente justificado pelas características específicas da maioria dos produtos: fabricação em lotes, grande necessidade de precisão, características de "tecnologia de grupo". Estes fatores, juntamente com os pesados investimentos para aquisição do sistema, formação da equipe suporte e treinamento de um grande número de usuários levaram a uma situação em que o sistema aparentemente "funciona como deve", ao contrário de outras situações pesquisadas. Com a grave crise enfrentada pela empresa, a demanda pela utilização do CAD caiu consideravelmente, chegando a comprometer a rentabilidade do sistema. A solução encontrada foi a oferta de serviços externos, bem como a atuação do pessoal do setor em atividades de consultoria junto a outras empresas que estivessem em processo de implantação de sistemas semelhantes. O sistema, antes de grande porte, foi progressivamente substituído por uma série de estações baseadas em microprocessadores Intel 486 e Pentium, utilizando Releases 12 e 13 do AutoCAD.

IV.4.2. NOVA PESQUISA:

Empresa "E"

A primeira empresa pesquisada nesta segunda etapa é uma multinacional que atua no setor automobilístico. Foram entrevistados o gerente de engenharia, dois responsáveis pelo suporte ao sistema, um fornecedor de sistemas CAM para a empresa e os gerentes de dois departamentos usuários do CAD. As primeiras experiências em sistemas CAD foram caracterizadas por uma série de iniciativas isoladas por parte dos vários departamentos da empresa, o que acabou por levar a vários processos de "tentativa e erro" de implantação, logo frustrados (foi apresentada uma estação de trabalho abandonada como exemplo). Este tipo de iniciativa isolada possui um componente de risco representado pela falta de planejamento e padronização no sistema e nos procedimentos adotados. Estudos realizados na General Motors por BEAL (1988) e PREISEGGER (1988) a respeito da tentativa de integração, pela empresa, de seus diferentes sistemas CAD demonstram de forma clara esta situação. Segundo o primeiro autor, a empresa possuía na época do estudo 27 diferentes sistemas CAE/CAD/CAM em operação em suas fábricas, somente nos EUA.

Até o início de 1993 todos os desenhos eram enviados diretamente do exterior, em papel, e as iniciativas de implantação do CAD eram, segundo um dos entrevistados, quase "clandestinas". Segundo outro entrevistado, fornecedor de sistemas CAM para a empresa, estas iniciativas tinham como característica básica serem pautadas por uma série de procedimentos bastante "informais" que passavam ao largo da estrutura burocrática. No princípio daquele ano foi iniciado um programa de integração, através do sistema CAD, com a matriz, no sentido de agilizar os processos de intercâmbio de informações de projeto. Nada indicava, entretanto, o fortalecimento da atividade projetual no Brasil, embora esta pudesse surgir, a exemplo do acontecido com outras empresas do ramo, como uma forma de "insubordinação branca" (na qual a filial brasileira desenvolveria projetos a partir de uma iniciativa própria, deslocada dos planos estratégicos da matriz). Alguns dos entrevistados colocaram de forma bastante taxativa o extremo controle exercido pela matriz sobre quaisquer iniciativas da filial brasileira no sentido de uma maior independência tecnológica.

Uma série de estações de trabalho gráfico de grande porte foram instaladas no setor de engenharia de produtos da empresa, com o objetivo da instalação de uma rede local e, posteriormente, ligação com a matriz. Curiosamente, foram desconsideradas, até a época da pesquisa (ainda em 1993), questões ligadas a aspectos ergonômicos do trabalho em CAD. Após a chegada das estações, foi verificada a inexistência de mobiliário adequado para sua colocação, sendo tomada por solução provisória a instalação do sofisticado sistema sobre as antigas mapotecas da empresa, inviabilizando na prática a utilização do sistema pelo pessoal de projeto.

Empresa “F”

Neste caso, a pesquisa foi realizada no Departamento Engenharia de Produção de uma grande empresa estatal, setor este responsável pelo desenvolvimento (ou terceirização) e gerenciamento de projetos executivos. Foram entrevistadas quatro pessoas relacionadas ao CAD na empresa: um programador, dois usuários experimentados e um dos responsáveis técnicos pela implantação do sistema. Todos possuem uma experiência considerada relevante junto ao CAD, ou seja, de dois (operadores) a cinco anos (demais entrevistados). A primeira fase de treinamento foi realizada externamente, na representante do fornecedor do sistema no Brasil. Foram três meses de treinamento, incluindo técnicas de programação. Para um dos operadores, o treinamento foi realizado internamente. Os equipamentos utilizados na época da pesquisa eram de grande porte, inclusive o sistema software utilizado, específico para projetos que envolvam grande complexidade de sistemas de tubulação, como plantas petroquímicas. Este software permite, entre outras coisas, teste de resistência de materiais e de interferência, bem como a construção de “maquetes eletrônicas” e desenhos em três dimensões (3D). As estações gráficas não encontram-se instaladas na empresa, mas em uma “contratada” para desenvolver o projeto detalhado de uma grande planta industrial. Estão instaladas no espaço físico do setor de projetos, isoladas por divisórias. Neste caso, existe um trabalho conjunto entre funcionários da empresa e da contratada, em uma constante troca de informações. Curiosamente, à época da pesquisa (1994), a contratada utilizava-se de pranchetas para a confecção de desenhos relativos ao projeto, que depois eram transferidos para o sistema pelos operadores da contratante. Esta característica foi novamente constatado por D’ISSY (1996): mesmo após a adoção do CAD para a execução de desenhos as empresas contratadas não utilizavam sistemas em 3D, por não considerarem sua aplicação vantajosa.

A primeira fase de implantação ocorreu em 1989, com a chegada das duas primeiras estações. A função destas era realizar o acompanhamento de projetos de plantas industriais, fiscalizando todo o processo, em um sistema de monitoração. Os desenhos executados na prancheta pelos técnicos da empresa contratada eram transferidos para o CAD, que realizava uma série de testes (de resistência, elementos finitos, etc.) e verificações (como de interferências entre diferentes sistemas de tubulação, por exemplo). Embora possa parecer, em princípio, que a utilização do sistema era deficiente por ser restrita a uma determinada fase do processo, a verificação, esta se explica por ser uma fase crucial para a finalização do projeto, pois neste ponto são reunidas as contribuições de todas as áreas envolvidas na elaboração e detalhamento. Sendo projetos de extrema complexidade, eram comuns os casos de detalhes que acabavam por serem descobertos em campo, ou seja, no momento da construção da planta descobria-se que, por exemplo, um dos tubos do sistema de refrigeração atravessava uma viga de sustentação da estrutura, e que este detalhe havia passado despercebido durante a verificação. Isto implicava em constantes modificações no projeto original, mesmo durante a construção.

Resultado: perda de tempo, aumento dos custos de construção, problemas de projeto relacionados às modificações de última hora. Além disso, era aplicada uma “margem de segurança” no levantamento de custos, de material etc. já prevendo-se problemas nesta área. A introdução do CAD serve neste caso mais para o gerenciamento do projeto do que para seu desenvolvimento, sendo que com sua utilização torna o controle da empresa sobre o andamento da obra muito mais eficiente. Listas de materiais, estudos de estrutura, checagens de interferência são realizados de forma muito mais segura com a utilização de sistemas informatizados.

Empresa “G”

Este é um escritório de arquitetura de pequeno porte (ao todo três pessoas, dois sócios e um estagiário), bastante informatizado, contando com um forte portfólio de clientes (que inclui uma das maiores redes de lojas de departamentos e uma das grandes distribuidoras de combustível do país). A implantação do sistema iniciou-se há dois anos. Os entrevistados são os sócios do escritório, arquitetos, com 15 e 25 anos de formados, ambos com dois anos de experiência em sistemas CAD. Na época da pesquisa (1995) o equipamento utilizado constava de três estações baseadas em microcomputadores Intel 486 e uma impressora (a impressão em tamanhos maiores dos desenhos era realizada em um *birô*), com o software AutoCAD Release 12.0, versão para MS DOS. O projeto é desenvolvido quase que totalmente em CAD (apenas croquis iniciais realizados ainda em papel), e apresentado como bastante positivo, apesar do declarado medo inicial em relação ao sistema. Apesar de nunca terem utilizado sistemas informatizados anteriormente, os usuários declararam-se satisfeitos com o aprendizado e não admitem uma volta à prancheta.

O projeto é, desde o mais cedo possível, executado em CAD e existe um sistema de *layers* e normalização (definida em rotinas específicas) para seu desenvolvimento. Eventualmente são enviados ao cliente resultados em disquetes, havendo também casos de projetos desenvolvidos através de trocas de dados entre as diversas equipes envolvidas, em escritórios diferentes. Entretanto, é notória a dificuldade de leitura de dados gerados em locais distintos, problema que foi em muito atribuído à *customização* do *software*. Após decisão pela implantação (“ou implantávamos ou ficávamos fora do mercado”, segundo um dos entrevistados),

consumiu-se um ano em pesquisas entre clientes, colegas, feiras etc., para levantamento das opções existentes. A adoção do AutoCAD ocorreu devido ao fato deste apresentar menor custo, apesar de não totalmente voltado para arquitetura. Além disso, é considerado de fácil utilização, bastante difundido entre clientes e com facilidades para suporte e desenvolvimento de pequenas rotinas e aplicativos próprios. Devido ao longo processo de maturação do planejamento de implantação, as expectativas aparentemente foram bem sucedidas, tendo em vista inclusive a noção da dificuldade de operação do sistema. Foi decisiva a atuação de um suporte eficiente e de estagiários que tornavam-se responsáveis pelo treinamento interno.

Entre as modificações ocorridas na empresa em função do CAD, estão a eliminação do desenhista copista, maior interação entre os responsáveis por projeto básico e executivo (também pela facilidade da proximidade física) possibilitando uma interferência e uma interação mais consistente entre os envolvidos no projeto. Antes, cada um era responsável por determinada etapa, isoladamente. Agora, um pode acompanhar e eventualmente interferir em uma tarefa que, em princípio, não é a sua (o que também o resultado de uma aparentemente forte interação pessoal). Segundo os entrevistados, a utilização do CAD permite um acompanhamento mais consistente de todo o processo de projeto arquitetônico, bem como a constante manipulação do projeto por todos os envolvidos, o que acaba por reforçar o conceito de trabalho em equipe. Com relação à integração entre empresas, apesar da adoção do sistema ter sido em muito justificada pela sua utilização entre os clientes do escritório, há dificuldades para entrega de projeto em disquetes (o que já ocorre, em escala reduzida) e para troca de dados, aparentemente por questões de normalização de desenhos e customização do *software*, além da utilização de programas diferentes ou de diferentes versões.

Empresa “H”

Subsidiária de uma empresa estatal, é responsável por uma série de pesquisas relacionadas a geologia e extração mineral, possuindo cinco escritórios espalhados pelo Brasil, em Belo Horizonte, Rio de Janeiro, Vitória, Salvador e Belém do Pará. O processo de informatização iniciou-se em 1992, com a aquisição de estações gráficas que foram distribuídas entre os vários estados, com a utilização do mesmo software. Dois anos depois, foi iniciado o processo de integração entre os sistemas, com a ligação dos escritórios através de rede de telecomunicação. Este processo, entre tanto, esbarrou em um problema bastante curioso que demonstrou ser bastante complexo: cada um dos escritórios havia, durante o período de implantação, desenvolvido um “cultura própria” para utilização do sistema, adotando padrões de procedimento e normalização de desenhos bastante específicos, o que inviabilizava na prática (como no caso da empresa “G”) o intercâmbio de informações.

Esta situação perdurou pelo menos até a realização da pesquisa (1994), quando este foi colocado pelos entrevistados como o maior problema enfrentado pela empresa. Além destes, foram colocados como problemas relevantes a falta de adequadas especificações técnicas para os equipamentos durante o processo de aquisição do sistema (foram adquiridos equipamentos super-dimensionados - como mesas digitalizadoras) e problemas relacionados aos longos processos de compras da empresa, tendo em vista sua estrutura estatal. Segundo um dos entrevistados, os processos de compra de equipamentos são lentos e envolvem uma série de procedimentos legais, que limitam a agilidade da empresa em relação às de capital privado:

"A concorrência deve ser pública, com no mínimo três propostas de preço e deve ser decidida por aquela de menor valor. Muitas vezes, existem apenas dois (ou um) representantes do sistema no Brasil, o que inviabiliza o processo. Além disso, a decisão pelo menor preço nem sempre representa o melhor serviço, e muitas vezes a empresa fica atrelada a fornecedores de baixa qualidade em função de custos. Além disso, para qualquer ampliação do sistema ou compra de equipamento extra, nova concorrência deve ser feita, em um novo processo longo e desgastante, que acaba por emperrar toda a agilidade exigida para o adequado funcionamento do sistema".

Empresa “T”

A empresa é especializada na fabricação de instrumentos médicos e cirúrgicos e possui várias estações, com diferentes configurações (Intel 486 e Pentium), sendo que em todas é utilizado o AutoCAD, em versão Release 12.0 (para MS DOS). A implantação iniciou-se no início dos anos 90, com a utilização do AutoCAD Release 10.0 em computadores IBM PC XT e AT. Aparentemente a empresa optou pela contratação de pessoal externo para operação do sistema, o que é indicado pelo pouco tempo de serviço apresentado pelos entrevistados (entre os usuários, todos trabalhavam a menos de dois anos na empresa e possuíam experiências anteriores junto a sistemas CAD), o que pode indicar nível representativo de rotatividade de pessoal (entretanto, não foi possível levantar com exatidão este dado em outros setores da empresa, usuários ou não de sistemas CAD).

Não foram verificadas formas de interação CAD/CAM. A principal característica da empresa, segundo um dos entrevistados, é uma forma bastante razoável de relação entre os diversos departamentos de engenharia

(mecânica, eletrônica, design de produtos etc.), no sentido de um desenvolvimento conjunto das características do produto, com uma grande agilização no intercâmbio de informações, atuando o CAD como um instrumento para coordenação da ação conjunta dos vários departamentos. Segundo um dos entrevistados, entre as vantagens do sistema CAD para as empresa estão a grande utilização da biblioteca (onde estariam praticamente todas as peças normalizadas pela empresa, inclusive desenhos de conjunto utilizados constantemente), o que pode também ser considerado uma conquista. Embora esta pareça ser a primeira e óbvia providência a ser tomada com a instalação do sistema, quase sempre trata-se de um processo difícil e complicado, tendo em vista que o tempo gasto nas primeiras etapas, a organização do sistema e do arquivo de peças pode ser bastante longo. Isto nem sempre é bem compreendido pela gerência, mais interessada em resultados mais palpáveis, como aumento imediato de produção.

A realidade, entretanto, não parece ser tão positiva, visto que em demonstrações apresentadas, e mesmo a partir de outras entrevistas, esta biblioteca não pareceu ser tão completa ou estar sendo utilizada de maneira eficiente. O setor visitado trabalha basicamente no desenvolvimento de produtos, a partir da interface com outros setores da engenharia. O sistema CAD permite um maior *entrosamento* entre as áreas, tanto na troca de informações para o desenvolvimento do produto como para o teste posterior do trabalho realizado. Neste aspecto merece destaque a semelhança com os casos analisados por TAVARONE e GODAU (1989) e MACHADO (1989).

Empresa “J”

Empresa fabricante de carrocerias de ônibus, existe a quarenta anos e possui em torno de 1000 funcionários. A equipe de projeto é composta por dezoito pessoas, divididas entre engenharia de projeto, design e engenharia industrial (esta divisão da engenharia da empresa em três áreas é anterior ao CAD). Entre as pessoas da equipe, a formação e o tempo de serviço na empresa é bastante variado, indo desde um ou dois anos até vinte ou vinte e cinco. Esta situação é aparentemente causada por fatores ligados à evolução da empresa e da grande crise sofrida por esta na década de 80. Naquela época a empresa quase foi a falência, sofrendo inclusive intervenção por parte do poder público. No início dos anos noventa foi assumida por um grupo de empresários do setor de transporte rodoviário e transferida para um novo espaço físico, bem mais amplo. Assim, a diferença entre tempos de serviço parece ocorrer em razão da existência de um grupo remanescente da antiga empresa e de outro, mais jovem, admitido após a fase mais crítica da crise. Foram entrevistados o gerente de projeto, um designer e o responsável técnico pela implantação do CAD.

A implantação do CAD ocorreu em 1988, seguindo o princípio de que a adoção do sistema agilizaria todo o processo projetual dentro das condições existentes. Após a implantação, houve uma paralisação no processo de expansão do sistema em função de outras prioridades da empresa, sendo que somente a partir de 1995 o CAD iniciou a segunda fase de ampliação. A configuração original consistia em uma estação gráfica baseada AT 286 e equipada com o software *Versacad*. Atualmente existem 6 estações equipadas com o AutoCAD, Release 12 (as novas estações gráficas foram adquiridas progressivamente, durante o ano de 1995, até ser atingida a configuração atual). É utilizada uma impressora *deskjet*, que imprime os desenhos realizados em formato A4. Existem dois plotters, dois quais apenas em um são impressos desenhos A1 ou A0, sendo os desenhos menores destinados à impressora (mesmo os desenhos originalmente gerados em formato A3 são reduzidos para A4). Em maio de 1995 existiam seis estações, adquiridas em fins de 94 e início de 95, com uma perspectiva de que durante o ano de 1996 o sistema fosse expandido.

No início, a principal aplicação era a configuração das carrocerias dos diversos modelos de ônibus, de forma deslocada do restante do processo projetual. O papel do sistema CAD era, então, a geração de diversas configurações de carrocerias a partir dos elementos existentes (janelas, portas, dimensionamento do chassi etc.). Atualmente pretende-se a aplicação de CAD para agilização do processo projetual, com parte de desenho estrutural, design, feito em CAD (em alguns modelos mais recentes). Além disso, existe a facilidade de alterações de projetos já implantados no sistema. Hoje parte da atividade gráfica é realizada em prancheta e parte em CAD, muito mais em função da falta de estações gráficas (segundo um dos entrevistados) do que de uma “*adequação do trabalho à prancheta*”. A tendência, neste caso, é a eliminação das pranchetas e sua substituição por novas estações gráficas.

Para o desenvolvimento de novos produtos (neste caso previstos para lançamento em 1998), os primeiros estudos são realizados na prancheta, depois são transferidos ao CAD e desenvolvidos. A expectativa, entretanto, é de que com a substituição de todas as pranchetas, todo projeto passe a ser desenvolvido no computador. Ainda não existe rede interna ou conexão externa, e estas não estão previstas pelo setor de engenharia. Segundo um dos entrevistados, a empresa já recebe, da Mercedes Benz e da Volvo (fabricantes de chassis para ônibus), desenhos em disquetes (gerados no programa CATIA e convertidos para AutoCAD). São

conhecidos casos de outras encarregadoras (de ônibus) em que este processo apresentou problemas com relação à compatibilidade de arquivos, o que, novamente segundo o entrevistado, nunca ocorreu aqui.

IV.5. O PROBLEMA.

Um das mais relevantes questões relacionadas à atividade projetual é a perda de informações e conhecimento gerados pelos diferentes atores envolvidos neste processo, em especial quando existem grandes equipes de trabalho, muitas vezes organizacionalmente separadas e/ou geograficamente distantes, característica comum em se tratando de produtos e/ou processos de alta tecnologia agregada. Isso acaba por gerar uma constante necessidade de retrabalho ou relevante perda de tempo para busca de informações, além de levar o projeto a resultados inferiores às possibilidades do grupo, tendo em vista a não agregação de todo o conhecimento gerado às normas da empresa.

Uma das soluções para a melhoria dos resultados obtidos nestes casos encontra-se em um maior nível de integração e melhores formas de interação entre os vários atores que, no entanto, possuem competências e linguagens diferentes, bem como distintas formas de expressão de seu próprio conhecimento. A maior participação dos diversos atores influenciados pelo processo projetual e pelo produto ao longo de seu ciclo de vida é um dos princípios propostos pelos conceitos de Engenharia Simultânea. Este princípio, entretanto, não é satisfatoriamente atendido pelos sistemas CAD observados durante a pesquisa de campo e do estado das práticas, bem como pela análise dos estados da arte e da técnica.

A lógica de funcionamento dos sistemas CAD não é normalmente concebida a partir da previsão de alterações projetuais ao longo do ciclo de vida do produto, restringindo sua utilização a determinadas fases do processo projetual que poderiam ser consideradas como “fases de trabalho projetual prescrito”. Esta questão, entretanto, não tem em uma limitação tecnológica seu referencial mais importante. A avaliação do estado das técnicas demonstra que a tecnologia disponível permitiria, ao menos teoricamente, a participação de todos os envolvidos nas diferentes fases do processo projetual.

O estado da arte e o estado da técnica apontam para uma especificação cada vez mais acentuada no sentido da busca de interfaces técnicas adequadas para os sistemas hard e software, deixando aos usuários o difícil encargo do domínio de uma tecnologia cada vez mais complexa (embora os padrões de interface gráfica venham apresentando notável melhoria, a agregação de novas funções acabam por tornar mais complexa a aplicação das várias ferramentas do sistema).

Os “perfis de usuários” prescritos para a utilização de sistemas CAD acabam por não contemplar o conjunto real de usuários que vão informar as revisões de projeto ao longo do ciclo de vida do produto (usuários finais, trabalhadores de chão-de-fábrica, pessoal de suporte e manutenção, população impactada por possíveis resíduos etc.). O modelo implícito aos sistemas CAD indica que o grupo usuário destes sistemas se restringe aos projetistas satisfatoriamente treinados. A inexistência de uma adequada interface com um grande grupo de pessoas que interferem de fato na atividade projetual real (por exemplo, restrições e/ou sugestões de chão-de-fábrica) pode acabar por obstruir ou retardar a circulação da informação de ao longo do ciclo de vida do produto, retardando e prejudicando seu desenvolvimento. A aplicação de sistemas CAD nas empresas pesquisadas demonstrou não ser suficiente para reduzir as perdas de conhecimento ocorridas durante o processo projetual, apesar de representar a ferramenta tecnológica apropriada para tal (visto que permite a integração através de sistemas informatizados e capazes de expressar as diferentes linguagens gráficas e não gráficas utilizadas).

O processo projetual é realizado através da interação entre diversos atores, que possuem normas de ação e formas de procedimento muitas vezes distintos, sendo constituído por um conjunto de competências, através de um trabalho sempre coletivo. Sua eficiência cresce à medida que as formas de interação entre os diferentes grupos são facilitadas e/ou incentivadas. Essa interação ocorre muitas vezes a despeito de estruturas organizacionais montadas com vistas à separação e limitação de competências em departamentos estanques. Os resultados desta situação refletem-se na perda de informações e do conhecimento gerados em diversas etapas do processo projetual, o que acaba por determinar resultados sempre inferiores ao potencial representado pelo grupo, este entendido não como estando restrito à equipe formal de projeto, mas englobando todos aqueles que mesmo que indiretamente contribuem ao desenvolvimento projetual, como os demais setores da empresa, o pessoal de chão-de-fábrica, consumidores, usuários dos produtos etc.

A estrutura empresarial e de gerenciamento do projeto nas empresas pesquisadas demonstrou não estar preparada para estabelecer protocolos de acesso convenientes a todos os participantes do projeto em níveis de informação e interação adequados a efetiva integração. Desta forma, a eficiência destes sistemas como suporte à atividade projetual é reduzida, visto que não apropriada a uma forma *real* de trabalho projetual, mas sim a sua

forma *prescrita*. As formas de agregação de diferentes expressões de conhecimento ao conjunto de normas de projeto da empresa, dentro do conceito de Engenharia Simultânea (o que constitui-se em um aspecto fundamental para aplicação de sistemas CAD) acaba assim sendo desprezado e/ou ignorado, tornando os resultados das aplicações CAD inferiores ao potencial tecnológico representado pelos sistemas.

Mesmo que existam ganhos de tempo e/ou eficiência no desenvolvimento de projetos, estes ocorrem muito mais em função da mera aceleração via automação de determinados procedimentos, como as atividades ligadas ao desenho, do que de um programa estruturado de modernização da atividade projetual como um todo. Ora, se um dos pressupostos da Engenharia Simultânea é uma real integração das informações de projeto geradas pelos diferentes atores envolvidos, o sistema CAD deveria fornecer subsídios para esta integração. Entretanto, não foram observadas significativas vantagens advindas de um incremento dos meios de circulação da informação através do sistema CAD nas empresas pesquisadas. Pode-se dizer, a partir do levantamento do estado das técnicas, que os subsídios tecnológicos para a informatização do processo projetual como um todo estão a grosso modo disponíveis, embora a integração da empresa através de sistemas informatizados (mesmo com recursos de redes baseadas em tecnologias tipo Internet - as chamadas *Intranets*⁹³) ainda seja um desafio técnico considerável. Ainda assim, as formas e estratégias de implantação adotadas acabam por desperdiçar esta importante ferramenta de modernização, reduzindo sua importância para a empresa e limitando suas formas de implantação. Além disso, acabam por “travar” o desenvolvimento do sistema em sua forma sistêmica, isto é, integrando todo o processo projetual na empresa e servindo como banco de dados para o conhecimento gerado.

Pressupõe-se que a partir da utilização de sistemas CAD a empresa passe a apresentar resultados superiores em termos de atividade projetual e, mais especificamente, em termos de gerenciamento de informações referentes a projeto. Ora, certos procedimentos típicos (como por exemplo a circulação de informação e o tempo gasto para busca de dados referentes ao projeto, ou mesmo o tempo despendido para re-trabalho em casos de “perda” de arquivos referentes à atividade projetual) podem ser indícios claros de que os problemas referentes à integração da atividade projetual não atingiu seus objetivos. A observação destas características básicas, de mensuração relativamente simples e segura podem indicar problemas referentes ao processo projetual que não foram de forma alguma solucionados pela adoção de sistemas CAD, ao contrário do discurso observado na maioria das empresas pesquisadas, em especial junto ao pessoal mais graduado. Estes fatos podem ser uma indicação de problemas mais graves, como aqueles relacionados à própria estrutura organizacional à qual estão inseridos os sistemas, funcionando como a ponta de um “iceberg tecnológico” relacionado ao CAD e ao próprio modelo de processo projetual. Desta forma, pretende-se demonstrar que a implantação de sistemas CAD através de estratégias pouco elaboradas e desenvolvidas, que desprezam o potencial oferecido pelo sistema como elemento de integração no processo projetual, acabam por oferecer soluções pouco ou nada eficientes. Nestes casos, a reestruturação da empresa e de seu processo projetual torna-se mais importante e mais urgente do que a larga utilização de novas tecnologias.

Em outro caso, o fluxo de informação através de arquivos gráficos e/ou não-gráficos e o acesso ao conhecimento gerado no desenvolvimento projetual pode ser avaliado a partir das formas de nomenclatura desses arquivos. O acesso à informação é substancialmente agilizado através de uma estreita normalização de códigos de nomenclatura, o que não foi observado nas situações analisadas. Em uma situação de projeto, em que muitas vezes milhares de arquivos estão catalogados, torna-se inviável, na prática, o acesso a determinada informação, em especial àquela pertencente a um antigo projeto desenvolvido por outra pessoa, outra equipe, outra empresa. É essencial, nestes casos, prover protocolos de acesso capazes de assegurar o fluxo de conhecimento e o adequado acesso por parte dos participantes da atividade projetual à informação solicitada.

Entretanto, a estrutura empresarial e de gerenciamento do projeto nas empresas pesquisadas demonstrou não estar preparada para estabelecer tais protocolos. Desta forma, a eficiência destes sistemas como suporte à atividade projetual é reduzida, visto que não apropriada a uma forma *real* de trabalho projetual (um trabalho realizado a partir da interação de conhecimentos pertencentes a grandes grupos heterogêneos), mas sim a sua forma *prescrita* (trabalho de um grupo restrito de projetistas altamente treinados, ou seja, a equipe *formal* de projeto). As formas de agregação de diferentes expressões de conhecimento ao conjunto de normas de projeto da empresa, dentro de um conceito de Engenharia Simultânea (o que constitui-se em um aspecto fundamental para aplicação de sistemas CAD) acaba assim sendo desprezado e/ou ignorado, tornando os resultados das aplicações CAD inferiores ao potencial tecnológico representado pelos sistemas.

Um produto industrial concebido e desenvolvido para ser produzido por diversas empresas conjuntamente envolve questões bem mais delicadas do que um processo de desenvolvimento tradicional e

⁹³ Redes internas às empresas com recursos HTML (Hiper Text Markup Language), que podem estar ou não conectadas com redes externas.

seqüencial, centralizado física e organizacionalmente. O fluxo de informações entre os envolvidos deve ser eficiente o bastante para que não existam problemas em relação às soluções parciais de projeto encontradas pelos diversos atores. O rigor do processo projetual assume maior importância e exige cuidados especiais, já que o trabalho de desenvolvimento do projeto assim como a produção em si, não está mais concentrado em um único grupo, nem mesmo em uma mesma empresa. Diferentes empresas são responsáveis pelo projeto e fabricação de diferentes elementos de cada produto. Neste sistema, torna-se crucial um efetivo e consistente intercâmbio de informações relativas ao projeto desenvolvido, normalmente sob supervisão da empresa principal.

Sistemas de comunicação tecnologicamente eficientes, a custos cada vez mais baixos, permitem que os projetos sejam desenvolvidos de forma paralela em diferentes países, por equipes separadas por milhares de quilômetros e de culturas muitas vezes absolutamente distintas. Muitas vezes os produtos são desenvolvidos em laboratórios de pesquisa e desenvolvimento situados em diferentes países, segundo a conveniência e os interesses expressos pela matriz. Dentro deste contexto, a adoção de sistemas informatizados, ao lado de um sistema eficiente de telecomunicações, coloca-se como um recurso indispensável à modernização da indústria e à melhoria de seus padrões de competitividade. Pode-se dizer também que esta modernização tem o potencial de influir na melhoria da qualidade dos produtos, tendo em vista um maior e efetivo controle do processos projetual e sua maior integração com outras fases do processo produtivo, como a fabricação, através de sistemas CAD/CAM.

A adoção de sistemas CAD pode também, a partir de características específicas dos software utilizados, influir de forma direta em aspectos ligados a qualidade de projetos, indicando falhas e interferências, além de realizar simulações e criar "maquetes eletrônicas", em situações onde antes seria necessária a confecção de uma série de modelos físicos. Além disso, pode-se otimizar as soluções de projeto adotadas através da realização de cálculos altamente complexos, o que seria inviável em situações "tradicionais" de projeto. Desta forma, acreditamos que, para a evolução do Brasil a um novo patamar de desenvolvimento tecnológico e industrial, é de fundamental importância a aplicação de novas tecnologias ligadas à atividade projetual, em especial para o desenvolvimento de produtos que, por sua natureza, envolvam a participação de grandes grupos e diferentes competências. De nada servirão estas tecnologias, entretanto, se não forem estabelecidos padrões de procedimentos e protocolos de comunicação que, ao mesmo tempo que rígidos o suficiente para a efetiva normalização das relações entre os grupos envolvidos, permitam a participação de todos os atores envolvidos.

As diversas formas de tecnologia informatizada de apoio ao projeto (citando mais uma vez SCHEER, 1993, ao privilegiar o aspecto de Integração - o "I" do CIM) são, nesta abordagem, primordialmente elementos de apoio à integração na empresa e à possibilidade de (1) maior e mais ágil geração de conhecimento (através da disponibilidade de informação) e (2) agregação deste conhecimento ao conjunto de normas da empresa, de forma a evitar a exaustiva e desestimulante repetição de tarefas, reduzindo o nível de "esforços redundantes" e evitando que diferentes equipes criem soluções que acabem por demonstrarem-se conflitantes em nível de desenvolvimento projetual.

A aplicação de sistemas CAD nas empresas pesquisadas demonstrou não ser suficiente para reduzir as perdas de conhecimento ocorridas durante o processo projetual, apesar de representar a ferramenta tecnológica apropriada para tal (visto que permite a integração através de sistemas informatizados e capazes de expressar as diferentes linguagens gráficas e não gráficas utilizadas). O que se percebe é que as informações geradas através da empresa são muitas vezes perdidas em função de falhas nos meios de comunicação formal. Ora, os sistemas CAD podem efetivamente criar uma ambiente propício a uma maior comunicação e melhor integração entre os diversos atores do processo projetual. Embora sua utilização não seja em princípio determinante para uma efetiva integração, o CAD pode, em conjunto com a adoção de princípios de engenharia simultânea e tecnologia de grupo, favorecer a integração e facilitar a interação entre diversas equipes, que ocorre na prática muitas vezes mais em função de relações pessoais e estratégias particulares do que em função de uma organização da empresa que estimule este processo. Esta interação entre grupos torna-se cada vez mais importante devido à maior complexidade tecnológica dos produtos e às novas estratégias de desenvolvimento que pressupõe uma ação de projeto "global", envolvendo muitas vezes equipes separadas geograficamente em milhares de quilômetros, dependendo fundamentalmente da eficiência de protocolos formais de comunicação.

Em ambientes que permitem os meios informais e pessoais de comunicação, como nas empresas pesquisadas, o relativo fracasso da adoção do CAD como elemento de integração projetual pode ser mascarada através da solução de problemas através da adoção de estratégias pessoais. À medida que a complexidade dos projetos cresce, com a exigência de manipulação e interação de uma quantidade cada vez maior de diferentes competências (e este é um pressuposto dos projetos de produtos de alta tecnologia agregada), torna-se necessária a elaboração de uma série de procedimentos formais de apoio à comunicação através dos novos sistemas, o que não é de forma alguma um processo trivial. Os casos de aplicação de sistemas CAD analisados demonstraram

que a efetiva contribuição destes sistemas à atividade projetual esteve sempre limitada a etapas bastante específicas do processo, em detrimento de uma contribuição efetivamente global, ou sistêmica. Nos parece que a circulação do conhecimento através das empresas não é efetivamente facilitado em função da aquisição da tecnologia, como era esperado, muito em razão da permanência de barreiras formais baseadas em estruturas departamentalizadas da organização. Além disso, a falta de normas efetivas e adequadas para a comunicação faz com que esta dependa fundamentalmente de uma "sinergia pessoal" entre os atores envolvidos no processo projetual, o que depende demasiadamente do peso das relações pessoais.

Sintomaticamente, não foram encontradas durante a pesquisa empresas que apresentassem um programa eficiente e consistente de ação para aplicação de sistemas CAD de forma integrada ou com o objetivo de atender às necessidades do processo projetual sob um ponto de vista sistêmico, reunindo as várias competências envolvidas. Neste caso, existe uma ampla série de recursos cuja utilização não foi observada durante a pesquisa: As novas tecnologias ligadas às telecomunicações e transferência de dados (como o caso da *Internet*, ou das *Intranets*, um suporte tecnológico para diversas mídias, desde textos e elementos gráficos até sons e imagens em movimento), além das novas formas de geração e armazenamento de informações. Estas configuram-se, conforme LÉVY (1995), em uma nova linguagem de comunicação, fato que BÉGUIN (1994) também assinala ao considerar que o projetista não possui mais como objeto de trabalho o desenho, mas um "documento gráfico informatizado".

Este documento possui características que determinam diferenças marcantes em relação aos antigos registros em papel, oferecendo a "virtualidade"⁹⁴, a possibilidade de que o desenvolvimento do trabalho seja realizado em qualquer local, que as fronteiras entre competências, grupos, equipes, setores, empresas e países seja cada vez mais tênue. Além disso, a circulação do conhecimento permite uma interação inédita, através de sistemas informatizados que disponibilizem a informação onde esta é necessária. Neste caso, as dificuldades atuais estariam não em questões tecnológicas, mas nas dificuldades de criação do modelo de rede mais apropriado e em seu adequado gerenciamento.

A pesquisa demonstrou que esta "nova dimensão" do documento projetual ainda não foi satisfatoriamente percebida por aqueles que possuem poder decisório para efetiva implantação dos princípios propostos⁹⁵. Pode-se dizer que as mudanças ocorridas nos meios e no objeto de trabalho refletem de maneira decisiva não somente nas formas de interface entre usuários de sistemas CAD e os resultados de seu trabalho (o projeto), mas também, e principalmente, na estrutura e na organização da apresentação destes resultados, agora não necessariamente representados em duas dimensões através de suportes físicos (como o papel). Este fato ainda não foi considerado, ou observado, nas empresas pesquisadas, que apresentam uma visão acerca de sistemas informatizados de apoio ao projeto muito mais centrada na mera aceleração do que em um instrumento de efetiva mudança de paradigmas profundamente associados ao processo.

IV.6. AVALIAÇÃO DOS SISTEMAS CAD NAS EMPRESAS PESQUISADAS

Para o aumento da eficiência verificada no processo projetual, fazem-se necessárias modificações em sua estrutura que privilegiem a integração e a adequada comunicação entre os atores envolvidos. Para que estas modificações sejam efetivamente aplicadas, é fundamental um planejamento centrado nas necessidades reais dos usuários das novas tecnologias. Na análise destas questões, foram utilizados quatro níveis distintos de abordagem, descritos na proposta metodológica (detalhada em anexo). Através destes, foi possível levantar os principais fatores que interferem na reestruturação do processo projetual através da modernização tecnológica ocorrida com a implantação de sistemas CAD e determinam que sua utilização não atinja os resultados esperados. Estes fatores, a partir de cada nível, são resumidamente os seguintes:

MACRO AMPLIADO

Neste nível de abordagem pôde ser observado que a inexistência de uma política industrial consistente que viabilize na prática o desenvolvimento de projetos essencialmente brasileiros acaba por limitar a aplicação

⁹⁴ Sobre o que é o "virtual" e suas implicações, ver LÉVY (1996)

⁹⁵ Este fato pôde ser observado em uma apresentação pública de um novo software CAD, na qual a oportunidade de um aprofundamento da discussão acerca das novas possibilidades de integração de diferentes mídias através do CAD expostas pelo palestrante eram desconsideradas em função de dúvidas (do público) relacionadas principalmente aos procedimentos para construção de desenhos em duas dimensões.

efetiva de sistemas CAD em empresas no Brasil, visto que na maioria dos casos não faz parte das prioridades dessas empresas uma consistente atividade projetual. Uma análise mais profunda desta questão e de suas conseqüências foge ao âmbito deste trabalho, mas demonstra que diversos aspectos de política econômica e de desenvolvimento no Brasil acabam por gerar reflexos importantes dentro das empresas (sobre este assunto, ver PROENÇA E CAULLIRAUX, 1997).

Além disso, a carência de políticas claras de desenvolvimento científico e tecnológico acabam por determinar um crônico atraso no potencial da indústria brasileira. Reflexo desta situação está na pauta de exportações (cujo expressivo percentual ocupado pelas denominadas *commodities* é sem dúvida preocupante) e na ausência de marcas brasileiras fortes no mercado internacional, fatores que poderão trazer, já a curto prazo, problemas para uma postura mais agressiva do Brasil em termos de comércio exterior. Neste caso, exemplos como o da Coréia (embora nunca devam ser levados ao pé da letra) podem ser bastante úteis para demonstrar como países de industrialização recente podem ter presença relevante no mercado mundial (neste caso em marcas como Samsung e Hyundai, por exemplo). Embora o Brasil possua a vantagem de um grande mercado interno e a possibilidade de agregar um extenso contingente populacional hoje marginalizado a este mercado, não devem ser desprezadas as chances de comércio exterior, até em função da concorrência estabelecida por produtos estrangeiros no próprio mercado interno e das possibilidades de liderança regional oferecidas pelo Mercosul.

Por fim, a própria estrutura social e cultural brasileira reflete-se negativamente nas relações e características culturais das empresas. Relações e decisões baseadas em critérios pessoais, desprezo e uma série de atritos (mais ou menos aparentes) entre os atores envolvidos direta ou indiretamente no processo projetual (projetistas, pessoal de chão-de-fábrica, equipes de suporte etc.) contribuem em muito para o insucesso das tentativas de implantação de sistemas CAD avaliadas (em especial nas empresas "C", "D", "E" e "J"). Desta forma, as propostas de integração através de sistemas informatizados acabam por esbarrar na pura e simples exclusão de atores muitas vezes importantes para o sucesso da empreitada, através de tomadas de decisão isoladas e realizadas de forma autoritária⁹⁶.

MACRO.

Em todas as empresas pesquisadas (com a possível exceção da muito específica empresa "G"), a implantação de sistemas CAD não era efetivamente tratada como uma inovação de caráter estratégico, embora este ponto de vista fosse normalmente colocado durante as entrevistas junto ao pessoal de nível gerencial e/ou administrativo. A grande potencialidade destes sistemas como fator de integração na empresa e mesmo entre diferentes empresas não era considerado durante o processo de implantação ou, se o era, não possuía força suficiente para efetivamente ser colocada em prática, visto que os responsáveis pela condução da implantação do CAD ocupam, na maior parte das vezes, cargos intermediários no *staff* gerencial. Esta situação demonstra que a implantação de novas tecnologias para apoio ao projeto deve ser patrocinada e encampada pelas lideranças formais e informais das empresas, como forma de efetivamente envolver todos os grupos potencialmente afetados.

O que se pôde observar nas empresas pesquisadas foi um comprometimento limitado por parte daqueles que deveriam apoiar a consolidação do sistema. Na verdade, pode-se perceber que na maioria das vezes não estava claro para a alta administração o papel do sistema CAD como integrador dos vários processos ligados à atividade projetual na empresa. Além disso, o fraco papel desempenhado pelos setores de projeto na maioria dos casos impedia que estes se tornassem um "*foco de referência*" para a modernização da organização. A reestruturação do processo produtivo (e mesmo da empresa como um todo) em função das novas ferramentas de projeto não é vista como uma oportunidade para melhoria, mas como um risco que deve ser evitado. Nas empresas pesquisadas foi observado que os processos de modernização eram pautados pela adoção pura e simples de novos recursos técnicos, como pacotes fechados e prontos para o uso, sem que a estrutura organizacional da empresa fosse alterada a ponto de colocar em risco os "poderes estabelecidos"⁹⁷. Além disso, não foi observada uma aconselhável *postura crítica* diante da adoção do sistema, nem a utilização de critérios consistentes para sua seleção, definição das aplicações e de seu papel para os objetivos da empresa.

⁹⁶ É a estratégia de incluir "sistemas participativos", através da imposição de cima para baixo e normalmente sem contrapartidas sérias por parte da empresa. No caso das empresas "C", "D" e "I", a implantação do CAD ocorreu a partir do raciocínio "trocam-se os equipamentos, trocam-se os projetistas". O resultado alcançado, ao menos em "D", foi pífio.

⁹⁷ Mesmo em empresas que apresentaram processos de "reengenharia" (como "A", "B" e "J"), estes mostraram ser mais uma maneira de justificar amplos programas de dispensa de pessoal do que propriamente uma profunda reestruturação da empresa visando sua melhoria.

A melhoria dos níveis de qualidade de projeto a partir da introdução de sistemas CAD não é, na maioria das vezes, resultado direto da adoção do sistema, mas ocorre em função da possibilidade de agregação imediata ao banco de dados da empresa do conjunto de informações geradas durante o processo projetual. Na maioria dos casos pesquisados não foi possível observar uma melhoria na qualidade de projeto que estivesse ligada diretamente à implantação do CAD. Exceções foram as empresas “B” e “F”, ambas por contarem com uma série de aplicativos específicos para simulação do projeto e criação (no caso de “F”) de maquetes eletrônicas. Desta maneira, era desperdiçada a oportunidade de, através de processos de integração entre os vários atores envolvidos, levantar e acumular as diferentes formas de conhecimento relacionadas à atividade projetual.

MESO.

Tendo em vista a falta de uma efetiva coordenação, por parte da alta administração, dos processos de modernização ocorridos nas empresas e a ausência de um consistente planejamento estratégico, as iniciativas para aplicação de novas ferramentas eram normalmente localizadas e distribuídas de maneira irregular ao longo do tempo, em muito pautadas por decisões do pessoal técnico de nível gerencial ligado às áreas de engenharia e/ou informática que, embora pudessem ser justificadas a partir de uma avaliação localizada e pontual, não possuíam necessariamente relação com as demais. Este cenário foi percebido em especial nas empresas “A”, “C”, “E” e “I”.

Mesmo nas empresas em que este planejamento pôde ser observado, a realidade do processo de implantação não correspondeu às expectativas, muito em função da falta de comunicação entre os atores envolvidos no processo projetual, como nas empresas “E”, “G” e “H”, que acabaram por “truncar” a implantação de seus sistemas de apoio ao projeto em função de interesses e estratégias específicas de cada um dos atores. Mesmo na empresa “G” (um pequeno escritório de arquitetura), embora o sistema fosse utilizado de forma constante por todos os envolvidos, sua passagem para outras fases do projeto (sob responsabilidade de outras empresas) era bastante complexa e não oferecia nenhuma forma de integração ou *feedback*, o que demonstra que, neste caso, embora houvesse um ganho em determinada etapa, este era muito mais em função da aceleração e intensificação do trabalho do que de uma reestruturação *sistêmica* de todo o processo projetual.

Pode-se dizer que, em virtude da carência de uma coordenação efetiva de informatização das empresas em nível macro, faltou aos responsáveis pela escolha dos equipamentos uma visão global dos interesses estratégicos da empresa e um poder de decisão sobre assuntos que acabarão por definir formas de opção tecnológica da organização a longo prazo (nos casos avaliados, as observadas “mudanças de rumo” na implantação do CAD podem ser atribuídas a este tipo de problema). Estas decisões, embora devam contar com o suporte técnico do *staff* gerencial, devem ser tomadas sob responsabilidade da alta administração, dentro de uma perspectiva de planejamento à longo prazo, o que não foi observado⁹⁸.

As formas de comunicação entre equipes foi sempre um problema sério nas empresas pesquisadas. Em todos os casos, a comunicação pessoal mostrava-se mais relevante do que aquelas realizadas através do sistema informatizados. Mesmo em casos de rede local, eram observados procedimentos de “redundância de informação”, ou seja, as mensagens geradas através da rede, fossem verbais ou de conteúdo gráfico (como desenhos) normalmente requeriam confirmação e detalhamento pessoais. Um bom exemplo desta situação foi levantado na empresa “B”, onde arquivos vindos da matriz no exterior através de redes de comunicação na maioria das vezes não eram totalmente compreendidos, exigindo esforço extra e muitas vezes altos níveis de re-trabalho para sua aplicação em projetos finalizados no país, seja devido a problemas técnicos de interface entre diferentes software como pelo fato de que, segundo um dos usuários entrevistados, “o pessoal da matriz não sabe desenhar” (ou seja, possui padrões de trabalho distintos daqueles adotados no Brasil).

Os efeitos do sistema CAD no ciclo de projeto são, desta forma, muito mais para aceleração e intensificação do processo em etapas determinadas do que para sua efetiva reestruturação. Toda a organização departamentalizada das empresas, formas e procedimentos burocráticos de comunicação são mantidos, apesar da aplicação de novas tecnologias, o que implica em um flagrante desperdício dos novos recursos existentes. Pode-

⁹⁸ Cabe comentar que a grande maioria das empresas pesquisadas mostrou padecer de cinco das “sete doenças fatais” de Deming (WALTON, 1989): (1) Falta de constância de propósito; (2) Ênfase nos lucros a curto prazo; (3) Avaliação pelo desempenho, por notas de mérito ou pela verificação anual do desempenho; (4) Mobilidade da administração e (5) Direção da empresa apenas com base em números visíveis (As duas restantes referem-se somente aos EUA e são (6) Custos exagerados de assistência médica e (7) Custos exagerados de garantia, promovidos por advogados que trabalham na base de honorários contingentes). Além destes, existem os obstáculos como: o pouco caso com o planejamento a longo prazo; a confiança na tecnologia para resolver os problemas; a busca de exemplos a serem seguidos em vez de soluções; desculpas como, por exemplo, “nossos problemas são diferentes” (no caso das empresas pesquisadas era comum ouvir desculpas como: “isso nunca daria certo por aqui”). Neste caso, pode-se tecer a respeito da alta administração brasileira os comentários de Deming voltados aos EUA, no sentido de uma preocupação exagerada com números e lucros de curto prazo em detrimento de um compromisso com o futuro da empresa, ou seja, pensam como acionistas e não como empreendedores.

se perceber que o maior problema nas empresas pesquisadas não está na mera aquisição da nova tecnologia, mas em sua adequada aplicação de forma a tornar todo o processo projetual mais eficiente.

MICRO.

As formas de interação entre usuários diretos e o sistema CAD, bem como a interface apresentada por estes sistemas são problemas crônicos, comuns a todas as empresas pesquisadas. A complexa interface e o grande número de informações a serem manipuladas são problemas ainda não resolvidos, e os recursos de treinamento e formação adotados não demonstram capacidade para suprir de forma adequada esta deficiência. Na maior parte dos casos, a formação oferecida pela empresa deve ser completada através de um expressivo esforço pessoal por parte dos usuários do sistema, seja através de cursos extras (normalmente patrocinados pelos próprios usuários) como, na maior parte dos casos, utilização do tempo originalmente reservado ao repouso (horário de almoço, após o expediente, em casa) para investigação acerca dos recursos oferecidos pelo sistema.

Não foi observada durante a pesquisa uma consistente aplicação de recursos informatizados para integração entre projetistas e entre estes e o pessoal de outras áreas. Desta forma, grande parte dos recursos apresentados pelas novas tecnologias para a criação de uma estrutura inédita de suporte ao conhecimento são ignorados em função da aplicação imediata do sistema ao processo existente, o que não chega a trazer benefícios relevantes ao processo projetual, ao menos nos casos pesquisados. Aparentemente, a aplicação de novas formas de comunicação (através de redes, por exemplo) e novos recursos informacionais (como um efetivo controle das informações relevantes aos processos de projeto) continuam restritos a casos bastante específicos, como laboratórios de pesquisa e empresas de ponta (como nos casos descritos por BARRET, 1994, GOPAL e GAGNON, 1995, LEUNG, 1995 e MILLS, 1995).

O posto de trabalho permanece também como uma questão não resolvida na maioria das empresas pesquisadas. Embora o CAD seja normalmente associado a um alto investimento, reconhecidamente importante para o futuro da empresa, é comum a improvisação do mobiliário das estações gráficas, gerando uma maior dificuldade de interação e prejudicando (quando não impossibilita, como em "E") o uso adequado do sistema.

Além disso, são frequentes relatos de problemas técnicos ligados direta ou indiretamente ao equipamento, o programa utilizado e/ou ao sistema de suporte, o que prejudica sobremaneira o desenvolvimento das tarefas propostas e a aceitação do sistema CAD como instrumento confiável para o trabalho. Esta situação de "equipamento degradado" é bastante comum em todas as empresas pesquisadas (em especial em "A", "C", "E", "F", "H" e "I") e configura-se como um dos maiores obstáculos para a efetiva implantação do sistema.

IV.7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.

A pesquisa demonstrou que as principais questões a serem observadas para a adequada aplicação de sistemas CAD nas empresas brasileiras encontram-se muito mais ligadas a aspectos estruturais das empresas do que às tecnologias CAD disponíveis. Dentre estas questões mostram-se relevantes aspectos como o adequado gerenciamento dos processos projetuais e a organização do trabalho dos projetistas, além de questões ligadas à "cultura técnica" das empresas e aos processos de formação e informação dos diversos atores envolvidos.

Estes acabam por tornarem-se mais complexos, abrangentes e de difícil solução do que problemas estritamente tecnológicos, embora a tecnologia demonstre ser ainda um obstáculo sério em muitas situações. Entretanto, em alguns casos (como "A", "C", "F" e "H") os problemas ligados a questões técnicas mostraram ter uma estreita ligação com questões estruturais da empresa, como a ausência de meios eficientes de comunicação organizacional e equívocos ocorridos durante o planejamento da implantação. Problemas decorrentes da falta de informações a respeito dos sistemas a serem adquiridos, além da falta de estruturas de suporte e manutenção eficientes, determinaram em vários casos (em especial nas empresas "A", "C", "D", "H" e "J") a ocorrência de problemas ligados à tecnologia adotada, como incompatibilidade entre equipamentos, limitações de capacidade para as aplicações propostas e super dimensionamento de alguns periféricos (notadamente plotters - nas empresas "B", "H" e "J" - e mesas digitalizadoras - empresas "A" e "H").

Mesmo onde esta questão encontra-se mas definida, os meios informatizados e os sistemas de comunicação não demonstraram ser capazes de permitir a integração ao conjunto de normas da empresa do conhecimento técnico gerado fora do setor de projetos. A estrutura dos sistemas CAD (e das tecnologias a ele associadas, como o CAM) não permite, por exemplo, a intervenção do operário, para que este possa realmente intervir no processo produtivo, trazendo para a empresa (e para o projeto) o conhecimento de sua competência. Em um sistema realmente integrado, qualquer modificação ocorrida durante o processo de projeto e produção

poderá ser acessada e analisada por membros da equipe de projeto. Modificações em máquinas, equipamentos, alterações de última hora poderiam ser de conhecimento da equipe de projeto, caso fossem previstas alterações no processo originalmente prescrito, ou seja, fosse reconhecida a limitação do projeto enquanto precursor de uma situação de trabalho (e de produção) que ainda não existe⁹⁹.

Torna-se necessário que a empresa como um todo esteja preparada e atenta para absorver conhecimentos acerca da adequada aplicação dos novos recursos de comunicação, em uma atitude que poderia ser considerada “*pró-ativa*”. De nada adiantará a introdução de novos sistemas que não sejam adequadamente utilizados, não permitindo o envolvimento daqueles que deveriam ser seus usuários. As diversas tecnologias de base micro-informática podem fornecer numerosos casos desse tipo, como *software* que não são *amigáveis* ao usuário, sistemas que não apresentam níveis satisfatórios de confiabilidade, recursos do sistema que não estão ao alcance de um projetista (a não ser que altamente treinado) etc. Nestes casos, somente a partir de um considerável esforço pessoal e após períodos relativamente longos o usuário pode atingir um nível considerado “eficiente” de uso do sistema. Esta estratégia (ou falta de) acaba por criar uma espécie de “*corrida pela tecnologia*” que pode levar a criação de dois grupos extremos de indivíduos, ou sejam, os *apaixonados pela técnica* e aqueles que acabam por refutá-la por completo, em uma espécie de “*antitecnologia*” ou “*tecnofobia*”¹⁰⁰.

A falta de uma política estratégica de longo prazo em relação à implantação de sistemas CAD acaba por abrir espaço para excessivas “correções de rumo” ao longo do tempo¹⁰¹, que afetam a curva de aprendizado dos usuários, sejam estes diretos (operadores que não conseguem “dominar” o CAD) ou indiretos (gerentes incapazes de compreender as diferentes formas possíveis de aplicação dos vários sistemas na empresa). Desta forma, não é observado o desenvolvimento de um “*acúmulo de competência*” acerca dos sistemas utilizados, capaz de reverter a situação característica de utilização superficial do CAD.

Esta situação implica também em outras questões, como aquelas relacionadas à avaliação do aprendizado e aos níveis de produção atingidos. Nas empresas pesquisadas não foi possível observar um controle consistente sobre os níveis de desempenho das equipes de projeto antes e após o CAD, bem como de sua evolução¹⁰², o que acaba por impedir, na prática, qualquer análise mais consistente sobre o tema. Apesar disso, pode-se perceber que, na maioria dos casos pesquisados (com exceção das atividades de desenho com componentes altamente repetitivos) o ganho, se ocorreu, esteve francamente abaixo das expectativas.

FLEURY e FLEURY (1995) enumeram uma série de conceitos ligados à “aprendizagem organizacional” como forma de distinguir aquelas empresa que possuem a capacidade de “*desenvolverem rotinas, ou seja, procedimentos relativamente padronizados, para lidar com problemas internos e externos. Estas rotinas vão sendo incorporadas, de forma explícita, ou inconsciente, na memória organizacional*”. Os autores citam GARVIN (1993), que propõe cinco caminhos através dos quais a aprendizagem organizacional pode ocorrer: (1) resolução sistemática de problemas, (2) experimentação, (3) experiências passadas, (4) circulação de conhecimentos e através de (5) experiências realizadas por outros.

Pode-se perceber que na atividade de projeto os conceitos de aprendizagem organizacional possuem grande valor, a medida que o projeto é o início e o fim da atividade industrial, e o desenvolvimento de produtos e/ou idéias é o objetivo maior para a geração do conhecimento na empresa e resultado do conjunto de competências formado pelo grupo (grupo este que, em última análise, constitui a empresa). As empresas pesquisadas, em especial aquelas que passaram por “mudanças de rumo” em relação aos sistemas CAD, parecem ter dificuldades para “aprender com o CAD”, visto que (1) não existem problemas definidos e/ou explícitos para serem resolvidos pelo CAD, (2) as experiências junto ao sistema são limitadas e superficiais, (3) não existe uma

⁹⁹ Já existem sistemas informatizados que indicam ao projetista as possibilidades e as limitações que devem ser impostas ao projeto. Ao ser projetada determinada peça, por exemplo, são fornecidas informações como se é possível construir tal peças com os equipamentos existentes, se existem peças e/ou ferramentas similares (dentro do conceito de tecnologia de grupo), disponibilidade de material, custos, tempo de ocupação das máquinas etc. Podem ser agregados ao sistema informações adicionais sobre o estado dos equipamentos, problemas e/ou falhas ocorridas etc., desde que exista a possibilidade de que estas informações seja inseridas, preferencialmente, por aqueles que efetivamente detém o conhecimento acerca do estado dos equipamentos e das condições existentes no chão-de-fábrica, como os operários.

¹⁰⁰ Essa distinção é feita de forma bastante interessante por PIRSIG (1994).

¹⁰¹ Como exemplo, deve-se lembrar que, das quatro empresas já visitadas em 1992, três alteraram radicalmente seus programas de utilização e implantação de sistemas CAD, em direção a software e equipamentos mais simples, abandonando a experiência anterior.

¹⁰² Pode-se considerar, entretanto, que a “ausência” de dados pode ser resultado de outro problema: o constrangimento diante da possibilidade de expor uma situação considerada incômoda, ou seja, o desejo das empresas de esconder os maus resultados alcançados (fato observado por GONZALES e SANTIS, 1996, em relação ao gerenciamento de documentos).

"história" do sistema na empresa, (4) os processos de implantação localizados, as formas de preservação de arquivos e a própria estrutura das empresas não estimulam a circulação do conhecimento e (5) as experiências conhecidas por parte de outras empresas normalmente não revelam as dificuldades encontradas, não contribuindo portanto para o processo de aprendizado.

A aparentemente constante *revolução* proporcionada pela introdução de novos sistemas informatizados pode acabar por mascarar resultados efetivamente alcançados, dificultando a avaliação dos usuários. Deve-se considerar seriamente se os aumentos nos níveis de produção são consequência de maior conhecimento e habilidade por parte dos usuários ou resultado da adoção de um novo *software* ou da instalação de um computador mais potente (caso da empresa "F" e, possivelmente, da "E").

Estas questões, entretanto, não devem ser consideradas, *a priori*, como barreiras intransponíveis à implantação de sistemas CAD, mas sim tratadas como desafios a serem efetivamente enfrentados. Todo o esforço e experiência acumulados nos diversos casos pesquisados demonstram que, apesar de todos os problemas constatados, existem indícios de que a situação vem evoluindo positivamente, com a difusão cada vez maior desta tecnologia.

No caso das hipóteses demonstradas, a solução para diversos problemas relacionados a sistemas CAD não está na adoção pura e simples de novos equipamentos, sempre mais sofisticados e, na maior parte das vezes, mais complexos, mas na adoção de formas eficientes de gestão de projetos e, mais especificamente, do conhecimento gerado em seu desenvolvimento, que torna-se hoje, sem dúvida, o maior patrimônio de qualquer empresa. Formas eficientes de agregação desse conhecimento às normas da empresa passam pela elaboração de procedimentos e ferramentas para a codificação de arquivos durante o processo projetual, dentro de uma estrutura consistente que permita a recuperação deste conhecimento em tempo hábil e sua imediata assimilação por outros atores do processo produtivo.

A tecnologia e os princípios básicos para tanto encontram-se disponíveis:

- Aplicação de princípios de Engenharia Simultânea através da efetiva utilização de sistemas CAD como elementos de integração entre diferentes grupos (atores).
- Sua associação a conceitos de Tecnologia de Grupo para efetiva codificação de arquivos, relacionando-os de forma eficiente e clara aos itens, conjuntos e produtos desenvolvidos.
- Utilização de ferramentas de hipertexto, como a tecnologia HTML, para estabelecer conexões imediatas e relacionais entre arquivos, possibilitando o gerenciamento dos imensos bancos de dados relativos a projetos, compostos de arquivos gráficos ou não gráficos.

Este trabalho procura demonstrar que, a partir destes princípios, toda a utilização de tecnologias informatizadas associadas à elaboração de projetos poderá ser potencializada, atingindo níveis de benefício para as empresas bastante superiores aos alcançados pelo modelo atual de aplicação dos sistemas, da forma como observado nas empresas pesquisadas. Este modelo, que privilegia a solução de "gargalos" pontuais existentes no processo "tradicional", possui, em nossa opinião, limitações sérias no sentido de aprimorar uma série de procedimentos de projeto desenvolvidos para uma realidade tecnológica que não existe mais. Trata-se, portanto, de utilizar novas soluções em antigos problemas, muitas vezes (como foi demonstrado) criando novas complicações.

A aplicação de tecnologias informatizadas de apoio ao processo projetual pode ter uma importante relação com o nível de competitividade apresentado pelas empresas, sendo um instrumento importante para a passagem do Brasil a um novo patamar de desenvolvimento industrial independente. Entretanto, devem ser considerados seriamente os aspectos levantados por este trabalho e a efetiva relação entre os diferentes níveis abordados, como forma de melhor compreender os efeitos da implantação de sistemas CAD nas empresas e o real potencial apresentado por esta tecnologia que não deve ser de forma alguma abandonada, mas antes de mais nada compreendida.

Bibliografia.

- ARAKAKI, R e TORI, R. 1991 *Conceitos de Automação de Projetos*, in Anais do XXIV Congresso Nacional de Informática. São Paulo: Sucesu-SP, pp. 385 - 393.
- ASHLEY, Steven, 1992, "DARPA initiative in concurrent engineering". In Mechanical Engineering, v 114, n 4 (Apr), p 54-57.
- ASHTON, Andrew. 1996. "Eurotúnel: Como Gerenciar uma Montanha de Papel." Palestra conferida durante a INFOIMAGEM-96. In: Mundo da Imagem, n. 17 (20/out) São Paulo: CENADEM - Centro Nacional de Desenvolvimento do Gerenciamento da Informação.
- ATWOOD, Thomas M., 1992, "Object-oriented databases: a new enabling technology for design applications". In: AUTOFACT Conference Proceedings 1992. Publ by SME, Publisher, Manufacturing Engineering, Dearborn, MI, USA. p 26-1-6
- AUTODESK, Inc. 1994, The AutoCAD Resource Guide. Sunsalito: Autodesk Inc..
- BACK, Nelson, 1983, Metodologia de Projeto de Produtos Industriais. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Dois S.A.
- BADHAM, R. 1991 CAD/CAM and Human Centered Design. Wollongong: Science and Technology Analysis Research Group
- BADHAM, Richard; WILSON, Simon. 1993 "Smart sociotechnical CIM systems. Beyond island solutions and turnkey philosophies" In: International Journal of Human Factors in Manufacturing v 3 n 2 Apr . p 117-133
- BADLER, Mitchel M. 1996 "Eurotúnel: US\$ 5 milhões por dia". In: Mundo da Imagem. Nº 17, p 10. São Paulo: CENADEM
- BAGNARA, 1984. "Linterazione uomo macchina nelle teorie a base informatica: note", In: Studi organizzativi, n. 2. Citado por REBECCHI, Emilio. 1990. O Sujeito Frente à Inovação Tecnológica. Ed. Vozes/IBASE, Petrópolis. 126 pp. Ed. Orig. de FIOM/CGIL e Rosemberg & Selier-editores de Turim, 1985. pág. 48.
- BAK, David J.; BARTLETT, Norman; HARS, Adele, 1995. "CAD, CAM, and CAE: Formula One's Favored Team". In Design News (Boston) v 50 n 10 (May/22). p 70-72
- BARCELLOS, Paulo César de Araújo, 1994, "Uma proposta educacional básica para a efetiva capacitação de recursos humanos para a automação flexível" In: Anais do Segundo Congresso Brasileiro de Automação Industrial. (CD ROM) São Paulo: SOBRACON - Sociedade Brasileira de Comando Numérico, Automação Industrial e Computação Gráfica.
- BARRA, Rogério Almeida e MENDES, Manuel de Jesus, 1989. "Transferência de Dados de Produtos em CIM", in Anais do 4º Simpósio Sobre CAE/CAD/CAM. São Paulo: SOBRACON - Sociedade Brasileira de Comando Numérico e Automação Industrial.
- BARRETT, Jon., 1994, "Rapid product development plan". In: Engineering Computers v 13 n 2 (Apr).
- BARTOLOMAIS Júnior, Luiz, 1993, "A Hora de Repensar a Robotização na Indústria Automobilística", in: Quatro Rodas, nº 401 (Dez). São Paulo: Editora Abril.
- BEAL, E. 1988 "A CAD/CAM integration saga unfolds at General Motors." In: Computer Graphics Review, vol. 3, no. 6, pp. 26-40
- BEGUIN, P., RABARDEL, P., TROTTA, J. 1992 "La CAO/DAO en INGENIERE - Vers de nouvelles articulations des dimensions individuelles et collectives du travail". In: XXVII Congrès de SELF. LILLE.
- BEGUIN, Pascal. 1994. Travailler avec la C.A.O. en ingénierie industrielle: de l'individuel au collectif dans les activités avec instruments. Thèse d'Ergonomie. Paris: Conservatoire National des Arts e Métiers. 230 p.
- BENNATI, R. 1990, Aplicações da Informática na Indústria Mecânica. Ed. Vozes/IBASE, Petrópolis. 106 pp. Edição original de FIOM (Federação dos Trabalhadores da Indústria Metalúrgica)/ CGIL (Confederação Geral Italiana de Trabalhadores) e Rosemberg & Selier-editores de Turim, Itália, 1985.
- BERTEIRO, Carlos Osmar, 1990. "Cultura Organizacional e Instrumentalização do Poder", in: FLEURY e FISCHER. Cultura e Poder nas Organizações. São Paulo, Ed. Atlas, SP. Pp. 40, 41.
- BESANT, C.B. 1988, CAD/CAM. Projeto e Fabricação com o Auxílio do Computador. Tradução de Ricardo Reinprecht. 3ª edição, Editora Campus, Rio de Janeiro. Ed. Orig. Ellis Horwood Limited, Chichester, England, 1983.
- BEYER, J. e TRYCE, H., 1986, "How an Organization's Rites Reveal it's Culture", in Organizational Dynamics.
- BONFIM, Gustavo Amarante, 1988, "A tecnologia Irreversível. Entrevista de NAGEL, K-D". in Design & Interiores. Revista Brasileira de Desenho Industrial, Comunicação Visual e Arquitetura de Interiores. número 10 (set/out). Projeto Editores Associados, São Paulo, pp. 97-102.
- BONSIEPE, Gui, 1978, Teoría y práctica del diseño industrial - Elementos para uma manualística crítica. Colección Comunicacion Visual. Barcelona: Editorial Gustavo Gili.
- BOURKE, Richard W., 1993, "New solutions for old problems: product data management and configurator systems". In: Annual International Conference Proceedings - American Production and Inventory Control Society 1993. Publ by APICS, Falls Church, VA, USA. p 514-577
- BRITO, Manoel Francisco. 1996 "Hipertexto". In: Revista VEJA. São Paulo: Editora Abril S.A. Edição Especial (nov.). Pág. 16.

- BRÖDNER, P., 1988, "La Fabrica en la Encrucijada entre los Caminos "Tecnocentrico" y "Antropocentrico", in Revista Sociologia del Trabajo, nº 2 (inverno 1987/88), pp 39 - 51.
- BROOKS, Barry 1990 "Design - the starting point for CIM" In: R & D Management Review, vol. 20, n. 3, p 211 - 227.
- BUENO, Francisco da Silva Bueno. 1995. Dicionário Escolar da Língua Portuguesa. 11ª edição, 14ª tiragem. Brasília: Ministério da Educação e do Desporto. P 1058.
- BURDEK, Bernhard E. 1994. Diseño: História, Teoria y Práctica del Diseño Industrial. Barcelona: Gustavo Gilli.
- CARROL, Paul., 1994, A Derrocada da IBM, Série Business Books. Rio de Janeiro: Ediouro.
- CARVALHO, M. C. e SOUZA, V. 1996 "Acidentes de Trabalho: Número de Mortos Volta a Crescer em 1995". São Paulo: Folha de São Paulo, 16 de Junho. P. 8 - 9.
- CATUNDA, R.M.P. 1990 Administração da Qualidade como Tendência para Adequação de Produtos aos Mercados. Dissertação M.Sc. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ
- CAULLIRAUX, H. e VALLE, R. 1991, Estratégias Incrementais de Automação. Rio de Janeiro: LCNPA - Lab. Controle Numérico e Produção Automatizada. COPPE/UFRJ - Programa de Engenharia de Produção (xerox), 7pp.
- CAULLIRAUX, H. M., SOUZA, A. M. e IZU, M. 1994 Implantação de Rede CAD/CAM/DNC em uma Indústria no Rio de Janeiro. (Xerox) Rio de Janeiro: Grupo de Produção Integrada, COPPE/UFRJ.
- CAULLIRAUX, Heitor M., e COSTA, Luís S. S. (Organizadores). 1995, Manufatura Integrada por Computador: Sistemas Integrados de Produção: Estratégia, Organização, Tecnologia e Recursos Humanos. Rio de Janeiro: Editora Campus, SENAI, COPPE/UFRJ.
- CERQUEIRA NETO, Edgar Pedreira de, 1994. Reengenharia do Negócio. São Paulo: Editora Pioneira.
- CERQUEIRA NETO, Edgar Pedreira de, 1995. Ferramentas para o Aprimoramento da Qualidade. Rio de Janeiro: Grifo Enterprises
- CERQUEIRA, J. P., CATUNDA, R., CORREA, C. 1995. Multiplicando os Conceitos Básicos da Qualidade. Rio de Janeiro: Grifo Enterprises
- CHAILLOUX, K. 1992. "Ergonomie et Produits "Grand Public" une Rencontre a Réussir". In: Performances Humanes & Techniques (abr) Paris. P. 20-21.
- CHI, Chia-Fen, CHUNG, Ku-Lung. 1996. "Task analysis for computer-aided-design (CAD) at a keystroke level". In: Applied Ergonomics, Vol. 27, No. 4, pp. 255 - 265.
- CILLIARO, L., 1988, "El Engaño de la Flexibilidad. Elementos para una Crítica de la Ideología de la Automación Flexible". In: La Automación y el Futuro del Trabajo. Ministério de Trabajo y Seguridad Social, Madrid, España, pp. 231 - 246.
- CLARK, K. B. e FUJIMOTO, T. 1988. The European Model of Product Development: Challenge and Opportunity. Presentation at the Second International Policy Forum, IMVP
- CLEGG, C. 1988. "Appropriate Technology for Manufacturing: Some Management Issues" In: Johnson, G.I. e Wilson, J.R. Ergonomics Matters in Advanced Manufacturing Technology. Applied Ergonomics, 19.1. 25-34.
- COELHO, Marcelo, 1993. "Aceleração Tecnológica Encurta as Gerações". In: Folha de São Paulo, Caderno Ilustrada. (28/abr) São Paulo: Folha de São Paulo. p 4-8.
- CORIAT, Benjamin, 1994. Pensar pelo Averso: O Modelo Japonês de Trabalho e Organização. Rio de Janeiro: Editora da UFRJ / Revan.
- COSTA, Caio Túlio, 1995. "Salvem Nossas Almas". In: Folha de São Paulo, São Paulo (25/jun).
- COSTA, Clayton Pires da, 1994, "Reengenharia do processo de desenvolvimento de produtos baseada em engenharia simultânea e na tecnologia Workgroup Computing". In: Anais do 5º Congresso Nacional de Automação - CONAI'94 (CD Rom) São Paulo: SOBRACON - Sociedade Brasileira de Comando Numérico, Automação Industrial e Computação Gráfica.
- COUTO, Carlos Alberto Marques, 1988, Uma Proposta para Avaliação do Nível de Automação da Indústria Metal Mecânica com Processo de Produção Intermitente. Tese M.Sc., Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ - Programa de Engenharia de Produção. 207 pp.
- CURE, K. G. 1988. "A Trade Union perspective on AMT" In: Johnson, G.I. e Wilson, J.R. Ergonomics Matters in Advanced Manufacturing Technology. Applied Ergonomics, 19.1. 21-24.
- D'ISSY, Marie, 1995, "CAD na Linha Branca". In: CADesign. Ano 1, nº 8. São Paulo: Market Press Editora. P 15 - 19.
- D'ISSY, Marie, 1996, "Projetistas concebem plantas de indústrias de processo em 3D". In: CADesign. Ano 2, nº 12. São Paulo: Market Press Editora. P 38 - 40.
- DANIELER, François, DURAFFOURG, Jacques e GUÉRIN, François. 1982. "Automatiser: Quelle Place Pour le Travail Humain?". In: Le Nouvel Automatisme (set) p. 47 - 53.
- DANIELLOU, François; LAVILLE, Antoine e TEIGER, Catherine. 1983, "Ficção e Realidade do Trabalho Operário". In: Les Cahiers Français nº 209 (jan-fev). Paris: La Documentation Française, pp. 39-45 Tradução e comentários (1994) de Mário Vidal. In: DUARTE, Francisco e FIGUEIREDO, Marcelo. 1995. Apostila de Ergonomia. Rio de Janeiro: PUC-Rio e COPPE/UFRJ.
- DAVENPORT, T. H. 1994 "Saving it's soul: Human-centered information management". In: Harvard Business Review. Vol 72, n. 2 (mar/abr). p. 120 - 133.
- DEBONI José Eduardo Zindel, 1994, "Sistemas abertos para transferência eletrônica de informações técnicas de projetos (EDI-OSI)". In: Anais do Segundo Congresso Brasileiro de Automação Industrial. (CD ROM) São Paulo: SOBRACON - Sociedade Brasileira de Comando Numérico, Automação Industrial e Computação Gráfica.
- DEJOURS, C., 1988, A Loucura do Trabalho: Estudo de Psicopatologia do Trabalho. São Paulo: Cortez-Oboré.
- DIAS, Angela Maria Gabriela Rossi Vilela 1992. Fatores de Projeto que Influenciam a Construtibilidade. Tese M.Sc. Rio de Janeiro: Escola de Arquitetura da UFRJ.

- DINA, A. 1987 A Fábrica Automática e a Organização do Trabalho. Vozes/IBASE, Petrópolis. 92 pp. Ed. Orig. de FIOM/CGIL e Rosemberg & Selier-editores de Turim, 1985.
- DOWLATSHAHI, Shad, 1994, "Comparison of Approaches to Concurrent Engineering". In: International Journal of Advanced Manufacturing Technology v 9 n 2. p 106-113.
- DUARTE, Francisco J.C.M. 1994 A Análise Ergonômica do Trabalho e a Determinação de Efetivos: Estudo de Modernização Tecnológica de uma Refinaria de Petróleo no Brasil. Tese D.Sc. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ
- EBEL, K.H. e ULRICH, E. 1988 "Social and labour effects of CAD/CAM." In: 10. Triennial World Congress of the International Federation of Automatic Control. Volume V, Munich (FRG), 27-31 Jul 1987 Isermann, R. (ed.). pp. 291-297
- ELIAS, J. 1995 "Sai AutoCAD em Português". In: Jornal da Tarde. São Paulo, 4 de abril. P. 16.
- EREZ, M. 1992 "Interpersonal Communication Systems in Organizations, and their Relationships to Cultural Values, Productivity and Innovations: the Case of Japanese Corporations". in: Applied Psychology: An International Review, 41 (1) 43 - 64.
- EVANS, P. 1982. A Tríplice Aliança. As multinacionais, as Estatais e o Capital Nacional no Desenvolvimento Dependente Brasileiro. Rio de Janeiro: Zahar Editores. 192pp.
- Exame Informática. Formas e Cores Sob Medida. São Paulo: Editora Abril S.A. Ano 6, nº 8, 7 de Agosto de 1991. pp 12, 17.
- FARINA, Paulo. 1980 Metodologia para Avaliação da Produtividade em Empresas de Serviços. Dissertação M.Sc. Florianópolis: UFSC - Depto de Engenharia de Produção e Sistemas.
- FERRARIS, Pino. 1990. Desafio Tecnológico e Inovação Social: sistema econômico, condições de vida e de trabalho. Ed. Vozes/IBASE, Petrópolis. 106 pp. Edição original de FIOM (Federação dos Trabalhadores da Indústria Metalúrgica)/CGIL (Confederação Geral Italiana de Trabalhadores) e Rosemberg & Selier-editores de Turim, Itália, 1985.
- FERREIRA, B.S. e RADOS, G.J.V., 1986, "CIM - Computer Integrated Manufacturing, Uma Introdução". In ITA Engenharia. São José dos Campos, vol. 7, nº 9 (Set.). Pp. 51, 58.
- FLEURY, A. e FLEURY, M.T.L. 1995. Aprendizagem e Inovação Organizacional: As Experiências de Japão, Coréia e Brasil. São Paulo: Editora Atlas S.A.
- FLEURY, A.C.C. e VARGAS, N. 1983. Organização do Trabalho: Uma Abordagem Intrdisciplinar/Sete Estudos sobre a Realidade Brasileira. São Paulo: Atlas.
- FLEURY, M. T. L. e FISCHER, R. M., 1987, "Organização do Trabalho na Indústria: Recolocando a Questão nos Anos 80". In Processo e Relações de Trabalho no Brasil. São Paulo: Ed. Atlas, SP, pp. 51 a 66.
- FLEURY, M. T. L. e FISCHER, R. M., 1990, Cultura e Poder nas Organizações. São Paulo: Ed. Atlas, SP.
- FLEURY, Maria Tereza Leme, 1990, "O Desvendar a Cultura de uma Organização - Uma Discussão Metodológica", in FLEURY, M.T.L. e FISCHER, R.M., Cultura e Poder nas Organizações. São Paulo: Ed. Atlas.
- FRANZOSA, Richard G., 1992, "CAPP: Manufacturing Data Management for Concurrent Engineering". In: AUTOFACT, Conference Proceedings 1992. Publ by SME, Publisher, Manufacturing Engineering, Dearborn, MI, USA. p 22-13-30.
- FREITAS, Rubens Eduardo Braga. 1997. CATIA/CADAM Solutions V4. In: CADware Technology Ano 2, n. 4 (mar/mai). São Paulo: Comercial e Editora X5 Ltda
- FRENCH, Thomas E. 1971 Desenho Técnico. Tradução de SOUZA, Soverval Ferreira e FERLINI, Paulo de Barros. Título do original norte-americano: "A Manual of Engineering Drawing for Students and Draftsmen" (primeira edição 1941). Porto Alegre: Editora Globo. 664 pp.
- FREYSSENET, M., 1990, "Dos Formas Sociales de Automatización", in Revista Sociologia del Trabajo, nº 10 (otoño), pp. 3 - 24.
- FUJIMOTO, Takahiro, 1989, Organizations for Effective Product Development: The Case of the Global Automobile Industry. Tese Ph.D., Harvard Business School. (Citado em WOMACK, 1994).
- GAJ, Luis, 1987, Administração Estratégica. São Paulo: Ática.
- GARIBALDO, L., 1990, "Antropos come Soggeto", in Revista Spazio Imprensa, nº 13, pp 59 - 65.
- GARVIN, D. 1993. "Building a Learning Organization." In: Harvard Business Review (Jul/Ago).
- GENESINI, Sílvio, 1994, "O Céu e o Inferno da Tecnologia da Informação", in Informática Exame Especial - Tecnologia da Informação. São Paulo: Editora Abril. Pp. 12, 13.
- GESNER, B. Rustin, BOERSMA, Tom, COLEMAN, Kevin J. 1993 AutoCAD 12 for Windows - Guia Completo; Tradução Cláudio Lobo. Rio de Janeiro: Berkeley. 1138 pp.
- GILDER, G., 1989, An American Vision: Policies for the 90's, New York: Cato Institute. GILER, G. 1990, "A Liberdade no Mundo dos Computadores". in Superinteressante. Ano 4, nº 12 (Dez.) São Paulo: Editora Abril.
- GONZALES, Max Alberto e SANTIS, Paula de., 1996, "Nova Geração de Sistemas EDM/PDM Torna o CAD Mais Eficiente e Produtivo", in: CADesign. Ano 2, nº 15. São Paulo: Market Press Editora. P 20 - 26.
- GOPAL, Christopher; GAGNON, Joseph., 1995, "Knowledge, information, learning and the IS manager". In: Computerworld [COW] ISSN: 0010-4841 Vol: 29 Iss: 25 Date: Jun 19. p: SS1-SS7
- GRAVES, A. e JONES, D. T. 1986 Comparison of International Research and Development in the Automobile Industry. Brighton: Science Policy Research Unit
- GRAVES, Andrew. 1986. Technology Challenges Facing the Motor Industry: Right and Wrong Strategies. Brighton: Science Policy Research Unit - University of Sussex
- GREGO, Maurício, 1995. "Novas Armas Para a Engenharia", in Informática Exame, São Paulo: Editora Abril, Ano 10, nº 108 (Mar). Pp. 54 - 60.
- GUÉRIN, F. et all, 1991. Comprende le Travail pour le Transformer. Paris: Éditions de l'ANACT.

- HAMMER, Michael e CHAMPY, James, 1994, Reengenharia - Revolucionando a Empresa. 16ª Edição. Rio de Janeiro: Editora Campus.
- HATCHUEL, Armand e WEIL, Benoît. 1992. *L'Expert et le Système - Suivi de Quatre Histories de Systèmes-Experts*. Paris: Economica. 266 p.
- HEDGE, W.A.A. et al. 1991 "VDT Use, Job Stress, Job Satisfaction and Sick Building Syndrome in Offices". in QUÉINNEC, Y. & DANIELLOU, F. Designing for Everyone. Proceedings of the Eleventh Congress of the International Ergonomics Association. Londres: Taylor & Francis. 1708 pp.
- HIRATSUKA, T. P., MOREIRA, N.P. e FIALHO, F. 1995 "Proposta de Metodologia para o Desenvolvimento de Produtos Multimídia". In: Anais do XV Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção. São Carlos: UFSCar. pp. 314 - 318.
- HOCHANADEL, Charles D. 1995. "Computer Workstation Adjustment: a Novel Process and Large Sample Study". In: Applied Ergonomics, Vol. 26, No. 5, pp. 315 - 326.
- HOLLANDA, Aurélio Buarque de. 1993. Dicionário Eletrônico da Língua Portuguesa. São Paulo: Nova Fronteira
- HOLLINS, Bill e PUGH, Stuart, 1990, Successful Product Design: what to do and when. London: Butterworth & Co. Ltd.
- HORTA. Ana Magdalena & MAURÍCIO, Patrícia, 1995, "O Futuro do Trabalho - O Robô Inventa o Homem", in O Globo - Economia, Rio de Janeiro, 28 de maio. Pág. 62.
- IBM Corporation. 1991. Human Factors of Workstation with Visual Displays. New York: VDT Ergonomics Project Office
- IIDA, Itiro. 1990 Ergonomia: Projeto e Produção. São Paulo: Editora Edgar Blücher Ltda. 465pp.
- Informática Exame Especial - Tecnologia da Informação. 1994. "A Nova Ordem da Informação - A Economia do Século XXI". São Paulo: Editora Abril. Pp. 7 -14.
- Informática Exame, 1994. "A Nova Imagem da Philips" São Paulo: Editora Abril, ano 9, nº 100 (Jul). Pp. 130 -134.
- Informática Exame, 1996, O Crescimento Não Evitou A Frustração. São Paulo: Editora Abril, ano 11 nº 119 (Fev), p. 46 - 47.
- JOHN, P.A. 1988, "The Ergonomics of Computer Aided Design Within Advanced Manufacturing Technology". In: Applied Ergonomics. vol. 19, no. 1, pp. 40-48. Special issue: Advanced manufacturing technology.
- JONES, Christopher J, 1976, Métodos de Diseño. Barcelona: Editorial Gustavo Gili.
- JURAN, J.M. 1992, A Qualidade Desde o Projeto - Os novos passos para o planejamento da qualidade em produtos e serviços. Trad. Nivaldo Montingelli Jr. São Paulo: Livraria Pioneira Editora. 551 pp.
- KANITZ, S. 1994. "Maiores e Melhores: a um passo do paraíso". In: Informática Exame (Jul) ano 9, n. 100. pp. 70 - 76.
- KAPLINSKY, R. 1984, Automation: The Technology and Society. London: Longman Group, pp. 197.
- KARLSSON, C. e CARLSSON, M. 1988. Next Practice in Managing Product Development. Boston: IMVP International Policy Forum, MIT.
- KATSUDA, Dênia, 1994, "A utilização de padrões de interface homem-máquina em sistemas abertos de automação". In: Anais do Segundo Congresso Brasileiro de Automação Industrial. (CD ROM) São Paulo: SOBRACON - Sociedade Brasileira de Comando Numérico, Automação Industrial e Computação Gráfica.
- KOCHAN, ANNA e COWAN, DEREK, 1986. Implementing CIM - Computer Integrated Manufacturing. Bedford: IFS (Publications) Ltd. 142 pp.
- KRUEGER, Thomas J., 1995, "How computer solid modeling is altering the process of detail design". In Tribology Symposium 1995 American Society of Mechanical Engineers, Petroleum Division (Publication) PD v 72 1995. ASME, New York, NY, USA. p 109-113.
- KURZ, Robert, 1993. O Colapso da Modernização. Da Derrocada do Socialismo de Caserna à Crise da Economia Mundial. Trad. Karen Elsabe Barbosa. São Paulo: Ed. Paz e Terra, 244 pp.
- LACHTERMACHER, Stela, 1994a, "Computador é receita para sucesso de biscoitos Nestlé", in Jornal do Brasil - Caderno Informática, Rio de Janeiro, 22 de novembro.
- LACHTERMARCHER, Stela, 1994b, "Tudo ao Mesmo Tempo Agora". In: Caderno de Informática. (30/Ago) Rio de Janeiro: Jornal do Brasil, P 6.
- LARANJEIRAS, Sônia. "O Brasil na Cabeça". In: Jornal do Brasil, Caderno Idéias. Rio de Janeiro: Jornal do Brasil, nº 525. 19 de outubro de 1996. Pág. 1.
- LAVILLE, A. 1977 Ergonomia. São Paulo: EPU, Ed. da Universidade de São Paulo. 104 p.
- LEUNG, Horris C. 1995, "Collaborative manufacturing environment with the use of hypermedia". In: Software Systems in Engineering 1995 American Society of Mechanical Engineers, Petroleum Division (Publication) PD v 67. ASME, New York, NY, USA. p 121-129.
- LEVALPIN, Ivo e OLIVEIRA, Pedro A. Ribeiro de. 1996, Neoliberalismo e Exclusão Social - Análise Sócio-Política. Rio de Janeiro: Texto base do Curso do Rio ISER/Assessoria Pastoral Bennett.
- LÉVY, Pierre. 1995, As Tecnologias da Inteligência - O Futuro do Pensamento na Era da Informática. Tradução de Carlos Irineu da Costa. Rio de Janeiro: Editora 34.
- LÉVY, Pierre. 1996, O Que é o Virtual? Tradução de Paulo Neves. Rio de Janeiro: Editora 34.
- LIMA, F.P.A. 1992 Curso de Introdução à Engenharia de Segurança do Trabalho. Belo Horizonte: UFMG.
- LIMA, F.P.A. (1996a) Introdução à Análise Ergonômica do Trabalho (notas de aula). Belo Horizonte: UFMG
- LIMA, F.P.A. (1996b) Fundamentos Teóricos da Análise Ergonômica do Trabalho. Belo Horizonte: UFMG
- LIMA, F.P.A. (Sem Data) Produtividade e Condições de Trabalho - Notas para discussão. (xerox) Belo Horizonte: DEP-UFMG
- LINDEMAN, Dennis; WIJAYA, Lissy, 1992. "Managing design structure data in a concurrent engineering design". In: Engineering Data Management: Key to Integrated Product development Proc 92 ASME Int Comput Eng Conf Expo. Publ by ASME, New York, NY, USA. p 97-104.

- LISKAUKAS, Suzana. 1994 "*Computador poderoso, absoluto, colocado*". in Jornal do Brasil - Caderno Informática, Rio de Janeiro - 13 de setembro.
- LOBACH, Bernd. 1981 Diseño Industrial. Barcelona: Gustavo Gili.
- LORINI, F.J., 1993, Tecnologia de Grupo e Organização da Manufatura. Florianópolis: Editora da UFSC.
- MAANEN, John Van, 1990. "*Processando as Pessoas - Estratégias de Socialização Organizacional*". In: FLEURY e FISCHER. Cultura e Poder nas Organizações. São Paulo: Ed. Atlas, SP. Pp. 45 a 62.
- MACDUFFIE, J. P. 1988 The interaction of production methods, human resources, and technology in manufacturing practice. Cambridge: IMVP Research Affiliates Meeting.
- MACHADO, A. 1989 Planejamento e Estudo Para a Introdução de um Sistema CAD in Anais do 3º Simpósio Sobre CAE/CAD/CAM. São Paulo, SOBRACON - Sociedade Brasileira de Comando Numérico e Automação Industrial, 1988.
- MADEIRA, Anna Karina de Athayde. 1997. Design e Exclusão Social. Projeto Final de Graduação. Rio de Janeiro: Pontifícia Universidade Católica - Depto de Artes.
- MAGGIOLINI, Piercarlo. 1988. As Negociações Trabalhistas e a Introdução de Inovações Tecnológicas na Europa. Petrópolis: Ed. Vozes/IBASE. 194 pp. Trad. Nice Rissone. Edição original de FIOM (Federação dos Trabalhadores da Indústria Metalúrgica)/ CGIL (Confederação Geral Italiana de Trabalhadores) e Rosemberg & Selier-editores de Turim, Itália, 1985.
- MAIN, Bruce W.; WARD, Allen C. 1992 "*Potential framework for CAD/CAE/CIM decisions.*" In: Proceedings of the 1992 ASME International Computers in Engineering and Exposition. Computers in Engineering - 1992. Publ by ASME, New York, NY, USA. p 61-67.
- MAÑÁ, Jordi. 1979. O Desenho Industrial - Biblioteca Salvat de Grandes Temas. Rio de Janeiro: Salvat Editora do Brasil, S.A. P.39.
- MAPData. 1995 MAPMec Versão 2.0 - Aplicativo Mecânico para AutoCAD - Manual do Usuário. Americana: MAPData Tecnologia, Informática e Comércio.
- MARTINELLI, Maria Anita Pessoa 1993 Micro-Eletrônica e Trabalho nas Indústrias de Processo Contínuo Dissertação M.Sc. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, Engenharia de Produção, 86 pp.
- MATTOS, J.H.V., 1991, Gerência de Projetos em CAD. 4ª edição. Rio de Janeiro: Microequipo Computação Gráfica.
- MCCORMICK, Ernest. 1980 Ergonomia. Barcelona: Gustavo Gili.
- MEDEIROS, Estevão Neiva et al., 1989, Recomendações Ergonômicas para os Subistemas da Estação de Trabalho do Digitador da Dataprev. Relatório de Pesquisa, Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ.
- MEDEIROS, Estevão Neiva, 1995, Análise de Aspectos do Gerenciamento do Design de Produtos em Processos de Modernização Tecnológica, sob o Enfoque Ergonômico. Tese de Doutorado, Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ. Pág. 132
- MEDEIROS, Estevão Neiva., 1981, Uma Proposta de Metodologia para o Desenvolvimento de Projeto de Produto. Tese de Mestrado, Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ.
- MEDINA, H. V. 1994. "*Competitividade e Inovação: Visão e Prática Empresarial no Brasil*", in: SBRAGIA, R., MARCOVITCH, J. e VASCONCELOS, E. Anais do XVIII Simpósio de Gestão da Inovação Tecnológica. São Paulo: USP/NPGCT/FIA/PACTo. p. 616 - 627.
- MEIRELLES, L. A. 1991. Miniaturização e Redução da Necessidade de Trabalho. Tese D.Sc. Rio de Janeiro: PUC-Rio - Departamento de Engenharia Elétrica.
- MEIRELLES, Luiz A., MATTOS, Ubirajara A. O. 1995 "*Engenharia Simultânea do Trabalho e do Meio Ambiente: Por uma Engenharia Total*". In: Anais do XV ENEGEP - Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção. São Carlos: UFSCar
- MILITELLO, Katia. "*O Mainframe Morreu. Viva o Mainframe*". In: Informática Exame. Ano 12, nº 133 (abr). São Paulo: Editora Abril, 1997. P. 34 - 37.
- MILITELLO, Katia. 1995 "*Renda-se à Corporação Virtual*", in: CADesign. Ano 1, nº 4. São Paulo: Market Press Editora. P 40 - 42.
- MILLS, Robert. 1995 "*CAD/CAM in Aerospace*". In CAE-COMPUT-AIDED-ENG. Vol. 14, no. 2, 4pp.
- MITTA, Deborah A., FLORES, Patricia L., 1995, "*User productivity as a function of AutoCAD interface design*". In: Applied Ergonomics, Vol. 26, No. 6, pp. 387 - 395.
- MOGGRIDGE, Bill. Design for the Information Revolution. Londres: IDEO London, 1991.
- MOLES, Abrahan A., 1975, Teoría de los Objetos. Colección Comunicacion Visual. Barcelona: Editorial Gustavo Gili.
- MONTMOLLIN, Maurice e BAINBRIDGE, Lisianne. (Sem data) Ergonomia ou Fatores Humanos? Ergonomia significa a mesma coisa na América do Norte e na Europa? (mimeo)
- MORAES, Anamaria de, MONTEIRO, André, SOARES, Flávia. 1995 "*Navegando Através de Sistemas Multimídia de Uso Público: Uma Abordagem Ergonômica*." In: Estudos em Design. Rio de Janeiro: AEnD-BR. Vol. III, nº 2, pp. 7 - 24 (dez).
- MORAES, Anamaria, MONTEIRO, André, SOARES, Flávia. 1996 "*A Ergonomização da Comunicação Informatizada em Sistemas Multimídia de Uso Público*". In: Estudos em Design - Design Articles - Anais P&D Design 96. (out) pp 37-46. Rio de Janeiro: Associação de Ensino de Design do Brasil.
- MORAES, Marina, 1991. "*Botão Vira Paranóia nos EUA*". In Folha de São Paulo, Caderno Informática. (19/jun) São Paulo: Folha de São Paulo. p 6-2.
- MORAIS, Larissa. 1996 "*Internet põe fim à via-crúcis do desempregado*". In: Jornal do Brasil, Caderno Negócios. Rio de Janeiro, p.10, 11 de agosto.

- MOREIRA, Norton Paim, 1993, Uma Proposta de Modelagem de Informações para Integração da Manufatura e Engenharia Concorrente. Dissertação de Mestrado, Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica.
- MORENC, Roger; RANGAN, Ravi. 1992, "Information management to support concurrent engineering environments". In: Engineering Data Management: Key to Integrated Product Development Proc 92 ASME Int Comput Eng Conf Expo. Publ by ASME, New York, NY, USA. p 135-147.
- MORENO, Júlio. 1995 "Aldeia Global: A Vez do Brasil" in: Revista Quatro Rodas, Edição Especial, n. 423-A (out). São Paulo: Editora Abril. P. 5 - 12.
- MOURA, Reinaldo. 1996 "Um País Bem Longe do Primeiro Mundo - Investimento em educação no Brasil é irrisório em relação aos EUA e à Europa". In: "Jornal O Globo", edição de 7 de agosto, pág. 23. Rio de Janeiro: Editora O Globo.
- MUNARI, B., 1975, Diseño e Comunicación Visual: Contribución a una metodología didáctica. Barcelona: Editorial Gustavo Gilli S.A., 3ª edição, 361 p.
- MUSSIO, P. 1987 Introdução à Informática. Petrópolis: Ed. Vozes/IBASE. 92 pp. Ed. Orig. de FIOM/CGIL e Rosemberg & Selier-editores de Turim, 1985.
- NAGEL, K-D. 1988 "A tecnologia Irreversível". Entrevista a BONFIM, G.A. in Design & Interiores. Revista Brasileira de Desenho Industrial, Comunicação Visual e Arquitetura de Interiores, número 10, set/out. Projeto Editores Associados, São Paulo, pp. 97-102.
- NASCIMENTO Neto, Antenor. 1996, "O Que é a Globalização, Que provoca Tanto Medo, e o Que se Pode Esperar Dela". In: Veja. (03/abr) São Paulo: Editora Abril. P 80 -89.
- NETZ, Clayton, 1994, "A Vida no Olho do Furacão: Como é Viver numa Empresa que é Submetida à Reengenharia". in Exame. São Paulo: Editora Abril, ed. 563, ano 26, n. 16. (3/ago) p. 76 - 82.
- NOVASKI, Olívio e SANTA, Waldo Duque, 1986, Aspectos Gerais da Tecnologia de Grupo. Campinas: Unicamp, Publicação CT. 47 pp.
- OKADA, Kouji; ARAI, Eiji., 1993, "Form feature to describe designers' intentions in mechanical design". In: Nippon Kikai Gakkai Ronbunshu, C Hen/Transactions of the Japan Society of Mechanical Engineers, Part C v 59 n 565 (Sep). p 2890-2897
- OKAWA, Kenzo; SATO, Seizen; HARAGUCHI, Takao, 1994, "Integration management system for technical information". In NEC Research & Development v 35 n 2 (Apr). p 205-215
- OLIVEIRA, Flaviano Leite de, 1995. O Processo de Automação de Projetos. Tese M.Sc. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ - Programa de Engenharia de Sistemas e Computação.
- OLSEN, Robert E., 1993, "Integrating design and manufacturing: beating the competition to market." In: Annual International Conference Proceedings - American Production and Inventory Control Society 1993. Publ by APICS, Falls Church, VA, USA. p 184-187
- PAINE, L.S. 1994 "Managing for Organizational Integrity". In: Harvard Business Review. Vol 72, n. 2 (mar/abr). p. 106 - 118.
- PARAGUAY, A. I. B. 1990 "Estresse, conteúdo e organização do trabalho: Contribuições da Ergonomia para melhoria das condições de trabalho". In: Revista Brasileira de Saúde Ocupacional, n.70, Vol. 18 (abr/mai/jun).
- PARKS, Charles M.; Koonce, David A.; Rabelo, Luis C.; Judd, Robert. P.; Sauter, John A., 1994, "Model-based manufacturing integration: A paradigm for virtual manufacturing systems engineering." In: Computers & Industrial Engineering v 27 n 1-4 (Sep). p 357-360
- PAVARD, Bernard, 1995. Entrevista pessoal. Rio de Janeiro, COPPE/UFRJ.
- PENTEADO, Daniela; CORRÊA Adriano; SARAIVA, Luís F. e de LA ROCQUE, Eduardo. 1996 Estudo Ergonômico em Mobiliário para Design Gráfico. Rio de Janeiro: Pontifícia Universidade Católica, Trabalho para a disciplina de Ergonomia.
- PERSIANO, Ronaldo César Marinho e OLIVEIRA, Antônio Alberto Fernandes, 1986, Introdução à Computação Gráfica. Belo Horizonte: UFMG.
- PETTIGREW, Andrew M., 1990, "A Cultura das Organizações é administrável?" In: FLEURY e FISCHER. Cultura e Poder nas Organizações. São Paulo: Ed. Atlas, SP.
- PFAFFENBERGER, Bryan, 1992 Dicionário dos Usuários de Micro Computadores. Rio de Janeiro: Editora Campus Ltda.
- PIOTET, Françoise e MABILE, Jacques. 1984 Conditions de Travail, Mode d'Emploi. Collection Outils et Méthods. Paris: Éditions de l'ANACT.
- PIRSIG, Robert M., 1991. Zen e a Arte da Manutenção de Motocicletas: Uma Investigação sobre Valores. Tradução de Celina Cardin Cavalvanti. Rio de Janeiro: Paz e Terra.
- PLONSKI, Guilherme Ary, 1987. As Empresas de Serviços de Engenharia no Brasil: do CAD à Engemática. EP USP, D.Sc. Engenharia, São Paulo. 405 pp.
- PREISEGGER, E. 1988. "GM aims to standardize its CIM approach". In: Automobile Manufacturing Strategy. vol. 9, no. 10, pp. 2-4.
- PROENÇA, A. e CAULLIRAUX, H. M. 1997. Estratégias de Produção na Indústria Brasileira: Evolução Recente. (Xerox) Rio de Janeiro: Grupo de Produção Integrada/EE-COPPE/UFRJ.
- PROENÇA, Adriano. 1994. Gerência de Produção e Competitividade: Premissas da Abordagem por Capacitações Dinâmicas na Estratégia de Produção. Tese D.Sc. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ
- PROENÇA, Adriano. 1995 "Estratégia Competitiva e Estratégia de Produção: Uma Introdução Esquemática". In: CAULLIRAUX, H. M., e COSTA, L. S. S. (Organizadores). Manufatura Integrada por Computador: Sistemas

- Integrados de Produção: Estratégia, Organização, Tecnologia e Recursos Humanos. Rio de Janeiro: Editora Campus, SENAI, COPPE/UFRJ.
- PRZEWORSKI, Adam, 1995, "O Futuro Será Melhor". in Revista VEJA. São Paulo, Editora Abril S.A., Edição 1414, ano 28, nº 42 (18/out), pp. 7 - 10.
- PUGH, Stuart 1984, "CAD/CAM - Hindrance or Help to Design". In: Proceedings CFAO Conception et Fabrication Assistees par Ordinateur, Université Libre de Bruxelles.
- PUGH, Stuart, 1985, "CAD/CAM - Its Effect on Design Understanding and Progress". In: Proceedings Robotics and Automation Conference, Tucson.
- PUGH, Stuart, 1990, Total Design - Integrated Methods for Successful Product Engineering Wokingham: Addison-Wesley.
- REBECCHI, Emilio. 1990. O Sujeito Frente à Inovação Tecnológica. Ed. Vozes/IBASE, Petrópolis. 126 pp. Ed. Orig. de FIOM/CGIL e Rosemberg & Selier-editores de Turim, 1985.
- REBELLO, Luiza Helena Boueri. 1990 Analisando o CAD Sob o Enfoque Ergonômico. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ. "Trabalho para a disciplina Seminários em Engenharia de Produção", mimeo.
- REBELLO, Luiza Helena Boueri. 1993 Definições Gerais para Stress. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ. Trabalho para a disciplina "Tópicos Especiais em Engenharia de Produção", mimeo.
- REIMANN, M. D. e HUQ, F. A., 1992, "Comparative Analysis Approach for Evaluating the Effect that Concurrent Engineering has on Product Life Cycle Cost". In Flexible Automation and Information Management- FAIM (Jul) New York.
- REIMANN, Michael D.; SARKIS, Joseph., 1994, "Design for automating the inspection of manufacturing parts". In: Computer Integrated Manufacturing Systems n.7 (4/Nov). p 269-278
- REINERTSEN, D. E. 1992. "The Mythology of Speed" In: Machine Design, mar, 26. p 47 - 50.
- RIBEIRO, A. BORDALLO, L., TOLEDO, M., ISABEL. 1997 Projeto Tutoriais. Trabalho para a disciplina de Ergonomia. Rio de Janeiro: Pontifícia Universidade Católica.
- RIBEIRO, Darcy. 1995. O Povo Brasileiro - A Formação e o Sentido do Brasil. Rio de Janeiro: Companhia das Letras.
- ROBERTSON, David. 1989 CAD Systems in the Design Engineering Process. Cambridge: IMVP International Policy Forum, MIT.
- RODRIGUES, I.P.F., CAMARGOS, S.P., OLIVEIRA, I.M. e GARCIA, P.C.F. 1994. "Condições para Inovação Um estudo em quatro setores industriais", in: SBRAGIA, R., MARCOVITCH, J. e VASCONCELOS, E. Anais do XVIII Simpósio de Gestão da Inovação Tecnológica. São Paulo: USP/NPGCT/FIA/PACTo. p. 616 - 627.
- ROGERS, Debra M. Amidon, 1996. "Knowledge Management Gains Momentum in Industry". In: Research-Technology Management (RMG) ISSN: 0895-6308 Vol. 39 (may/jun), p. 5-7.
- ROMEIRO e MARTINELLI, 1991a, "As Novas Tecnologias em Projeto e as Tendências Gerenciais e de Organização do Trabalho", In Anais do Workshop: "Estruturas de Produção dos Anos 90: Tecnologia de Base Informática e Sistemas Participativos". Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ - Eng. de Sistemas.
- ROMEIRO Fº, E., 1993, A Implantação de Sistemas CAD na Indústria: Aspectos Gerenciais, Ergonômicos e Organizacionais. Tese M.Sc. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 180 pp.
- ROMEIRO Filho, E. 1995. "As Novas Questões da Ergonomia em Informática", In: "Revista de Ensino de Engenharia", Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Ensino de Engenharia - ABENGE, nº 13, jul.
- ROMEIRO Filho, E. 1997 CAD na Indústria: Implantação e Gerenciamento. Rio de Janeiro: Editora da UFRJ.
- ROMEIRO Filho, Eduardo e REBELLO, Luíza Helena Boueri. 1993 "Ergonomics In CAD Systems: A Brazilian Study of Case." In "Human-Computer Interaction: Applications and Case Studies" - Proceedings of the Fifth International Conference on Human-Computer Interaction (HCI - International '93), Orlando, Florida, USA. Vol. 1. New York: Elsevier.
- ROMEIRO, E. e MARTINELLI, M.A.P. 1991b "Estudo da Implantação de Sistema CAD em Engenharia de Manutenção", in Anais do XXIV Congresso Nacional de Informática. São Paulo: Sucesu-SP, pp. 461-467.
- ROTH, Aleda V. et al., 1994, Vision in Manufacturing: Planning For The Future. Londres: DELOITTE TOUCHE TOHMATSU INTERNATIONAL.
- ROZENFELD, Henrique, 1994, "Metodologia para integração de sistemas de automação" In: Anais do Segundo Congresso Brasileiro de Automação Industrial. (CD ROM) São Paulo: SOBRACON - Sociedade Brasileira de Comando Numérico, Automação Industrial e Computação Gráfica.
- RUECKER, Lukas; SEERING, Warren P. 1992, "New data model for information management systems in engineering". In: American Society of Mechanical Engineers (Paper). Publ by ASME, New York, NY, USA. p 1-7 92-WA/EDB-6
- SANTOS, R. L. G. 1996 "Interface Gráfica para Terminal de Auto-Atendimento Bancário: Uma Proposta para o Banco 24 Horas". In: Estudos em Design - Design Articles - Anais P&D Design 96. (out) pp 37-46. Rio de Janeiro: Associação de Ensino de Design do Brasil.
- SCHEER, August-Wilhelm, 1993, CIM: Evoluindo para a Fábrica do Futuro. Rio de Janeiro, Qualitymark Editora.
- SCHEIN, E., 1986, Organizational Culture and Leadership. San Francisco: Jossey Bass, p. 47.
- SCHWARTZ, Gilson., 1990, Japão de Olhos Abertos: Evolução Financeira e Políticas Econômicas na Era Moderna. São Paulo: Livraria Nobel S.A.
- SCHWARTZ, Gilson., 1995, "Reengenharia pode Provocar "Anorexia". In: Folha de São Paulo (9/jul) São Paulo.
- Secretaria de Ciência e Tecnologia, 1991. Panorama do Setor de Informática, Série Estatísticas, v. 1, n. 1, set. Brasília: DEPIN
- SEGNINI, Liliana P., 1988, "A Liturgia do Poder". Trabalho de Disciplina, PUC. Citado por BERTEIRO, Carlos Osmar. "Cultura Organizacional e Instrumentalização do Poder", in FLEURY e FISCHER, 1990, Cultura e Poder nas Organizações. São Paulo: Ed. Atlas, SP. Pp. 38, 40.

- SEGRE, Lídia M. e TAVARES, Sílvio R. S. 1991. "Modernização Tecnológica e Conservadorismo Gerencial: Reflexões Sobre um Estudo de Caso no Setor Metal Mecânico do Rio de Janeiro". in Anais do XI Encontro Nacional de Engenharia de Produção - ENEGEP. Rio de Janeiro, COPPE/UFRJ.
- SEGRE, Lídia Micaela, 1992, "Técnica para Substituir o Homem ou Para Potencializar as suas Capacidades?" in Nuevamerica, nº 56 (Dez), pp 47 - 50.
- SELLE, Gert. 1973, Ideología e Utopia del Diseño. Contribución a la teoría del diseño industrial. Colección Comunicacion Visual. Barcelona: Editorial Gustavo Gili.
- SEMLER, Ricardo. 1995, "Reenganaria". In: Folha de São Paulo. (19/mar) São Paulo.
- SEQUEIRA, John., 1990. Manufatura de Classe Mundial no Brasil - Um Estudo da Posição Competitiva. Relatório conjunto sobre a pesquisa AMCHAM/FIESP, São Paulo: Divisão de Publicações da Câmara Americana do Comércio
- SERIO, Luiz Carlos, 1988, Tecnologia de Grupo nos Sistemas Produtivos. São Paulo: SOBRACON - Sociedade Brasileira de Comando Numérico, Automação Industrial e Computação Gráfica.
- SERIO, Luiz Carlos, 1990, Tecnologia de Grupo no Planejamento de um Sistema Produtivo. São Paulo: Ícone Editora.
- SHA, Ma. 1993, "Feature-based information modelling technique". In: Zhongguo Jixie Gongcheng/China Mechanical Engineering v 4 n 3 (Jun). p 10-13.
- SHAHNAVAZ, Houshang, 1991, Transfer of Technology to Industrial Developing Countries and Human Factors Considerations. Lulea University (Sweden), Center for Ergonomics of Developing Countries.
- SHIMADA, Haruo MacDUFFIE, John Paul. 1987. Industrial Relations and "Humanware": Japanese Investments in Automobile Manufacturing in the United States. Tokio: International Motor Vehicles Program. Xerox.
- SILVA Filho, Sérgio José Mecena da. 1995 "A Moderna Manufatura e seus Recursos Humanos". In: CAULLIRAUX, Heitor M., e COSTA, Luís S. S. (Organizadores). Manufatura Integrada por Computador: Sistemas Integrados de Produção: Estratégia, Organização, Tecnologia e Recursos Humanos. Rio de Janeiro: Editora Campus, SENAI, COPPE/UFRJ.
- SILVEIRA, Giovani José Caetano da. 1994 Uma Metodologia de Implantação da Manufatura Celular. Dissertação M.Sc. Eng. Produção. Porto Alegre: EE/UFRS.
- SILVESTRE Jr., Paulo Fernando. 1995 "Veja como evitar Problemas na Digitação" In: Folha de São Paulo - Informática. pág 6.10 (4/Jan) São Paulo: Folha da Manhã.
- SIMA, Reinaldo Ferreira e DANTAS, Eduardo Henrique Gregory Pacheco. (1995) "Sistema Automático de Produção de Buttons", In: CAULLIRAUX, Heitor M., e COSTA, Luís S. S. (Organizadores). Manufatura Integrada por Computador: Sistemas Integrados de Produção: Estratégia, Organização, Tecnologia e Recursos Humanos. Rio de Janeiro: Editora Campus, SENAI, COPPE/UFRJ.
- SINCLAIR, M. A. 1988. "Future AMT and Ergonomics: Knowledge, Organizational Issues and Human Roles" In: Johnson, G.I. e Wilson, J.R. Ergonomics Matters in Advanced Manufacturing Technology. Applied Ergonomics, 19.1. 49 - 54.
- SMITH, Gregory L. (1995) "Capturing and utilizing knowledge in the design of PCA products and processes". In: Proceedings of the Technical Program - National Electronic Packaging and Production Conference v 2. Cahner Exposition Group, Des Plaines, IL, USA. p 1151-1162
- SOBEK II, Durward K. A Set-Based Model of Design. In: Mechanical Engineering. ASME International, Vol. 118, nº 7, July 1996. Pp. 78 - 81.
- SODERBERG, L. G. e O'HALLORAN, J. D. 1992 "Engineering Beyond the Stars" In: Machine Design, oct, 22. p 75 - 79.
- SONSINO, Steven, 1990, Packaging - Diseño, Materiales, Tecnología. Barcelona: Editorial Gustavo Gili.
- SOUZA José Jali Rodrigues de, 1994, "SISTG-CAD - Uma solução na aplicação da TG com CAD". In: Anais do Segundo Congresso Brasileiro de Automação Industrial. (CD ROM) São Paulo: SOBRACON - Sociedade Brasileira de Comando Numérico, Automação Industrial e Computação Gráfica.
- SPERANDIO, J.C., 1984, L'Ergonomie du Travail Mental. Paris: Masson. 123 pp.
- SPITZ, Rejana. 1993. O Papel da Computação Gráfica no Ensino de Desenho Industrial: A Percepção de Dirigentes, Docentes e Alunos. Tese D.Sc. Rio de Janeiro: Pontifícia Universidade Católica, Depto de Educação. 277p.
- STRASSMANN, Paul A., 1987. Os Frutos da Informática: A Transformação do Trabalho na Era Eletrônica 2ª edição. Trad. Gabriela de Mendonça Taylor e Roberto Raposo. Rio de Janeiro: José Olympio Editora.
- TAVARES, Elaine e MORAES, Vanessa. 1996 Posto de Trabalho para CAD. Trabalho para a disciplina de Ergonomia. Rio de Janeiro: Pontifícia Universidade Católica.
- TAVARONE JR, A. & GODAU, H. M. 1989 Projeto Interdisciplinar Integrado em CAE\CAD. in Anais do 4º Simpósio Sobre CAE\CAD\CAM. São Paulo, SOBRACON - Sociedade Brasileira de Comando Numérico e Automação Industrial, 1989.
- TELLES, Ana Luiza Corrêa, 1995, A Ergonomia na Concepção e Implantação de Sistemas Digitais de Controle Distribuído - Algumas Considerações a Partir de um Estudo de Caso na Fábrica Carioca de Catalizadores. Tese Msc. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ.
- THERNES, Apolinário, 1988. "A Estratégia da Confiança". Citado por BERTEIRO, Carlos Osmar. Cultura Organizacional e Instrumentalização do Poder, in FLEURY e FISCHER, 1990, Cultura e Poder nas Organizações. São Paulo, Ed. Atlas, SP. Pp. 41, 42.
- THOMAS, Merle Jr. 1994, "Concurrent engineering design and production". In: Annual International Conference Proceedings - American Production and Inventory Control Society 1994. APICS, Falls Church, VA, USA. p 185-189.
- TOLEDO, J.C. 1986 Qualidade e Controle da Qualidade Industrial: Conceitos, Determinantes e Abordagens. Dissertação M.Sc. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ

- TOWNSEND, Robert, 1984 Further up the Organization. New York: Alfred A. Knopf, Inc. Pág. 20.
- TROTTA, J., BEGUIN, P., RABARDEL, P., "Espace de travail et interactions dans le travail d'ingeniere en CAO/DAO". In: XXVII Congrès de SELF. LILLE: 1992.
- TROUVÉ, P., 1989, "Management de las Flexibilidades o Flexibilidades del Management?". In: Revista Sociologia del Trabajo, nº 7 (otoño), pp. 3 - 33.
- VAL, G. & NUNES, V. 1992 "Escritório "Doente" Sabota Bem-Estar e Produtividade", in: Folha de São Paulo, São Paulo, 12 de julho. Pág I.1.
- VALENTI, Michael. 1996. "Teaching Tomorrow's Engineers". In: Mechanical Engineering. ASME International, Vol. 118, nº 7, july. Pp. 64 - 68.
- VALENTINI, Fredi, 1995, entrevista à Revista Quatro Rodas, nº 421, ano 35 (Ago), São Paulo: Editora Abril.
- VALLE, Rogério, 1990. Automação Comparada: A Indústria Automobilística na França, na Alemanha e no Brasil. Texto apresentado no XIV Encontro Anual da ANPOCS, Caxambu.
- VALLE, Rogério. 1991. A Implantação do CIM no Brasil - Notas de aula. Xerox. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ - Programa de Engenharia de Produção.
- VALLE, Rogério. 1992. Tecnologia, Estratégia, Cultura Técnica: Três dimensões para a Modernização da Indústria Brasileira. (xerox) Rio de Janeiro: LCNPA - Laboratório de Controle Numérico e Produção Automatizada. - COPPE/UFRJ.
- VANDRAMETO, Oduvaldo, 1994, "Formação de recursos humanos para automação industrial". In: Anais do Segundo Congresso Brasileiro de Automação Industrial. (CD ROM) São Paulo: SOBRACON - Sociedade Brasileira de Comando Numérico, Automação Industrial e Computação Gráfica.
- VELASCO, Angela Dias e BITTENCOURT, Rosa Maria. 1995. "O Uso do AutoCAD na Formação do Aluno de Engenharia". In: Anais do XXIII Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia. Vol. I, pp 543 - 552. Recife: UFPE, UNICAP, FESP/UPE.
- VIOTTI, Zoraida Lobato, 1994, "Sua Interface com o Mundo", in CADesign. São Paulo: Market Press Editora, ano 1, nº 1. Pág. 3.
- VOISINET, D.D. 1988 CADD, Projeto e Desenho Auxiliados por Computador: Introdução, Conceitos e Aplicações. Tradução de Ricardo e Roberto Bertini Renzetti, McGraw-Hill, 450pp. Título Original: Computer Aided Drafting and Design Concepts and Applications.
- WALLACE, Scott. 1994, "Accelerating engineering design". In Byte v 19 n 7 (Jul). p 62-76.
- WALTON, Mary. 1989. O Método Deming de Administração. Tradução de José Ricardo Brandão Azevedo. Rio de Janeiro: Marques-Saraiva Gráficos e Editores S.A.
- WATANABE, Susumu, 1988, "Los Trabajadores y el Sistema de Valores en Japón: el Punto de Vista de un Economista". In Revista Brecha, n.4, México. P. 51 - 61.
- WISNER, A. 1994. A Inteligência no Trabalho: Textos Seleccionados de Ergonomia. Trad. Roberto Leal Ferreira. São Paulo: Fundacentro.
- WISNER, Alain, (Sem Data) Consecuencias de la transferencia de tecnicas sobre las condiciones de trabajo. (xerox) Paris: CNAN.
- WISNER, Alain, 1987. Por Dentro do Trabalho: Ergonomia: Método & Técnica. São Paulo: FTD - Oboré.
- WISNER, Alain, 1989. "A Fábrica do Futuro em Países de Industrialização Recente: Transferência de Tecnologia ou Reconcepção Global?" Conferência Realizada em 28 de fevereiro de 1991 na COPPE/UFRJ. Tradução de Mário Vidal. Original em: Le Travail Human, vol 52, n 3, p 232-246.
- WOMACK, J.P. e JONES, D.T. 1994. "From Lean Production to Lean Enterprise." In: Harvard Business Review. Vol 72, n. 2 (mar/abr). p. 93 - 105.
- WOMACK, James P. et al., 1994, A Máquina que Mudou o Mundo, 4ª reedição. Rio de Janeiro: Editora Campus.
- ZANGWILL, W. I. 1992. "Concurrent Engineering: Concepts and Implementation". In: IEEE Engineering Management Review Vol 20, n. 4 40 - 52
- ZUTSHI, Aroop, 1993, "What's hot and what's not". In: Machine Design v 65 n 10 (May, 28) 1993. p 76-77

Anexos.

Anexo 1. Alguns slides utilizados em aula

Anexo 2. SLACK, N.; CHAMBERS, S.; HARLAND, C.; HARRISON, A. ; JOHNSTON, R. *Administração da Produção*, São Paulo: Editora Atlas, 2002. Capítulo 8: Tecnologia do Processo.

Anexo 3. SCHEER, August-Wilhelm, 1993, *CIM: Evoluindo para a Fábrica do Futuro*. Rio de Janeiro, Qualitymark Editora. Capítulo 1. O Significado da “I” da CIM.