

Automação Industrial - o CIM como Estratégia de Vantagem Competitiva.
Estudo de Caso numa Indústria Petroquímica Intermediária.

Luisângelo Pierre Nunes da Costa

TESE SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DA COORDENAÇÃO
DOS PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE
DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU
DE MESTRE EM CIÊNCIAS EM ENGENHARIA DE SISTEMAS E
COMPUTAÇÃO.

Aprovado por:



Prof. Lídia Micaela Segre, D. Sc.
(Presidente)



Prof. Paulo Roberto Dalcol, D. Sc.



Prof. Marcos Couto B. Cavalcanti, D. Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

ABRIL DE 1995

COSTA, LUISÂNGELO PIERRE NUNES DA

Automação Industrial - o CIM como Estratégia de Vantagem Competitiva. Estudo de Caso numa Indústria Petroquímica Intermediária. [Rio de Janeiro] 1995.

ix, 142, pp. 29,7 cm (COPPE / UFRJ, M. Sc., Engenharia de Sistemas e Computação, 1995)

Tese - Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE

1. Automação Industrial

: Inovações Tecnológicas

: Reestruturação Organizacional

: Estratégia Competitiva

I. COPPE / UFRJ

II. Título (série).

Resumo da Tese apresentada à COPPE / UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M. Sc.).

Automação Industrial - o CIM como Estratégia de Vantagem Competitiva. Estudo de Caso numa Indústria Petroquímica Intermediária.

Luisângelo Pierre Nunes da Costa - Abril, 1995.

Orientadora: Lidia Micaela Segre.

Programa: Engenharia de Sistemas e Computação.

Este trabalho se destina a estudar a adoção do CIM (*Computer Integrated Manufacturing*) como uma estratégia produtiva para o desenvolvimento da vantagem competitiva das indústrias, traçando inicialmente um perfil da evolução das tecnologias que permitem a sua aplicação efetiva, para posteriormente analisá-lo na prática frente à exploração do seu potencial. Para que o CIM alcance seu objetivo de aumentar a produtividade e a qualidade de produtos e processos industriais este trabalho propõe que é necessário explorar três correntes principais de aplicação: tecnologia da informação - computadores e redes de comunicação -, novas práticas gerenciais - como a filosofia *just-in-time* e o Gerenciamento da Qualidade Total - e reestruturação organizacional - passando principalmente pela mudança da cultura da empresa. A primeira parte discute cada uma das três correntes e lança a base teórica para, em seguida, abordar o CIM. Também é mostrado o CHIM (*Computer and Human Integrated Manufacturing*), proposta de estratégia produtiva introduzida pela União Européia para aproveitar a base de recursos humanos presente nesta região. A segunda parte traz um estudo de caso realizado numa indústria petroquímica intermediária nacional, a Unipar Divisão Química, que está se modernizando tecnologicamente para enfrentar o acirramento da competição nacional e internacional através da implantação do CIM e de um Sistema de Garantia da Qualidade. Ao final, são feitas algumas considerações sobre os requisitos que a utilização de novas tecnologias impõem à fábrica: novas políticas de relações industriais e de recursos humanos.

Abstract of Thesis presented to COPPE / UFRJ as partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M. Sc.).

Industrial Automation - CIM as Competitive Advantage Strategy. Case Study in an Intermediary Petrochemical Industry.

Luisângelo Pierre Nunes da Costa - April, 1995.

Thesis Supervisor: Lidia Micaela Segre.

Department: Systems and Computation Engineering.

This work studies the adoption of the CIM (Computer Integrated Manufacturing) as a productive strategy for industrial competitive advantage, firstly drawing the profile of its technological evolution and then analysing it on an effective application. To get the CIM objective of enhancing the productivity and quality of industrial products and processes, this work proposes that it is necessary to explore three application mainstreams: information technology - computers and networks -, new management practices - like just-in-time philosophy and Total Quality Management - and a new organizational framework - mainly by changing firm culture. The first part discusses each one of the three mainstreams and introduce the theoretical basis to broach the CIM. It is also shown the CHIM (Computer and Human Integrated Manufacturing), european productive strategy, created to make good use of its human resources. The second part brings a case study performed on a brazilian intermediary petrochemical industry wich is being technologically modernized in order to support the national and international competition by introducing a CIM system and a Quality Assurance System. Concluding the work, some considerations about the requirements for the use of new technologies are made: new industrial relations and human resources policies.

Para meus pais.

AGRADECIMENTOS.

A todos aqueles que me ajudaram a concluir este trabalho, em especial Alcides e Denise, meus pais, Lidia, minha orientadora, Dr. Marcus Túlio Roberto Sampaio de Melo e Dr. Sebastião Tolentino Di Lascio, que possibilitaram a conclusão do estudo de caso, minha família, meus amigos e Maria Eugênia.

ÍNDICE:

I- INTRODUÇÃO.	1
I.1- Inovações Tecnológicas e Aplicações Industriais.	1
I.2- Objetivos da Tese.	9
I.3- Recursos Metodológicos.	11
II- TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E SEU POTENCIAL NO ÂMBITO DA AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL.	15
II.1- Histórico	15
II.2- Tecnologia da Informação Aplicada ao Controle de Processos Industriais Contínuos.	16
II.3- Desenvolvimento da Automação Industrial.	20
II.3.1- Desenvolvimento da Automação de Processos Contínuos.	21
II.3.2- Desenvolvimento da Automação de Processos Discretos.	24
II.3.3- Diferenças entre Automação de Processos Contínuos e Discretos.	26
II.4- Aplicações Atuais - o Papel do SDCD num Sistema CIM na Indústria de Processo Contínuo.	28
II.5- Tendências Futuras da Tecnologia da Informação nas Indústrias de Processo Contínuo.	32
III- NOVAS PRÁTICAS GERENCIAIS.	35
III.1- <i>Just-in-time</i> .	37
III.2- Gerenciamento da Qualidade Total.	41
III.2.1- ISO 9000: Aplicações e Requisitos.	47
IV- REESTRUTURAÇÃO ORGANIZACIONAL.	55
IV.1- Pontos da Mudança.	56
IV.1.1- Individual.	57
IV.1.2- Funcional.	59
IV.1.3- Gerencial	61
IV.1.4- Interorganizacional.	62
IV.1.5- Cultural.	64
V- INTEGRAÇÃO TOTAL DA MANUFATURA.	68
V.1- CIM.	71
V.1.1- Requisitos para o CIM.	74
V.1.1.1- Padronização de Sistemas de Computação e de Comunicação.	74

V.1.1.2- Disponibilidade Financeira e Contábil.	77
V.1.1.3- Cadeia de Fornecimento Sólida.	78
V.1.1.4- Organização do Trabalho.	79
V.1.1.5- Estratégia Empresarial.	79
V.1.2- Comentários Adicionais.	80
V.2- CHIM.	81

VI- INDÚSTRIA PETROQUÍMICA: UM ESTUDO DE CASO. **86**

VI.1- Definição de Indústria Petroquímica.	86
VI.2- A Indústria Petroquímica no Brasil.	88
VI.2.1- Histórico da Indústria Petroquímica Brasileira..	88
VI.2.2- Situação Atual da Indústria Petroquímica Brasileira.	91
VI.2.3- Desenvolvimento Tecnológico da Indústria Petroquímica Brasileira.	92
VI.2.4- Situação Atual da Automação Industrial na Indústria Petroquímica Brasileira.	94
VI.3- Histórico da Empresa e Situação Atual.	98
VI.4- O Projeto de Modernização da Unipar Divisão Química.	106
VI.4.1- Definição, Motivação, Implantação e Estágio Atual do Projeto CIM da Unipar Divisão Química.	106
VI.4.1.1- A Participação da Unicontrol no Projeto CIM da Unipar Divisão Química - Transferência de Tecnologia e Aprendizado.	114
VI.4.2- Definição, Motivação, Implantação e Estágio Atual do Sistema de Garantia da Qualidade da Unipar Divisão Química.	116
VI.5- Conclusão - o Caso Unipar.	120

VII- CONCLUSÕES. **128**

BIBLIOGRAFIA. **137**

ÍNDICE DE FIGURAS, GRÁFICOS E TABELAS.

Figura II.1- Monitorização simples.	17
Figura II.2- Monitorização com malha de controle.	18
Figura II.3- Controle digital direto.	19
Figura II.4- Controle digital distribuído.	19
Figura II.5- Estrutura do CIM.	29

Figura VI.1- Antigo organograma da empresa.	102
Figura VI.1- Atual organograma da empresa.	105
Gráfico VI.1- Tecnologia instalada (1992).	95
Gráfico VI.2- Evolução da tecnologia instalada por tipo (1989 - 1992).	95
Gráfico VI.3- Evolução da tecnologia instalada por ano (1989 - 1992).	95
Gráfico VI.4- Investimentos (1991 - 1995).	96
Tabela III.1- Evolução dos conceitos e responsabilidades pela qualidade.	44
Tabela V.1- Comparação entre CIM e CHIM.	83
Tabela VI.1- Faturamento e produção da Unipar Divisão Química.	100
Tabela VI.2- Número de funcionários da Unipar Divisão Química.	102

I- INTRODUÇÃO.

I.1- Inovações Tecnológicas e Aplicações Industriais.

Ao final da Segunda Guerra Mundial o Japão era um país virtualmente falido e os Estados Unidos a maior potência capitalista de todos os tempos, com um poderio econômico jamais imaginado e com possibilidades de crescimento infinitamente superiores a qualquer outro país do mundo. Pouco mais de quarenta anos depois, no final da década de 1980, o quadro já estava completamente mudado, com o Japão surgindo como modelo industrial a ser seguido pelos outros países, enquanto que os Estados Unidos, mergulhados em uma profunda recessão, pareciam não ter forças para enfrentar a concorrência oriental. As razões para o sucesso japonês - ou melhor, para o fracasso norte americano - são extremamente complexas, envolvendo até mesmo fatores como política externa e cultura, e já foram amplamente discutidas. Mas um dos elementos que influíram neste contexto é de interesse e serve como estudo deste trabalho: a tecnologia. Ou mais especificamente, o uso da tecnologia como arma de vantagem competitiva, assegurando melhorias de produtividade e qualidade nas atividades produtivas. O impulso tecnológico gerado pelo Japão serviu de parâmetro para as empresas do setor industrial em todo o planeta, mesmo sofrendo as adaptações necessárias ao ambiente em que cada empresa se situa.

Desde a Revolução Industrial, na segunda metade do século XVIII, a tecnologia vem funcionando com um elemento essencial no crescimento econômico. É perfeitamente sabido que, naquela época, o crescimento da produtividade esteve estreitamente relacionado ao progresso técnico então experimentado. Assim como, também, cada mudança no padrão tecnológico em um determinado instante da História propiciou picos de desenvolvimento produtivo. A forma como a tecnologia é tratada se constituiu, através dos tempos, numa questão primordial para o progresso econômico. Williams [61] aponta que descontinuidades no desenvolvimento da tecnologia podem causar descontinuidades na organização do trabalho e envolver uma mudança no paradigma do modelo industrial geral. Segundo o autor, mudanças devidas a um novo paradigma não são observadas somente em relação ao processo de trabalho, mas também na estrutura organizacional e no relacionamento interno da empresa, assim como no relacionamento entre as empresas e o mercado. Ele lista cinco diferentes abordagens sobre para-

digmas, que explicam os períodos de estabilidade e mudanças radicais: História e Etnografia da Tecnologia, Comportamento da Organização, Estudos do Processo de Trabalho, Teoria de Longas Ondas e Neofordismo. Apesar de algumas diferenças de metodologia, todas tratam das mudanças ocorridas na organização do trabalho graças ao desenvolvimento tecnológico em uma determinada época.

Para modelar a importância da tecnologia para o atual estágio de evolução da indústria será utilizada a Teoria de Longas Ondas, desenvolvida por Dosi e Freeman, citados por Williams [61]. De acordo com esta teoria, é importante diferenciar-se as mudanças tecnológicas em termos da sua inovação e da capacidade que elas possuem em modificar o padrão que vinha sendo seguido anteriormente. Para tanto podemos classificá-las em quatro categorias, descritas a seguir (Bessant [8]).

- Incremental: melhorias e modificações feitas no dia a dia, que não afetam radicalmente um produto ou processo produtivo.
- Radical: saltos descontínuos na tecnologia de produto ou de processo.
- Novo sistema tecnológico: mudanças maiores, que afetam mais de um setor ou que podem dar início a novos setores, geralmente acompanhadas de inovações organizacionais.
- Novo paradigma tecno-sócio-econômico: transformações profundas que afetam toda a economia mundial, envolvendo mudanças técnicas e organizacionais, alterando produtos e processos produtivos e favorecendo o surgimento de novos tipos de indústrias. Estabelece um padrão por vários anos.

No primeiro nível é possível identificar melhorias, pequenas e variadas, cada qual representando um incremento na escala de mudança de um processo de substituição gradual. Elas fazem parte do dia a dia, e tornam-se importantes à medida que a empresa aprende a usar e consegue adaptar a nova tecnologia às suas próprias necessidades. Apesar de cada passo tomado ser pequeno, o efeito cumulativo através do tempo pode ser significativo.

Além destas mudanças relativamente simples é possível identificar inovações que são bem mais impactantes em termos de produto ou processo. Inovações deste tipo, radicais, acontecem menos frequentemente, mas possuem, de modo correspondente, um impacto maior ao ocorrerem.

Elas representam um estágio descontínuo de desenvolvimento, algumas vezes abrindo campo para novos produtos ou processos. Podem ser considerados exemplos de inovações radicais produtos como o CD e a fibra de nylon.

O próximo estágio deste caminho envolve mudanças em um sistema tecnológico de tal modo que um grupo ou setor industrial é transformado pelo surgimento de um novo campo tecnológico. Tais mudanças são geralmente acompanhadas por mudanças na organização da produção tanto dentro das empresas quanto entre elas. Neste caso os exemplos incluem as mudanças com o surgimento de materiais sintéticos após a Segunda Guerra Mundial.

Por último aparecem as inovações tecnológicas que envolvem não somente mudanças na tecnologia propriamente dita, mas também contemplam o aspecto social e econômico dos meios produtivos. Este tipo de “revolução” não ocorre freqüentemente, mas sua influência é abrangente e duradoura. Por exemplo, o papel da força a vapor como uma nova tecnologia não se limitou ao desenvolvimento de uma grande variedade de indústrias. Ele na verdade funcionou como um catalisador para toda a Revolução Industrial ocorrida no ocidente, e o domínio de seu desenvolvimento e de sua aplicação definiu os padrões que dominaram o modelo econômico através das décadas seguintes.

Podemos distinguir, através da História, outros momentos onde a introdução de uma tecnologia revolucionária modificou totalmente os padrões produtivos e sociais então vigentes. Sua atuação pode ser caracterizada por uma série de fatores. A principal é que elas envolvem um grupo definido de tecnologias fundamentais que possuem uma ampla disponibilidade, custos inicialmente elevados mas que caem rapidamente e um alto grau de aplicabilidade dentro das atividades produtivas. Este grupo de tecnologias, num conjunto, representam um significativo potencial de crescimento para as atividades produtivas, tanto as novas como as existentes, alimentando assim a expansão econômica. Geralmente, o crescimento se dá inicialmente através de indústrias que já estão potencialmente bem estabelecidas e se encontram mais habilitadas a explorar as oportunidades abertas pelas novas tecnologias. No entanto, estas oportunidades permitem o surgimento de indústrias inovadoras, tanto em relação aos seus produtos quanto aos seus

processos, que modificam o mercado e contribuem para a consolidação do novo paradigma ao trazer sua estrutura para uma nova concepção que rapidamente vai sendo assimilada. Ao mesmo tempo em que ocorre a evolução de métodos produtivos, as técnicas para gerenciamento do trabalho também sofrem constante desenvolvimento, adaptando-se e otimizando a nova esfera produtiva. As indústrias se tornam inovadoras também graças a uma reestruturação organizacional, que permite um melhor aproveitamento das duas inovações técnicas descritas. Em empresas onde não existe grande disponibilidade financeira para realização de grandes investimentos em equipamentos e sistemas, ou mesmo por questões estratégicas, a mudança organizacional pode ser até mais importante, pois dá uma agilidade maior para a manutenção do negócio, criando assim um fôlego para, mais tarde, reunirem condições para fazer os investimentos necessários (Norms [40]).

Este novo padrão industrial se torna então dominante, com suas empresas passando a exercer a supremacia econômica mundial. As outras empresas, mesmo aquelas que eram predominantes no padrão anterior, procuram se adaptar ao novo tempo, ao custo de não terem mais poder de fogo para exercer suas atividades. Algumas das que não conseguem acompanhar esta nova fase chegam a falir. Esta situação se mantém estável por algum tempo, e o ciclo recomeça ao surgirem outras tecnologias inovadoras, que produzirão um novo paradigma tecno-sócio-econômico. Obviamente, o ímpeto de mudança não advém simplesmente da emergência de novas tecnologias, e nem esta pode ser encarada como uma coisa estanque. Os problemas e as limitações que surgem durante a vigência de um paradigma, decorrentes da estrutura tecnológica e organizacional alcançada pelas empresas, determinam o caminho que o próximo paradigma tende a seguir. Além disto, como mostra Williams [61], o desenvolvimento de novos sistemas de produção “é extremamente desigual - variando não somente na sua época mas na sua forma entre nações, setores industriais, companhias e grupos de trabalho. Assim, um sistema de produção dominante irá provavelmente coexistir com formas anteriores”. É certo, no entanto, que as sementes de um paradigma encontram-se no seu antecessor. Isto também demonstra que os paradigmas não conseguem se estabelecer por um intervalo de tempo considerável, decaindo após alcançar um pico de produtividade devido aos seus próprios limites. Assim eles mesmos criam as condições favoráveis para o surgimento daquele que será o próximo paradigma dominante.

Transportando o modelo apresentado para os dias atuais, é possível notar que existe uma correlação entre o processo de reestruturação que vem acontecendo nas indústrias em todo o mundo e a estagnação da escala do sistema econômico mundial, associada à velocidade da evolução tecnológica. O modelo de produção e consumo em massa, que predominou após a Segunda Guerra Mundial, vem dando lugar a modos de demanda mais fragmentados e sistemas produtivos mais flexíveis. Estes últimos vêm se mostrando incompatíveis com as formas de organização do trabalho antigas, especialmente aquelas que são baseadas em forte divisão do trabalho e rígida burocracia (Trudel [57]). Ao invés disso surge uma era que privilegia arranjos flexíveis baseados numa poderosa rede de comunicação e tendo como característica principal a dualidade descentralização da produção / centralização da administração. Ao mesmo tempo, as indústrias de computadores e de automação industrial, que davam seus primeiros passos na década de 1950, chegaram a um ponto de maturidade que possibilita que ofereçam seus produtos com uma tecnologia confiável e a um preço acessível. Ainda que não se possa caracterizá-lo como sendo um novo paradigma tecno-sócio-econômico, o modelo que está surgindo já começa a questionar a estrutura predominante do fordismo.

Existe um reconhecimento de que a economia mundial se encontra numa fase de transição após a ruptura ocorrida na década de 1970 - recessão econômica acompanhada de uma turbulência no mercado e da globalização da competição -, o que faz com que todo o sistema de operação industrial venha sendo contestado (Martins [39]). De acordo com Ferraris [25], o decênio de 1965 a 1975 é a época das “turbulências sociais”, simbolizadas pelos anos 1968 / 69 e a época das “turbulências econômicas”, iniciadas pela crise do petróleo de 1973. Havia uma crescente preocupação quanto ao estudo dos pontos críticos do sistema fordista, gerando dúvidas no que diz respeito às suas origens e conseqüências, o que o próprio Ferraris [25] explicitou: “Simplificando ainda mais, os grupos dividiam-se entre aqueles que previam que o equilíbrio do sistema viria de baixo, por explosão na fábrica, e aqueles que previam que isto se daria por uma queda no mercado. Na verdade, o equilíbrio fordista se rompeu de ambos os lados: em 1969 na fábrica, e na década de 1970 com os mercados estagnados, flutuantes e imprevisíveis”. O grande questionamento é se estaria ocorrendo realmente uma transição no modelo de organização da tecnologia e do trabalho ou se isto não passa de um fenômeno localizado no tempo e passageiro.

O fato é que, para se adaptarem ao novo padrão econômico, as empresas tiveram que redefinir sua estratégia de atuação de modo a assegurar uma vantagem competitiva no novo modelo de mercado que caminha rumo a globalização definitiva, contemplando localizações que há pouco tempo eram fechadas para investimentos e produtos externos, como China, Rússia, Cuba e outros países da antiga linha comunista. O acirramento da competição, na busca da liderança na competição pelos novos mercados e da manutenção dos antigos, aponta para dois caminhos estratégicos distintos, definidos por Porter [45]: o custo e a diferenciação. A liderança pelo custo se dá quando se consegue atingir uma grande escala de redução de gastos durante a fase de projeto e produção, de modo que o preço final se torne mais atraente ao consumidor que o da concorrência - obviamente fatores como qualidade e assistência técnica não podem ser ignorados. Por outro lado, a liderança através da diferenciação consiste em criar atrativos no produto - tecnologia, rede de distribuição, sofisticação, diversificação, personalização, entre outros - para que eles sejam considerados únicos pelos consumidores. Entre as várias características que vêm sendo incorporadas pelos agentes produtivos para se adaptarem a cada um dos dois enfoques estratégicos quatro se encontram em destaque: maior ênfase em fatores intangíveis, como qualidade e variedade do produto, em conjunto com o fator preço; maior ênfase na flexibilidade da tecnologia; maior ênfase na flexibilidade da estrutura organizacional; mudança no relacionamento no interior e entre empresas.

Com o decorrer do tempo foram desenvolvidas ferramentas para auxiliar as empresas a adaptarem sua estratégia produtiva às necessidades do negócio, baseando-se na flexibilização dos seus agentes. Uma delas é o CIM (*Computer Integrated Manufacturing*), que se fundamenta na automação industrial com a integração das informações que circulam na fábrica. O CIM é um conceito que vem evoluindo constantemente, desde a sua introdução, em meados da década de 1970. O termo CIM, inicialmente, foi usado nas indústrias de processo discreto (Bernard [6]). Ele se referia à instalação de computadores no chão-de-fábrica para controlar diretamente as operações produtivas. Gradualmente seu significado foi se expandindo, passando então a traduzir a completa interconexão e integração da produção industrial, desde o recebimento do pedido até a entrega do produto, através de uma rede de informação controlada por computadores.

A introdução da tecnologia da informação na indústria pode ocorrer de dois modos: passivamente, automatizando funções e procedimentos apenas para torná-los mais eficientes no seu local de atuação, ou então de forma integrada, levando em consideração que cada empresa é um organismo com características próprias, como hierarquia, cultura e procedimentos, e necessita de um planejamento que leve isto em conta. Uma das mais poderosas ferramentas surgidas com o desenvolvimento da tecnologia da informação para o ambiente industrial foi justamente o CIM, que tem como fundamento principal a integração das informações da área de produção e da área administrativa numa rede única para toda a fábrica. O CIM, antes de ser um produto finalizado e bem definido, é uma filosofia. Sua aplicação deve ser encarada a partir do propósito de uma estratégia empresarial voltada à reestruturação de todas as atividades da organização, de modo a torná-la mais flexível e ágil para enviar respostas aos estímulos do mercado. Seu principal objetivo é manter uma estrutura de monitorização e controle sobre todos os aspectos do processo produtivo e administrativo industrial, baseando-se para isto num banco de dados comum e numa rede de comunicação, e servindo como apoio ao gerenciamento operacional da fábrica.

Apesar de depender fortemente da evolução dos equipamentos e sistemas advindos da tecnologia da informação, a utilização do CIM numa indústria não pode ser considerada como sendo algo estático. A simples introdução de novas tecnologias nos vários níveis hierárquicos da fábrica frequentemente é feita de forma bem sucedida e pode, a princípio, trazer um grande aumento no índice geral de produtividade. No entanto, quando o levantamento do retorno do investimento é realizado num período de tempo maior, nota-se a existência de uma tendência à desaceleração dos mesmos índices. Podem existir, dentro do contexto de cada caso, vários motivos para que isto aconteça. No entanto, eles convergem para o fato de que, apesar de todo o investimento realizado para modernização das instalações físicas da fábrica, os esforços geralmente se concentram em simples substituição. Em outras palavras, faz-se exatamente aquilo que já vinha sendo feito anteriormente, apenas um pouco melhor ou mais rapidamente. Em investimentos deste tipo pode-se esperar no máximo melhoria na eficiência de operações individuais, e não uma elevação geral dos níveis de eficácia da produção. Carvalho [13] adverte que a difusão da tecnologia de automação adotada pelo setor petroquímico brasileiro ocorreu justamente de forma substitutiva.

A este fato ele se refere como modernização passiva, e, neste caso em particular, a substituição dos equipamentos foi fortemente motivada pela sua obsolescência.

Assim, a introdução isolada da tecnologia de informação numa fábrica, por si só, não garante um aumento duradouro nos níveis de produtividade e qualidade, e, conseqüentemente, tampouco sustenta sozinha a aplicação do CIM em toda sua plenitude. A forma como estas tecnologias são utilizadas, e não a sua extensão, é que determina o grau de vantagem competitiva que uma empresa atinge. Para que a simples substituição dê lugar à integração da produção é necessário que se estabeleça uma abordagem que traga consigo modificações em todas as áreas de atuação da empresa. A tecnologia de gerenciamento é essencial neste ponto. Novas práticas gerenciais são criadas para facilitar a transição do processo substitutivo para o processo integrativo. Ainda em conjunto, devido ao caráter essencialmente dinâmico de uma empresa, as velhas formas organizacionais já não têm a agilidade necessária para acompanhar a estrutura produtiva que se almeja a partir do uso das novas tecnologias, sendo necessária uma reformulação do modo como as empresas organizam seu processo corporativo, buscando novas formas de organização da produção e uma reavaliação da importância do trabalho humano, principal fonte de aumento da qualidade, produtividade e flexibilidade.

A premissa central deste trabalho é que, para se extrair todo o potencial que um sistema CIM pode dar - ou seja, torná-lo uma estratégia de produção efetiva na busca da vantagem competitiva - é necessário explorar três correntes básicas na sua implantação: a utilização da tecnologia da informação na integração das tarefas da empresa; a aplicação de novas práticas gerenciais - como o Gerenciamento da Qualidade Total - que auxiliam e sustentam a passagem do uso de inovações como forma de substituição para a fase de integração da produção; e a reformulação da estrutura organizacional em todos os níveis da empresa, do individual ao corporativo, para que as mudanças sistêmicas encontrem um campo propício ao seu desenvolvimento a partir do aspecto humano da fábrica. Esta é a definição que se procurará associar ao CIM: não um sistema regido pelos princípios mecanicistas, mas um complexo flexível, extraindo aquilo que de melhor pode se conseguir dos seus dois componentes - a criatividade humana e a previsibilidade da máquina.

I.2- Objetivos da Tese.

Este trabalho se destina a estudar o atual estágio do CIM como uma estratégia produtiva para o desenvolvimento da vantagem competitiva das indústrias, traçando inicialmente um perfil da evolução das tecnologias que permitem a sua aplicação efetiva, para posteriormente analisá-lo frente à exploração do seu potencial. As tecnologias acima referidas são de dois tipos: aquelas provenientes do que se convencionou chamar genericamente de Tecnologia da Informação, que vem a ser o meio físico dos modernos sistemas de computação e comunicação, e a chamada tecnologia organizacional, que diz respeito ao gerenciamento e organização do trabalho nas empresas. Também será levado em conta o fator humano no contexto da introdução das novas técnicas de automação na fábrica.

Dentro deste quadro será dada especial atenção às indústrias de processo contínuo - petroquímica, siderúrgica, alimentícia, farmacêutica, entre outras -, maiores usuários de equipamentos industriais com base microeletrônica no Brasil, de acordo com Carvalho [13]. Isto se deve principalmente por este segmento ser altamente intensivo em capital e, assim, ter a necessidade de maximizar e otimizar a utilização de seus equipamentos. Dentre as indústrias de processo contínuo, o foco será no setor petroquímico brasileiro, que foi altamente privilegiado com o II PND (Plano Nacional de Desenvolvimento), graças ao forte investimento estatal, via Petroquisa, e à política de substituição de importações, que criou uma reserva de mercado interna. A partir do final da década de 1980, em face a fatores internos - como a abertura da economia e a perda de alguns incentivos por parte do governo federal - e externos - como a criação de mercados fortemente regulados pelos princípios de qualidade total, no caso da União Européia - o setor vem precisando se modernizar com grande urgência, sob pena de, não acompanhando a tendência mundial, perder gradativamente sua participação no mercado. Apesar de extremamente importante para a economia brasileira, este setor ainda apresenta carência de estudos nesta área de automação e suas aplicações estratégicas. Como exemplo é apresentado o projeto de modernização da Unipar Divisão Química, indústria cuja sede se encontra no Rio de Janeiro e a planta industrial está localizada na cidade de Mauá, no pólo petroquímico de Capuava, ABC paulista, que está implantando, lado a

lado, um Sistema de Garantia da Qualidade, que lhe proporcionou o certificado ISO 9000, e um sistema CIM.

O CIM dentro da indústria petroquímica ganha algumas características específicas, principalmente no que diz respeito à inovação tecnológica para sua automação. Castro e Guimarães [34] colocam que dentro do setor petroquímico esta inovação pode se desencadear a partir de três ramos: produto, processo produtivo e controle de processo produtivo. Segundo os autores, o aprimoramento do produto tem uma importância variável conforme o tipo da indústria, mas, via de regra, ele ganha um aspecto irrelevante no resultado financeiro da empresa devido à característica de alta escala de produção deste tipo de indústria. Já o aprimoramento do processo produtivo é mais importante em termos de capacitação tecnológica da indústria nacional, principalmente quando se leva em conta que todos os pacotes de tecnologia de processo são adquiridos no exterior sob a forma de licenciamento para uso pelas indústrias nacionais. Os esforços realizados em termos de aprendizado e incorporação de novidades tecnológicas têm, em geral, apresentado resultados positivos nesta área. No entanto, em termos brasileiros, os maiores avanços em termos de modernização encontram-se localizados no ramo de controle de processo produtivo, decorrentes da introdução de equipamentos e sistemas baseados na tecnologia da informação. É exatamente neste ramo que estão concentrados os estudos deste trabalho. A razão é que o aumento da produtividade de uma indústria petroquímica advém da maximização da performance das suas instalações, que operam ininterruptamente. Portanto, é o controle apurado do processo que permite evitar a perda das especificações dos produtos e que mantém as condições de continuidade operacional de uma planta petroquímica.

Em resumo, os objetivos deste trabalho foram:

1. Estudar a introdução de sistemas de automação nas indústrias tendo em vista sua utilização efetiva como uma estratégia produtiva para sustentação de vantagem competitiva para as empresas. Dentre estas estratégias, foi focalizado o CIM.
2. Estudar as necessidades que o CIM possui para se transformar numa estratégia produtiva efetiva, e não num sistema que encontra grandes dificuldades para ser implantado e que fracassa na sua aplicação, como geralmente está ocorrendo.

3. Estudar as expectativas e reações que o corpo de funcionários da Unipar teria em relação ao projeto de modernização da empresa.
4. Estudar a expectativa da alta gerência em termos de vantagem competitiva que uma estratégia de produção como o CIM poderia trazer a uma empresa.

Os dois primeiros pontos acima citados foram analisados teoricamente nos capítulos II, III, IV e V, e referenciados quanto a sua aplicação no estudo de caso, no capítulo VI. Os dois outros pontos foram abordados exclusivamente no capítulo VI. Inicialmente, o trabalho analisa os passos que levaram a tecnologia da informação a tomar um lugar decisivo em termos de produção e gerenciamento da indústria de processo contínuo, passando pelas novas técnicas gerenciais e organizacionais que são implementadas, em conjunto ou não com a sua introdução nos meios produtivos. Logo após é analisada a integração total da manufatura. Serão confrontadas duas correntes de introdução tecnológica nas empresas - antropocentrismo e tecnocentrismo. A seguir é realizado um breve estudo sobre a indústria petroquímica brasileira e um estudo de caso dentro da Unipar Divisão Química, que está desenvolvendo um projeto de modernização nas áreas produtiva e administrativa, com a introdução do CIM e do Sistema de Garantia da Qualidade, além de uma ampla reestruturação organizacional nas suas áreas produtivas e administrativas. Por fim, é feita uma conclusão geral, onde se enfatiza a necessidade do desenvolvimento das relações industriais e dos recursos humanos da fábrica para que se possa explorar todo potencial tecnológico e humano de um sistema de integração que enfoca essencialmente a flexibilidade, a produtividade e a qualidade.

I.3- Recursos Metodológicos.

Este trabalho se inicia por um apanhado teórico, que embasa os pressupostos lançados nos Capítulos II, III, IV e V e as conclusões que são alcançadas. Esta fase iniciou-se durante a participação nas cadeiras da área de Informática e Sociedade do Programa de Engenharia de Sistemas e Computação da COPPE / UFRJ e seguiu com pesquisa bibliográfica nacional e internacional. O Capítulo II discute a introdução da tecnologia da informação na indústria - com ênfase na de processos contínuos. O Capítulo III trata das práticas gerenciais, e destaca o *just-in-time* e o Gerenciamento da Qualidade Total. O Capítulo IV mostra os níveis de mudanças que as em-

presas tentam alcançar para otimizar sua estrutura organizacional: individual, funcional, gerencial, interorganizacional e cultural. O Capítulo V congrega este tripé na integração total da manufatura, mostra os motivos que levam ao sub-aproveitamento estratégico do CIM e apresenta uma alternativa à estrutura algumas vezes rígidas que se confere à sua implementação, o CHIM (*Computer and Human Integrated Manufacturing*).

O Capítulo VI traz estudo de caso, baseado em pesquisa realizada na Unipar Divisão Química. Foram realizadas várias visitas à fábrica a partir de março de 1992 com o objetivo de colher os dados necessários para o estudo de caso - estas visitas eram feitas, a princípio, uma vez a cada mês, durante uma semana. Nesta época estava sendo lançado o projeto de modernização da empresa, que tinha por objetivo implementar o CIM como estratégia produtiva da empresa. Também nesta época foi iniciado, com grande urgência, a implantação de um Sistema de Garantia da Qualidade, por causa de pressões que clientes internos e externos estavam exercendo. Este fato não poderia passar despercebido deste trabalho, apesar de não ser o ponto central da tese, por três motivos: inicialmente, ele é uma prática gerencial que ajuda a sustentar a aplicação do CIM como estratégia produtiva (Capítulo III); além disso, de acordo com pesquisa realizada pela CNI (Confederação Nacional das Indústrias [18]), foi constatado que no Brasil, em termos de modernização, se identificam mais casos de introdução de Sistemas de Garantia da Qualidade do que sistemas que necessitem de investimentos pesados em tecnologia da informação, como o CIM; e, finalmente, pois ele iria mudar toda a rotina da fábrica, que passaria a centrar a atenção à qualidade também como uma forma de modernização. Esta primeira fase de visitas encerrou-se em dezembro de 1993. Também nesta fase foram realizadas visitas ao CTI (Fundação Centro Tecnológico para Informática) da Unicamp e à Unicontrol, empresa do grupo Unipar que comercializa equipamentos de controle de processos e que também participou do projeto.

Em abril de 1994 fui contratado como engenheiro eletrônico para atuar na área de automação industrial, onde teria contato direto com a implementação do CIM e, indiretamente, com o Sistema de Garantia da Qualidade. No entanto, vários problemas ocorreram desde então. Em junho de 1994 a Odebretch, sócia minoritária da Unipar, assumiu o controle administrativo da empresa, via acordo entre acionistas. Com a preocupação de

controlar mais firmemente os gastos, vários projetos em andamento na Unipar foram interrompidos pela nova controladora. O projeto CIM, por possuir uma linha de financiamento da FINEP (Financiadora de Estudos e Projetos) já formalmente contratada, não pôde ser totalmente paralisado, mas teve uma desaceleração acentuada, levando a uma revisão geral do seu cronograma. Devido a este fato não foi possível concluir integralmente a pesquisa sobre a implementação do CIM na Unipar, ficando ela basicamente restrita à fase de especificação de requisitos e projeto, e algo em torno de 70% da montagem (Tópico VI.4.1).

Foram realizadas entrevistas com vários funcionários, de todos os níveis e englobando todos os departamentos. O fato de ter atuado como engenheiro dentro da Unipar ajudou bastante a colher uma série de dados e informações, a partir de documentos fornecidos pela empresa, e beneficiou a análise de todos os acontecimentos relativos a este projeto. O contato diário com pessoal administrativo e operacional fez com que praticamente não houvesse necessidade de se realizar entrevistas formais, que poderiam gerar constrangimentos e descaracterizar a objetividade das declarações.

O atraso do cronograma do projeto prejudicou uma análise quantitativa mais profunda que poderia ter sido realizada no estudo de caso, tendo em vista o fim do prazo de apresentação desta Tese. Outro fator que influenciou na análise do estudo de caso foi a inexistência de indústrias petroquímicas brasileiras, principalmente as localizadas no pólo petroquímico de Capuava, que estejam realizando projetos deste tipo, para que pudessem ser realizadas comparações com a Unipar. Assim, a análise final deste trabalho é essencialmente qualitativa.

A pesquisa do estudo de caso foi realizada de duas formas:

1. Investigação, onde eu tinha acesso a documentos internos como: publicações, análises, ordens produtivas e administrativas, balancetes, relatórios, correspondências e pareceres. É óbvio que não foi possível acessar todos os documentos da empresa, pois existiriam informações confidenciais ou estratégicas que não poderiam ser divulgadas neste trabalho.
2. Entrevistas com elementos (funcionários ou não) que estariam diretamente envolvidos com o CIM e com o Sistema de Garantia da Qualidade. As entrevistas não eram necessariamente realizadas de modo formal. Por exemplo, durante a fase de especificação do CIM - março a setem-

bro de 1992 - foram realizadas uma série de reuniões com os funcionários para a divulgação do projeto. Eu participava como convidado, sendo um dos oradores, e ao final participava do debate sobre os aspectos da implantação deste tipo de projeto com todos os presentes (Tópico VI.4.1).

O Capítulo VII traz as conclusões finais a respeito do trabalho. Para finalizar, cabe ressaltar que em todos os momentos deste estudo de caso, recebi total apoio, tanto da Superintendência da Unipar Divisão Química, em Mauá, como do presidente da holding Unipar, no Rio de Janeiro.

II- TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E SEU POTENCIAL NO ÂMBITO DA AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL.

II.1- Histórico.

Com o surgimento do primeiro computador de uso comercial - o UNIVAC -, na década de 1950, pode-se dizer que o mundo entrou em uma nova fase de sua existência. Nada, em toda a história da humanidade, se desenvolveu tão rapidamente em termos de capacidade de uso e preço. Numa comparação clássica, encontrada em Bessant [8], vemos que se, por exemplo, a aviação tivesse experimentado o mesmo nível de progresso, um avião comercial custaria atualmente cerca de 500 dólares e seria capaz de dar a volta ao mundo em 20 minutos com 50 litros de óleo combustível. A abrangência da sua área de atuação também aumentou imensamente. Aproximadamente quarenta anos após seu lançamento o número de computadores ultrapassa 100 milhões em todo o mundo. Adicionalmente, também a área de telecomunicações surgiu e foi alavancada com o desenvolvimento da microeletrônica. Com o aparecimento dos satélites, das redes de comunicação, da fibra ótica, do laser, entre outros, foi possível interligar todo o globo terrestre, possibilitando a difusão de dados em tempo real para qualquer ponto do planeta. Nos últimos anos, o crescimento sinérgico observado nestas duas disciplinas - computação e telecomunicações - levou à sua convergência para uma única área do conhecimento humano, denominada por vários autores de tecnologia da informação. Inicialmente, sua grande força propulsora vinha das aplicações militares que, por demandarem rapidez, precisão e confiabilidade, criaram as condições necessárias para um rápido salto tecnológico. Por possuir uma grande aplicabilidade, que alcança as mais diversas atividades humanas, a tecnologia da informação se encontra presente, hoje em dia, em vários outros segmentos, como na educação e no lazer.

Devido à sua característica de diversificação, descrita no parágrafo acima, a tecnologia da informação também foi introduzida em todos os setores produtivos. Relativamente ao setor de serviços, por exemplo, sabe-se que a maior parte do trabalho efetuado em escritórios envolve processamento - caracterizado por preenchimento de formulários, criação de documentos -, transmissão - através de telefone, carta - e armazenamento - em arquivos - de informações. Nestes locais de trabalho é gasto mais tempo

com o gerenciamento do fluxo de informações a respeito das transações envolvendo os bens e serviços do que com o negócio propriamente dito. Portanto, a tecnologia da informação passou a ser um instrumento essencial para aumento de produtividade e de qualidade do trabalho neste setor. Isto pôde ser sentido através da proliferação de computadores, redes de comunicação, produtos, como o fax e o modem, e programas, como os editores de texto, as planilhas eletrônicas e os gerenciadores de banco de dados, que vieram para substituir os antigos instrumentos de trabalho, modificando completamente o ambiente profissional nestes locais.

Na área industrial, onde as operações produtivas também se desenvolvem amparadas por um amplo conjunto de atividades ligadas à informação, um fenômeno parecido ocorreu. A utilização de computadores comerciais e outros equipamentos de base microeletrônica em aplicações industriais datam da década de 1960, e teve uma difusão tão rápida que logo surgiu todo o aparato necessário para a otimização da capacidade de processamento, armazenamento e circulação de dados, como os sistemas especialistas, as redes de comunicação próprias para o ambiente, além da própria evolução dos microprocessadores. Com isto, nasceram tecnologias específicas para uso industrial, em suas diferentes áreas: para o controle de processos produtivos o SDCD (*Sistema Digital de Controle Distribuído*), nas indústrias de processo contínuo, e as máquinas ferramentas de controle numérico e os robôs, nas indústrias de processo discreto; para o setor de projetos e desenvolvimento o CAD (*Computer-Aided Design*) / CAM (*Computer-Aided Manufacturing*) / CAE (*Computer-Aided Engineering*), para a gerência administração o CAPM (*Computer-Aided Production Management*), entre outros. Neste capítulo a ênfase recairá sobre as tecnologias para automação do controle de processos contínuos, devido à sua importância para o setor petroquímico (Tópico I.2).

II.2- A Tecnologia da Informação Aplicada ao Controle de Processos Industriais Contínuos.

Dentro de uma fábrica existe uma grande variedade de aplicações relativas ao manuseio de informação. Na sua forma mais simples ela é necessária para monitorizar processos industriais de modo a mantê-los estáveis, ou, pelo menos, com um comportamento conhecido. O desconhecimento do estado do processo impede a atuação de um controle específico, e

pode levá-lo a uma situação de instabilidade em que compromete não só a qualidade da produção como também a segurança da planta. A necessidade de tecnologias exclusivas para o acompanhamento das atividades de monitorização e controle existe há bastante tempo e em seu decurso apresentou várias soluções bastante criativas. Entretanto, foi somente a partir do desenvolvimento da tecnologia da informação e de suas aplicações industriais que a automação do controle de processos nas fábricas começou a tomar um forte impulso.

Em um sistema baseado na aplicação da tecnologia da informação a atividade de monitorização é relativamente simples. Um sensor detecta a grandeza que está sendo medida - em termos físicos - e a transmite, num meio eletrônico, para um computador, que trata esta informação, mostrando-a para o usuário ou armazenando-a em algum local apropriado para consulta posterior. Na prática, este sistema simples (Figura II.1) pode ter outras características incluídas em seu escopo, de modo a incrementar a forma de apresentação e a capacidade de gerenciamento das informações coletadas, como por exemplo: relatórios impressos, apresentação em telas de vídeo gráficas, análise de tendência através do tempo, entre outras. No entanto, em última instância, a atividade de monitorização permanece a mesma, básica. Neste caso, a ação do controle é efetivamente praticada por um agente externo, que compara o dado coletado com o valor esperado e toma a providência necessária para que o processo atinja este valor.

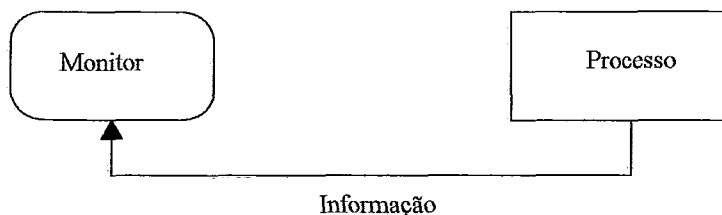


Figura II.1- Monitorização simples.

Embora exista uma ampla gama de aplicações baseadas em simples monitorização e medição, mesmo estas sendo rápidas e precisas, e ainda contando com o auxílio de sofisticadas ferramentas de apoio para análise e saída de dados, elas formam apenas o que de mais básico pode ser obtido com o uso da tecnologia da informação no ambiente industrial. No caso acima descrito a atuação do homem se torna indispensável para que os dados obtidos pelo dispositivo monitor possam ser utilizados na ação de controle necessária.

Para que a ação externa possa ser dispensada é necessário fazer com que a informação colhida pelo dispositivo monitor sirva como parâmetro para auxiliar no controle do seu próprio processo. Isto é conseguido através da comparação do valor obtido na medição efetuada durante o processo com um valor de referência, previamente estabelecido e devidamente armazenado em local apropriado. Este valor de referência é o que faz o processo ter seu melhor desempenho. O resultado da comparação determina se será necessário e qual será o tipo de controle a ser efetuado para que se atinja um estado de equilíbrio na planta. A esta configuração dá-se o nome de malha de controle (Figura II.2).

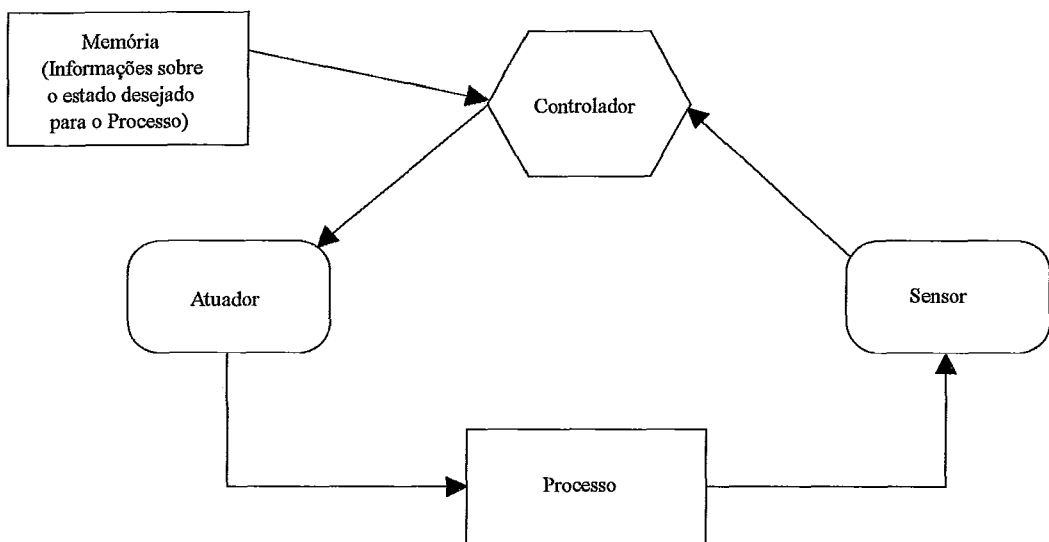


Figura II.2- Monitorização com malha de controle.

Este esquema é a base de todos os tipos de controle de processo industrial, e, seja qual for o tipo - discreto ou contínuo - os mesmos princípios a respeito do fluxo de informações podem ser empregados. Devido às suas características, este é a aplicação para o qual sistemas e equipamentos baseados na tecnologia da informação se encaixam esplendidamente. Isto vem ocorrendo desde a década de 1960, com a introdução dos primeiros Sistemas de Controle Digital Direto (*Direct Digital Control - DDC*), via computador. Nesta época um computador central recebia todas as entradas de processo, efetuava os cálculos e liberava saídas para os elementos finais de controle - atuadores de válvulas. Apesar deste sistema conseguir manipular um grande número de variáveis de processo e calcular estratégias de controle complexas, existiam limitações na sua operação, devido à possibilidade de ocorrência de sobrecarga na capacidade de processa-

mento do computador. Além disso, uma falha no computador parava toda planta, pondo em risco a segurança e a continuidade do processo produtivo (Figura II.3).

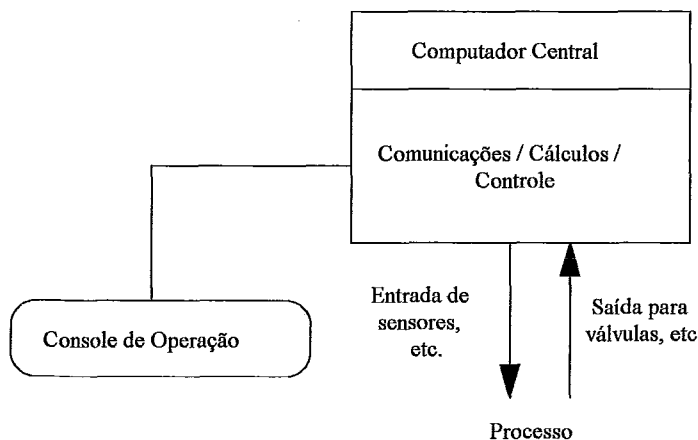


Figura II.3- Controle digital direto.

Como solução para este problema, surgiu a filosofia de controle de processo distribuído, através de Sistemas Digitais de Controle Distribuído (SDCD). Neles existem controladores individuais usados para controlar o processo e um computador central usado pelos operadores para comunicar, via console de operação, as mudanças das condições de operação - pontos de ajuste, estratégia de operação, entre outros - aos controladores. Neste caso o controle do processo pode continuar mesmo que o computador central venha a falhar (Figura II.4).

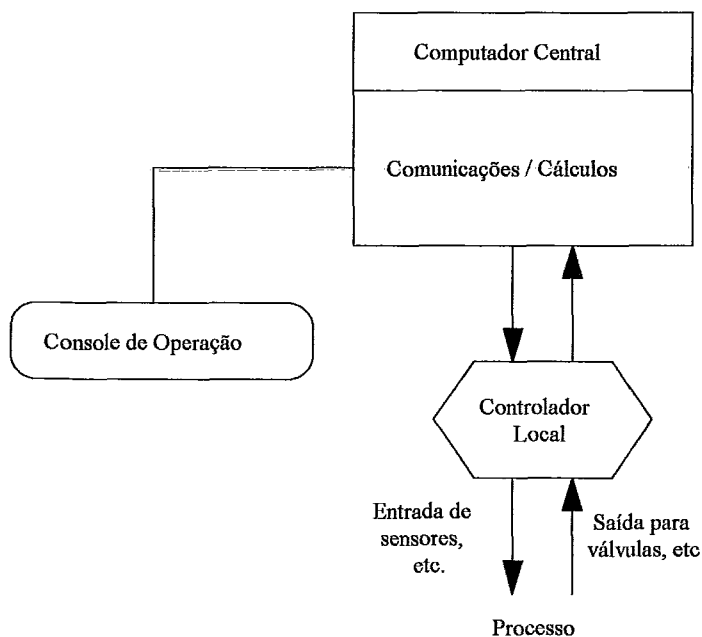


Figura II.4- Controle digital distribuído.

A console de operação é o local onde é feita a interface entre os operadores e o computador. Ela consiste de um monitor colorido, onde é representado todo o processo produtivo e onde o computador central informa o valor de todas as variáveis de processo (temperatura, vazão, pressão, nível, entre outros), um teclado onde é efetuada a entrada de dados, e, geralmente, uma impressora para a emissão de relatórios. Algumas das variáveis de processo necessitam apenas de uma monitorização constante, pois elas não influem decisivamente no processo. Outras, no entanto, precisam ser controladas diretamente, através de comandos do operador, ou indiretamente, através de algoritmos de controle que estão residentes no computador central. Neste caso o controlador local envia dados coletados aos computadores informando o estado presente da variável a ser controlada. Este estado é comparado com o valor ideal e, sendo diferente, o computador calcula a ação que deve ser exercida para que a variável atinja este valor e informa ao controlador, que toma as providências necessárias, mudando o estado da variável para aproximá-la do valor esperado.

Mesmo assim isto representa apenas uma pequena parte de todo o potencial presente no campo do controle de processos industriais. Existem ainda diversas alternativas, como a de diferentes malhas serem controladas simultaneamente e a de conjunção de malhas independentes. Acima de tudo, porém, existe a possibilidade de se combinar informações vindas de diferentes fontes espalhadas pela fábrica num único sistema de monitorização, controle e informação integrado, abrindo-se, com isso, o leque dos procedimentos de produção. Isto significa a passagem de um cenário onde se busca apenas os benefícios localizados de uma produção mais eficiente, fazendo-se exatamente o que já vinha sendo feito anteriormente, apenas de forma melhor, para outro onde as atividades são realizadas de forma integrada, contribuindo-se para o aumento da eficácia geral através da flexibilização da produção.

II.3- Desenvolvimento da Automação Industrial.

A seguir será mostrado um breve resumo dos passos que marcaram o desenvolvimento tecnológico da automação industrial, tanto nas indústrias de processo contínuo quanto nas de processo discreto de produção. Não se pretende apresentar aqui uma revisão completa de todos os pas-

tos da evolução dos sistemas de controle e dispositivos de automação. No entanto, para um completo entendimento da formação dos modernos sistemas de automação industrial, é útil traçar a sua trajetória desde o início deste século. A análise da automação da indústria de processo discreto é introduzida neste debate para uma posterior comparação com o processo contínuo (Tópico II.3.3). A divisão dos períodos segue a proposta de Bernard [6].

II.3.1- Desenvolvimento da Automação de Processos Contínuos.

1. Tecnologia Mecânica (1900 - 1920).

Nesta época os controladores utilizados na indústria de processo contínuo eram dispositivos analógicos projetados com tecnologia mecânica básica (Hall [35]). Os parâmetros do processo eram mostrados em indicadores montados na própria área de operação. Mais tarde, ainda dentro deste período, foram desenvolvidos os primeiros termômetros capazes de gravar seus registros, tornando a tecnologia de medição mais precisa. O papel dos operadores era fazer a leitura dos instrumentos, decidir a ação requerida para aquela leitura, e então ajustar manualmente as variáveis de processo. Não raramente, outros sentidos, como olfato e audição, eram utilizados para enfrentar as dificuldades inerentes à aquisição dos dados de processo desta época.

2. Tecnologia Pneumática (1920 - 1940).

Durante este período foi introduzida a tecnologia de controle pneumática, o que permitiu pela primeira vez o uso de controladores analógicos confiáveis, projetados com tecnologia mecânica. Estes controladores eram do tipo *direct-set* (diretamente ajustáveis) e se conectavam aos atuadores das válvulas pneumáticas que manipulavam o fluxo do fluido dentro da tubulação. De acordo com Bernard [6]: “(...) eles eram montados em painéis locais de controle, situados perto do processo que controlavam, de modo que os operadores pudessem observar o processo”. O papel deles, portanto, era ajustar o ponto de controle desejado até que a variável de operação atingisse o valor ideal. Mais tarde foram desenvolvidos algoritmos de controle integral e de controle derivativo, reduzindo a necessidade de intervenção do operador (Hall [35]). A partir daí, desenvolveu-se também os primeiros controladores PID (Proporcional, Integral, Derivativo), que até hoje continuam sendo dos mais utilizados. Vários tipos de controladores pneumáticos, ca-

pazes de gravar seus registros, foram criados para controlar as principais variáveis do processo. Eles também eram montados em painéis de controle na área de produção. No entanto, para processos maiores, os usuários desejavam menor número de operadores e maior centralização das telas de medição, para a obtenção de uma melhor operação. Deste modo, foram desenvolvidos transmissores de medição pneumática. Isto promoveu um impacto significativo nas operações do processo ao permitir pela primeira vez a centralização de todas as funções de controle.

3. Tecnologia de Transmissão (1940 - 1960).

Durante a maior parte deste período o controle de processo era baseado em tecnologia pneumática, utilizando transmissores de medidas para consolidar as operações de processo em grandes salas de controle. O papel do operador passou a ser o de ajustar condições de operação e responder aos problemas do processo, quase sempre indicados por alarmes em áreas remotas. Como resultado disto, a maioria das plantas passou a possuir operadores tanto na sala de controle quanto no campo, geralmente se comunicando através de telefone ou rádio, de modo a responder rapidamente aos problemas. As áreas de operação das plantas sob controle de uma única pessoa se tornaram maiores e mais complexas, e foram criados painéis gráficos para auxiliar o controle. Estes painéis, denominados sinóticos, retratavam as áreas de processo, com indicadores de medidas e alarmes montados em locais apropriados. Esta concentração de funções de controle em salas de operação cresceu a partir da década de 1950 com o desenvolvimento dos controladores eletrônicos, graças ao seu alcance maior em termos de distâncias de transmissão. Painéis de controle semigráficos, mais concentrados, usando tecnologia eletrônica e pneumática foram desenvolvidos durante este período. Alguns transmissores, capazes de enviar sinais pneumáticos na forma eletrônica, também foram usados, e, para conectar válvulas de controle pneumáticas, eram necessários conversores eletrônico-pneumáticos, que faziam o sentido inverso, transformando sinais eletrônicos em pneumáticos (Hall [35]).

4. Tecnologia de Controle Centralizado (1960 - 1980).

Neste período os computadores digitais foram utilizados em sistemas de controle de processo pela primeira vez, em conjunto com a instrumentação de controle eletrônica e pneumática. Computadores de controle supervisão começaram a ser instalados no início da década de 1960. Alguns ajustavam

automaticamente o *set-point* (ponto de controle) dos controladores eletrônicos e pneumáticos. Segundo Hall [35], neste caso o papel dos operadores era de ajustar as condições de operação, responder aos problemas observados e aos alarmes e interagir com os computadores. Estes computadores supervisórios permitiam o uso de algoritmos de controle mais avançados e possuíam ferramentas de diagnóstico mais sofisticadas, o que aperfeiçoou as operações de processo. Ainda na década de 1960 os primeiros computadores de controle digital direto (DDC) foram instalados em várias plantas. Eles substituíram os controladores analógicos e eram capazes de calcular diretamente os algoritmos de controle PID. Os painéis sinóticos foram significativamente reduzidos em tamanho. Mais tarde houve a separação física das funções eletrônicas de controle de entrada e saída (I/O) e das funções de operação, permitindo a introdução das telas de CRT (*Cathode-Ray Tubes*) que substituíram os painéis semigráficos. Neste caso, a grande evolução era que as telas de CRT faziam parte do sistema e podiam ser usadas para manipular dados dos controladores eletrônicos ou em conjunto com os DDCs.

5. Tecnologia de Controle Digital (1980 em diante).

O baixo custo e a alta confiabilidade dos microprocessadores permitiram o seu uso na maioria dos controladores de processo e dispositivos de medição a partir do final da década de 1970, segundo Norms [40]. Com isto, a capacidade destes dispositivos aumentou, possibilitando a distribuição de várias funções que anteriormente residiam em computadores de grande porte. Com a inclusão da memória digital, mais barata e ao mesmo tempo mais confiável, várias funções de controle avançado, executando algoritmos complexos, foram incorporadas aos dispositivos. Graças a esta capacidade os sistemas de controle de processo migraram para uma arquitetura aberta e distribuída, intercomunicável através de redes digitais - os SDCDs. O gerenciamento supervisório da planta continuou centralizado, com ferramentas gráficas, de simulação e de diagnóstico mais modernas. Neste tipo de arquitetura a maior parte do controle de processo direto pode ser distribuído através da planta e posicionado convenientemente perto dos dispositivos de medição e das unidades de processo que eles controlam, o que reduz o custo de fiação de campo e aumenta a confiabilidade do sistema. Como os dispositivos mais modernos podem conter autoidentificação, autodiagnóstico e autoajuste, a sua manutenção se torna mais fácil e confiável. O papel do operador é monitorizar as operações, eliminar distúrbios, responder aos alarmes e desenvolver e implementar as melhores estratégias para as con-

dições de processo correntes. Ele pode estar conectado por meio de rede de comunicação a outras funções, por exemplo administrativas - como pedido de compras, disponibilidade de matéria prima, vendas, e todas aquelas que contribuam para melhorar as condições de operação em tempo real. A maior capacidade de controle e comunicação destas arquiteturas distribuídas para sistemas de controle de processo permite uma intercomunicação maior entre operação e outras funções administrativas. Isto fornece a infraestrutura necessária à introdução do CIM nas indústrias de processo contínuo.

II.3.2- Desenvolvimento da Automação de Processos Discretos.

1. Tecnologia Mecânica / Elétrica (1900 - 1950).

No início do século a maioria das máquinas eram movidas por mecanismos a vapor ou rodas d'água. Este método foi o mais utilizado durante este período, embora algumas máquinas já fossem convertidas para o uso de motores elétricos como fonte primária de energia - o primeiro motor elétrico foi construído em 1903. O uso de motores individuais para alimentação de máquinas era um avanço tecnológico considerável e permitia um aumento no grau de liberdade para certos projetos, antes impossível de ser alcançada (Bernard [6]). Outro avanço importante ocorreu em 1927, quando pela primeira vez foi utilizada a energia hidráulica (Hall [35]). Este tipo de energia passou a ser muito usado em máquinas que exigiam um posicionamento de peças bastante preciso, particularmente quando eram necessários longos movimentos. A partir da década de 1940 a tecnologia de linhas de transferência foi desenvolvida para linhas de produção de alto volume. As partes eram movidas de forma automática de uma máquina para outra até que se completasse o produto final. Esta tecnologia de produção foi baseada originalmente no uso de sensores de posição elétricos e controle com relés. Ainda hoje as linhas de transferência são comuns em indústrias de altos volumes de produção, mas no lugar dos bancos de relés elétricos são usados PLCs (*Programmable Logic Controllers*).

2. Tecnologia Eletrônica / Digital (1950 - 1970).

Neste período a tecnologia de máquinas e processos de produção, desenvolvida na Segunda Guerra Mundial, foi aplicada nas indústrias. Um dos avanços mais significativos foi o uso do computador digital no comando de máquinas de controle numérico. Esta tecnologia começou a ser desenvolvida no MIT (*Massachusetts Institute of Technology*) em 1952, à pedido da

Força Aérea Americana, para uso na indústria aeronáutica, e em 1958 o sistema foi colocado em operação (Hall [35]). Em 1962 as máquinas de controle numérico passaram a permitir alterações na sua programação para diferentes operações. Em 1966 foram desenvolvidas as máquinas de controle numérico direto, substituindo unidades de comando a base de fita de papel por circuitos integrados. Isto permitiu que computadores remotos pudessem carregar diferentes programas diretamente sem a necessidade do uso de fitas para transferência de informações. Esta capacidade de computação remota foi uma das chaves para a introdução do CIM na indústria de processo discreto. Outra chave foi o desenvolvimento da robótica, durante a década de 1950. Seu primeiro uso comercial foi em fundição e pintura, na década de 1960, mas somente na década seguinte os robôs passaram a ser controlados por computadores. Em 1968 a Cincinnati Milacron Company desenvolveu o primeiro FMS (*Flexible Manufacturing System*) (Bernard [6]), mas a idéia era muito avançada para os padrões industriais da época, e nenhum sistema foi vendido. O primeiro PLC foi desenvolvido em 1969 para a indústria automobilística. Ele foi projetado para substituir a lógica de relés então existente. Ao longo do tempo os PLCs se difundiram bastante, passando a ser aplicados em vários outros tipos de indústrias, inclusive de processo contínuo.

3. Tecnologia de Controle Digital (1970 em diante).

Durante este período várias tecnologias necessárias ao CIM foram desenvolvidas, graças a pesquisas realizadas por universidades, indústrias e instituições governamentais. No início dos anos 70 foi criado o controle numérico por computador (CNC), o que fez com que funções específicas pudessem ser acessadas via software no computador local da própria máquina, dando maior flexibilidade às operações e simplicidade no carregamento de comandos a partir dos computadores supervisores de alto nível. Em 1973 os microprocessadores foram incorporados aos PLCs, permitindo funções aritméticas e manipulação de dados. Isto também possibilitou ao PLCs capacidade de comunicação com computadores remotos e de interfaceamento com a instrumentação do chão-de-fábrica. Em 1979 os PLCs passaram a ser interconectados com computadores supervisórios, formando sistemas de controle distribuído. Deste modo, aumentaram a sua funcionalidade e se tornaram programáveis em linguagens de alto nível, e passaram a competir com computadores de controle de processo tradicionais em várias aplicações. Outra tecnologia importante para o CIM, o CAD / CAM / CAE, começou a

ser largamente aplicada no início da década de 1980. As células de produção automática, também chamadas células de manufatura, passaram a ser integradas em FMS, o que reduziu - e algumas vezes eliminou - a necessidade de presença humana para operação (Dalcol e Miranda[21]).

II.3.3- Diferenças entre Automação de Processos Contínuos e Discretos.

Existem algumas diferenças no atual estágio de automação dos processos discreto e contínuo em relação a fatores como: nível de automação, uso de tecnologia digital, envolvimento humano nas operações de produção e convergência do controle de processo para CIM.

O nível de automação de controle de processo nas indústrias de processo contínuo é maior que nas de processo discreto, e tem sido assim desde que o controle por *feedback* foi introduzido, devido à própria natureza dos processos industriais e ao desenvolvimento de dispositivos capazes de medir o estado do processo em tempo real. Isto porque a indústria de processo contínuo necessita de uma produção em maior escala e sua produtividade aumenta à medida que são introduzidos processos de operação mais eficientes. Assim, foram feitos investimentos significativos em tecnologia, tanto de processo como de controle. Já a indústria de processo discreto teve uma dificuldade maior em automatizar o tratamento de componentes discretos (Wilder [60]). Isto fez com que os esforços de desenvolvimento fossem concentrados na melhoria do produto e não do processo de produção ou no seu controle. Somente nos últimos anos o desenvolvimento tecnológico permitiu a automatização da maioria desses processos. Por outro lado, no nível de planejamento e gerenciamento a situação se inverte. A indústria de processo discreto se sobrepõe à indústria de processo contínuo no que diz respeito à aplicação do computador em atividades como: projeto (CAD), planejamento da produção, entre outras.

Em relação ao uso de tecnologia digital, segundo Hall [35], a indústria de processo contínuo foi a primeira a lançar mão desta ferramenta, ao introduzir um computador para fazer com que dados de operação fossem utilizados em modelos de processo para otimizar as condições de operação em tempo real. Nas indústrias de processo discreto os computadores foram usados inicialmente em operações administrativas e no controle individual

de máquinas. O controle centralizado do processo de produção não estava tão desenvolvido quanto o das operações das indústrias de processo contínuo, e quando os computadores passaram a ser aplicados no chão-de-fábrica, seu tamanho já havia diminuído consideravelmente.

Outro ponto de diferença está no que diz respeito ao envolvimento humano nas operações de produção. No início do século as operações de produção de todas as indústrias eram feitas no chão-de-fábrica, com trabalho manual. À medida que as indústrias de processo contínuo iam introduzindo novos níveis de automação, esta situação começou a se alterar, até que um número cada vez menor de pessoas passou a ser necessário para a realização das operações. Nas indústrias de processo discreto, até hoje, várias operações continuam sendo feitas manualmente. Entretanto, segundo Stout [53], algumas indústrias de ponta investiram alto nos últimos anos para automatizar a maioria destas operações, e hoje em dia algumas delas já se encontram com um grau de modernização tecnológica considerável, fazendo com que um número cada vez maior de operadores estejam localizados em áreas centralizadas de operação, monitorizando as atividades de robôs, por exemplo. Este quadro levou a uma situação oposta entre o nível de qualificação da mão-de-obra e o nível de emprego entre as duas categorias de indústria. Por um lado, as de processo contínuo, por seu maior grau de automação, requerem uma qualificação maior dos seus funcionários de chão-de-fábrica, como os operadores e técnicos de manutenção, ao mesmo tempo que possuem menor necessidade de pessoal diretamente ligado ao processo produtivo. Por outro, as de processo discreto possuem um maior nível de emprego, porém menos qualificado tecnicamente. Caracteriza-se, assim, a primeira como intensiva em capital e a segunda como intensiva em mão-de-obra.

As operações técnicas e administrativas, tanto da indústria de processo contínuo como da de processo discreto, vêm cada vez mais se tornando automatizadas através da aplicação da tecnologia da informação. As operações de produção de ambas as indústrias estão caminhando na direção de controle de processos distribuído e comunicação centralizada com operadores. À medida que este desenvolvimento tenha prosseguimento, todas as áreas industriais atingirão a integração total. Se isto realmente acontecer, no entanto, não significa que o CIM deverá ser exatamente igual em todas as indústrias, pois existem diferenças entre as necessidades de cada

empresa, os sistemas disponíveis em determinadas regiões e a tecnologia a ser aplicada. No entanto, as tecnologias necessárias ao CIM - de informação, gerencial e organizacional - estão convergindo devido ao desenvolvimento de ambos os tipos de indústria. Por exemplo, existem pacotes de CAD para projetos de arquitetura de redes de comunicação que são aplicáveis tanto ao processo discreto como ao processo contínuo.

II.4- Aplicações Atuais - o Papel do SDCD num Sistema CIM na Indústria de Processo Contínuo.

O CIM é a reunião de tecnologias que permitem a automação total de uma indústria, abrangendo tanto os processos produtivos quanto os processos gerenciais e decisórios. Enquanto os princípios do CIM são aplicáveis a praticamente qualquer tipo de fábrica, as soluções de arquitetura variam bastante, de indústria para indústria. A integração de uma montadora de automóveis não segue a mesma filosofia da integração de uma refinaria, por exemplo. São dois processos de fabricação distintos - indústria de processo discreto e indústria de processo contínuo, respectivamente - e duas soluções de equipamentos, subsistemas, dinâmicas e intercâmbio de informações totalmente diferentes. Numa indústria de processo contínuo, como petroquímica, papel e celulose ou siderurgia, os equipamentos de monitorização e controle têm papel fundamental na arquitetura CIM como um todo. É neste contexto que se insere o SDCD. Corretamente escolhido e apropriadamente aplicado, o SDCD é a espinha dorsal de grande parte do sistema de integração. Além disso, pode oferecer um retorno sobre investimento bastante atraente devido à capacidade de reunir, concentrar e processar dados que, em outras arquiteturas, necessitariam de diversos tipos de equipamentos, com os problemas de custo inerentes à sua integração.

A integração da manufatura por computador requer a implantação de um complexo baseado na tecnologia da informação que automatize a aquisição e o fluxo de informações existentes numa planta, de modo a agilizar sua cadeia decisória e tornar sua estrutura operacional mais flexível. Desta forma, uma indústria que se utilize do CIM reúne condições para, idealmente, tornar-se mais eficiente na produção e mais flexível no que diz respeito à qualidade e tipo dos produtos que está fabricando. Isto pode resultar em vantagens financeiras e comerciais, pois toda cadeia produtiva pode ser otimizada, baixando os custos de produção, e a empresa se torna

mais ágil para responder às flutuações do mercado. O CIM permite, por exemplo, respostas imediatas sobre a possibilidade de atendimento a um pedido que requeira aumento de produção, ou a rápida colocação de um novo produto no mercado, ou ainda a maximização das vendas de um produto, elevando o seu grau de valor agregado (*value added*).

A implementação desta filosofia de operação empresarial requer o emprego de sofisticadas tecnologias de sistemas de informática e um profundo estudo da estrutura gerencial e organizacional da firma, visando a sua otimização.

Para facilitar a compreensão da estrutura do CIM (uma discussão mais abrangente será apresentada no Capítulo V) é comum se apresentar uma estrutura piramidal, de quatro níveis hierarquicamente distintos (Figura II.5). Pelo menos duas organizações independentes se dedicam a definir estes níveis e suas funções, as americanas AMR (*Advanced Manufacturing Research*), de Boston, Massachusetts, e GartnerGroup, de Stamford, Connecticut (Egreja [24]). Embora utilizem denominações diferentes para designar os níveis da estrutura, os conceitos são idênticos, e estão relacionados a seguir.

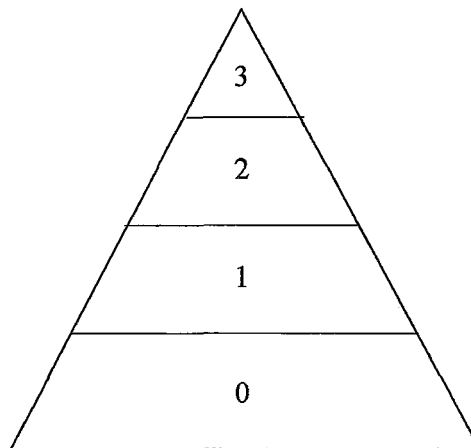


Figura II.5- Estrutura do CIM.

- Nível 0 ou de Controle: trata dos sistemas de controle do processo produtivo propriamente dito, como por exemplo, um robô industrial numa fábrica de automóveis ou um SDCD numa refinaria.
- Nível 1 ou de Gerenciamento: trata da supervisão e operação localizada do processo produtivo - tamanho da equipe, estrutura hierárquica, pro-

cedimentos de operação, etc. -, integrando os níveis de Controle e de Planejamento.

- Nível 2 ou de Planejamento: trata do planejamento e controle da produção - quanto e quando produzir, política de estoque, etc. - e da alocação dos recursos e materiais necessários, contanto com sistemas como o MRP (*Material Requirements Planning*) e o MRP-II (*Manufacturing Resources Planning*).
- Nível 3 ou Corporativo: é o nível responsável pela integração da empresa, que trata do processo decisório e diretivo da empresa, dando suporte às decisões estratégicas.

Todos estes níveis são integrados de forma a alimentar o complexo empresarial com as informações necessárias. Cada nível da hierarquia adquire e processa dados para passá-los a outros níveis ou receber comandos do nível hierarquicamente superior. Destacam-se os sistemas de controle de processos, qualidade e estoque como fundamentais para a aquisição de dados da planta.

Na indústria de processo contínuo, o SDCD desempenha um papel fundamental, pois serve para integrar os diversos subsistemas, além de ser o único sistema presente na rede que se encontra acessível para os outros níveis hierárquicos. Ele se localiza fisicamente no nível 0 da estrutura piramidal que representa o CIM, onde tem a função de realizar a monitorização e o controle do processo produtivo. Neste nível do CIM o importante é poder controlar o processo, adquirir seus dados e colocá-los num meio de comunicação através do qual os demais níveis possam acessar as informações, monitorizar e influir no controle executado. Um SDCD faz isso normalmente através dos seus subsistemas controladores e suas interfaces.

O SDCD, através de suas consoles, fornece os meios normais de operação do controle de processo, através de telas gráficas de grupo e de detalhe. Em sistemas mais complexos o grau de sofisticação de operação envolve encadeamentos de telas e operações, bem como a disponibilidade de informações sobre o desempenho do processo. Estas informações não ficam necessariamente restritas à sala de controle, podendo ser monitorizadas a partir de vários setores da empresa, através de uma rede de comunicação apropriada. Mais vinculadas com o controle do que com o CIM, as téc-

nicas de Inteligência Artificial encontram espaço neste nível para também auxiliar o operador na análise do comportamento do processo.

Os recursos disponíveis no SDCD contribuem para estas facilidades com a operação através de recursos, como: consoles específicas, alimentação de redes de microcomputadores, técnicas avançadas de Inteligência Artificial e gerenciamento de bases de dados. A alimentação dos níveis hierárquicos superiores também é feita pelo SDCD através de interfaces com redes de comunicação padrão Ethernet ou MAP (*Manufacturing Automation Protocol*). Através desta característica as consoles de operação têm a capacidade de receber ordens de produção diretamente, simplificando a tarefa dos operadores.

O SDCD ordena e concentra informações, dispondo de recursos computacionais já integrados, que podem realizar funções gerenciais. A complexidade e tipo de processo determinam como a produção é planejada. Numa refinaria ou petroquímica a otimização do processo se realiza neste nível, e a função de planejamento de produção se funde com a de otimização do processo, pois esta permite que se determine o regime de operação da planta, que depende do perfil de operação desejado, que por sua vez depende do planejamento da produção, e este das condições de mercado. Estas funções gerenciais são, normalmente, realizadas por computadores hospedeiros externos ao SDCD, com o inconveniente da criação de gargalos no fluxo de informações, além da difícil tarefa de programação e, muitas vezes, da necessidade de desenvolvimento de interfaces de comunicação. Existem SDCDs que realizam estas funções e que eliminam portanto estas desvantagens.

Deste modo, em indústrias de processo contínuo, a correta escolha do SDCD facilita a implantação do CIM. O próprio SDCD, como foi mostrado, realiza muitas funções dos primeiros níveis do CIM, e se torna a sua espinha dorsal, integrando instrumentos de monitorização e controle de diversos fabricantes e processando os dados para os demais níveis. Funções avançadas também podem ser realizadas com os próprios recursos do SDCD. A arquitetura do CIM, numa fábrica que utiliza corretamente o SDCD, fica enxuta e se torna mais fácil de implementar, resultando num custo de projeto menor e num melhor retorno sobre o investimento. Devido a estas características, e por ser uma tecnologia amadurecida, as fábricas de

processo contínuo que pretendem encaminhar-se rumo à integração da manufatura por computador normalmente optam pelo emprego do SDCD no seu nível de operação.

II.5- Tendências Futuras da Tecnologia da Informação nas Indústrias de Processo Contínuo.

O ambiente industrial que vem se delineando, onde as palavras-chave são qualidade e produtividade, necessitará de tecnologias flexíveis, confiáveis e com praticidade na execução de manutenção, principalmente nas indústrias de processo contínuo. Isto porque estas indústrias necessitam de uma alta escala de produção, e portanto são as que mais sofrem com a ocorrência de paradas não programadas. Pelo mesmo motivo, estas indústrias possuem a necessidade de cada vez mais otimizar sua produção, implementando modernas técnicas de controle avançado. O atual estágio de desenvolvimento tecnológico dos instrumentos de medição, transmissão e controle e a constante queda dos seus preços, permitem avanços consideráveis nesta área. Em Amundson *et alli*, citados por Bessant [8], vemos que o retorno de investimentos em automação industrial realizados em instalações químicas e petroquímicas pode ser resumido nos seguintes itens:

- Aumento na capacidade de produção: unidades contínuas, de 1% a 6%; unidades descontínuas (produção por batelada), de 10% a 30%.
- Diminuição no consumo de energia: de 2% a 20%.
- Qualidade mais estável.
- Aumento de rendimento.
- Aumento de segurança.
- Melhoria de higiene.
- Redução de estoques.
- Redução do custo não proporcional.
- Otimização da operação.

Em termos de tecnologia da informação, Takase [54] informa que a mais forte tendência diz respeito à utilização de sistemas abertos na operação da planta. Sistemas abertos nada mais são que equipamentos e programas heterogêneos, geralmente de diferentes fornecedores, integráveis segundo especificações e padrões internacionalmente reconhecidos. Esta tendência vem sendo percebida no mercado internacional através da fusão de diversos fabricantes da área de automação, formando grandes empresas,

com o objetivo de ampliar mercados para justificar os altos custos de desenvolvimento de sistemas. Sistemas abertos são bastante sensíveis à normalização, principalmente no que diz respeito à intercomunicação de subsistemas de diferentes fornecedores. Como estes geralmente adotam normas de comunicação particulares, é necessário a existência de um sistema especial para integrar os outros sistemas, o que encarece a aplicação. No entanto, existe um grande interesse, principalmente por parte dos usuários, para que as diferenças sejam rapidamente dirimidas. Deste modo, espera-se que as novas aplicações decorrentes da utilização de sistemas abertos estejam disponíveis o mais rápido possível.

Uma destas aplicações, que já começa a tomar corpo e que deverá se tornar o grande padrão de controle de processos, é o *fieldbus* (barramento de campo). Atualmente o processo de transmissão de dados numa planta é feito através de um barramento tradicional que transporta sinais eletrônicos, de forma analógica. Estes barramentos só conseguem transmitir os sinais em uma única direção, ou seja, enquanto o SDCD manda um sinal de controle para o instrumento no campo, este não pode, ao mesmo tempo, retornar um sinal de indicação. Com o *fieldbus* isto não ocorrerá, pois ele é um sistema de comunicação digital bidirecional e consegue interligar instrumentos digitais microprocessados instalados no campo com os sistemas supervisórios, que poderão estar centralizados na sala de controle ou ser transportados para junto dos instrumentos. Com isto será possível a intercomunicação entre uma grande variedade de equipamentos, tais como: transmissores, controladores, equipamentos de manutenção, válvulas, indicadores locais, registradores, equipamentos de arquivo histórico, leitores de código de barra e PLCs (Souza [52]). Além disto, o *fieldbus* possui dois outros atrativos para estimular sua implantação: ele será compatível com a fiação eletrônica existente, o que reduzirá muito seu custo de instalação; conjuntamente, ele permitirá a operação de sistemas intrinsecamente seguros, para serem utilizados em áreas com risco de explosão. Estima-se que o *fieldbus* reduzirá os custos de produção e manutenção, pois os instrumentos de campo terão funções de controle e autodiagnóstico incorporadas aos seus microprocessadores. Esta incorporação das funções de controle irá dispensar a existência de equipamentos dedicados a esta tarefa, como os SDCDs. Isto causará um forte impacto nas funções dos operadores, que não necessitarão mais ficar dentro da sala de controle para operar a planta. Entretanto, em termos competitivos, o grande apelo do

fieldbus não é a novidade tecnológica que carrega consigo, mas a economia na instalação, operação e manutenção, itens importantes para a estratégia das empresas.

O futuro da automação industrial nas indústrias de processo contínuo está ligado à tecnologia *fieldbus* (Tópico V.1.1). Esta tecnologia irá provocar uma profunda transformação no setor de controle de processos: nova terminologia, novos procedimentos, novas estruturas para os sistemas, novas atribuições para operadores e engenheiros.

Neste capítulo foram mostradas apenas as ferramentas baseadas na tecnologia da informação que a indústria - em especial no setor contínuo - utiliza para automatizar o controle dos seus processos produtivos. Elas são essenciais para que o CIM possa ser explorado em toda sua plenitude, pois permitem que as informações que circulam dentro da fábrica sejam únicas e estejam permanentemente consolidadas e disponíveis. No entanto, esta não é uma condição suficiente para o aumento da produtividade e da qualidade almejado, pois leva em conta somente o aspecto técnico do CIM, o que explica constantes fracassos em investimentos deste tipo (Tópico V.1.2). A modernização tecnológica deve vir acompanhada de uma modernização do gerenciamento dos recursos disponíveis na fábrica, tanto materiais como humanos, assim como da estrutura organizacional da empresa. O próximo capítulo trata de duas das novas práticas gerenciais: o *just-in-time* e o Gerenciamento da Qualidade Total.

III- NOVAS PRÁTICAS GERENCIAIS.

Neste trabalho discute-se a idéia de que o processo pelo qual as indústrias vêm automatizando suas atividades produtivas e administrativas nos últimos anos, graças ao grande desenvolvimento experimentado pela tecnologia da informação, não garante, por si só, a manutenção dos níveis de produtividade e qualidade alcançados num primeiro momento. Para que este ganho se torne efetivo por um período de tempo que possibilite alcançar uma vantagem competitiva, é importante que se transforme o caráter substitutivo apresentado por aquele tipo de abordagem em outro novo, onde o potencial humano e maquinário da fábrica esteja integrado, de modo a ser plenamente aproveitado. Deste modo, o papel exercido pelo gerenciamento destes dois recursos torna-se um importante diferencial no desempenho das indústrias.

Tomada num sentido amplo, e dentro do contexto da automação industrial, o termo tecnologia não contempla simplesmente uma combinação de máquinas e sistemas. Ela envolve também as pessoas que lidam com os equipamentos, leva em conta seus conhecimentos, e principalmente a forma pela qual todo este conjunto é organizado e gerenciado para se atingir um objetivo particular dentro da fábrica, como diminuição do tempo de produção ou melhoria da qualidade.

Este capítulo enfoca o *just-in-time* e o Gerenciamento da Qualidade Total, duas dentre as práticas gerenciais renovadoras que vêm apoiando a reformulação da manufatura em face às mudanças que estão ocorrendo no padrão produtivo mundial. Numa era em que o envolvimento direto dos funcionários é fundamental para o melhor aproveitamento de um sistema produtivo integrado pela tecnologia da informação, elas fornecem um modelo que propicia a participação geral da fábrica na busca da melhoria contínua. Como Martins [39] diz: “A criação de mecanismos explícitos de participação dos trabalhadores é um elemento diferenciador do modelo japonês de administração¹. As atividades de participação e envolvimento possibilitam que conhecimentos implícitos aos trabalhadores, que se substanciam em formas de desempenho informal registrado pela prática operária sejam capitalizados pela gerência e retornem ao chão-de-fábrica

¹ Segundo Rodrigues e Antunes Júnior [47], o *just-in-time* e o Gerenciamento da Qualidade Total compõem o modelo japonês de administração.

com o procedimento formal e decodificado”. De acordo com Bessant [8], o Gerenciamento da Qualidade Total surgiu nas universidades americanas, enquanto que o *just-in-time* foi lançado nas fábricas japonesas. E foi exatamente neste local que estas novas práticas gerenciais encontraram o campo propício ao seu desenvolvimento. Isto se deu a partir do fim da Segunda Guerra Mundial, devido ao momento que o Japão atravessava, de grave situação econômica e política. É interessante notar que as duas sementes foram lançadas ainda na era da produção em massa e se desenvolveram num país onde as indústrias, ao mesmo tempo que buscavam se recuperar e encontrar novos mercados, enfrentavam enormes problemas de escassez. No entanto, a aplicação destas práticas gerenciais só encontrou espaço para se difundir com a ruptura da ordem econômica, ocorrida na década de 1970, quando as suas bases teóricas e práticas já se encontravam bem fundamentadas. Neste momento muitas empresas em várias partes do mundo começavam a enfrentar outro tipo de escassez, a financeira, e a economia de escala entrava na sua fase de declínio.

O *just-in-time* e o Gerenciamento da Qualidade Total representam duas poderosas tecnologias de gestão que ajudam a sustentar os dois pilares da economia de escopo: a flexibilidade da produção e a qualidade dos produtos e serviços. A eficácia do uso de novas práticas gerenciais no tratamento do desafio estratégico das empresas não chega a ser surpreendente sob o ponto de vista sustentado neste trabalho, que diz que o uso das novas tecnologias de automação industrial só maximiza seu grau de aproveitamento quando é acompanhada de transformações nas estruturas gerencial e organizacional da fábrica. Apesar de geralmente não estarem associadas ao uso intensivo da tecnologia da informação, é inegável que o conjunto de facilidades geradas num processo de automação industrial ajuda a sua implantação numa fábrica.

Estas práticas gerenciais representam uma resposta aos problemas do fordismo e do taylorismo, que estavam adaptados a uma época de mercados estáveis e produção em massa e cuja estrutura de controle, baseada em salários relativamente elevados para compensar as atividades repetitivas, não se sustentava mais (Tópico I.1). O engajamento dos operários passou a ser essencial, já que a qualidade e a flexibilidade pretendidas dependiam agora de sua iniciativa e colaboração. De acordo com Segre [50], “(...) a flexibilidade dos sistemas é dada muito mais pelo homem que pelas máqui-

nas”. Paradela e Vidal [43], analisando a implantação de programas de qualidade nas organizações, colocam: “É preciso saber como a organização, com a sua estrutura e valores, irá receber ou perceber os novos conceitos introduzidos. Sem o comprometimento de todas as pessoas o projeto se inviabiliza”. Esta situação, por sua vez, gerou a necessidade do aprimoramento das relações industriais, ponto de partida para motivar os trabalhadores a executar novas atribuições e assumir novas responsabilidades. Outro ponto importante diz respeito à importância da capacitação dos trabalhadores, principalmente para a tomada de decisões que antes faziam parte das atribuições da gerência (Capítulo VII).

A seguir é feita uma abordagem individual do *just-in-time* e do Gerenciamento da Qualidade Total, analisando a origem, a aplicação e alguns conceitos fundamentais. Mas uma vez, serão abordados apenas os aspectos mais importantes que cada um deles apresenta para os objetivos deste trabalho.

III.1- *Just-in-time*.

O *just-in-time* surgiu e se desenvolveu no Japão, no início da década de 1960. Segundo Martins [39], ele “(...) pode ser concebido como resposta ao processo de crise econômica e de reestruturação industrial” que vem ocorrendo desde o início da década de 1970, com a recessão iniciada pela crise internacional do petróleo. Sua essência se baseia na solução encontrada pelos japoneses para combater o seu grande problema na época do pós-guerra, a escassez generalizada de todo tipo de recurso - natural, energético, econômico, entre outros. Deste modo, existia uma grande preocupação com o desperdício destes recursos. Parte do processo através do qual o controle deste desperdício foi alcançado reflete-se nas abordagens alternativas que evoluíram para novas práticas de organização e gerenciamento da produção, com destaque para o *just-in-time*.

Rodrigues e Antunes Júnior [47] consideram que o *just-in-time* pode ser pensado, em termos amplos, como parte essencial da estratégia de competição industrial desenvolvida no Japão, objetivando dar uma resposta rápida às flutuações do mercado - orientado para o cliente -, associando um elevado padrão de qualidade e custos reduzidos. Os autores ainda escrevem: “A idéia em nível macroeconômico consiste em aumentar a competição das

empresas em termos de cadeia produtiva (diversas relações entre clientes e fornecedores), permitindo uma maior circulação do capital decorrente da minimização dos estoques de produtos acabados e do fato de procurar assegurar-se permanentemente a qualidade dos produtos ao nível dos diferentes clientes intermediários e dos consumidores finais. Dentro da fábrica propicia-se, também, uma maior circulação do capital através do ajuste da produção e minimização dos estoques em processo, da matéria prima e dos produtos acabados”. Complementando, Martins [39] coloca: “Dentro da nova estruturação de mercados, obter uma vantagem competitiva significa ser mais eficiente, ter um produto melhor ou fornecer um serviço melhor que os competidores. A manufatura *just-in-time* persegue cada um dos valores para desenvolver uma vantagem competitiva através da melhor administração de todo o sistema de manufatura”.

A estimativa da melhoria do desempenho que pode ser alcançada com a eliminação de desperdícios pode ser conseguida considerando-se os altos custos associados ao uso ineficiente de insumos na produção. Entre eles podemos considerar os gastos com armazenamento - matéria prima e produtos finalizados -, energia e de pessoal. O *just-in-time* nasceu do desejo de solucionar este problema, com a geração dos produtos “justo-a-tempo” de serem vendidos. Seu mote, de acordo com Rodrigues e Antunes Júnior [47], se traduz na produção das quantidades necessárias, no tempo certo, nos locais corretos e na qualidade certa. Em outras palavras, com um mínimo absoluto de desperdícios. Apesar de representar uma forma idealizada de gerenciamento da produção, o *just-in-time* pode servir como meta para uma melhoria constante. Deste modo, podemos considerá-lo como sendo uma filosofia, igualmente aplicável a atividades no interior da fábrica, em negociações das fábricas com a cadeia de fornecimento e distribuição, e até mesmo em atividades do setor de serviços.

O *just-in-time*, fundamentalmente, apóia o desenvolvimento da flexibilidade industrial, ou seja, a capacidade de mudar a produção com um mínimo de atraso e responder rapidamente ao mercado, buscando a minimização de estoques. Martins [39] aponta que “(...) a produção submete-se ao fluxo da demanda, ao ‘imediatismo utilitário’, isto é, estabelece-se a produção em função do que será utilizado imediatamente”. Seu grande questionamento é como conseguir concatenar as operações de modo a realizá-las somente quando requeridas, reduzindo ou mesmo eliminando o tempo

morto, como o tempo necessário para alterar a configuração dos sistemas e equipamentos de produção quando ocorre uma mudança no produto a ser obtido. Na prática isto requer a solução de uma elevada gama de problemas, tanto os gerais quanto aqueles específicos dentro de cada empresa. Entre os problemas, por exemplo, pode-se destacar: redução de tempo de *set-up*², garantia de disponibilidade de insumos sem sobrecarregar os estoques, garantia de disponibilidade e confiabilidade de máquinas, garantia da capacitação e autonomia dos trabalhadores para realizar as operações necessárias, garantia de rapidez de manutenção corretiva, garantia de recebimento de insumos com zero defeito, garantia de rapidez do fluxo produtivo na planta, redução de estoques sem risco de desabastecimento, estabelecimento de agilidade e rapidez de reação na planta. O fluxo de informações interno e externo é de vital importância para que o fluxo produtivo esteja sempre livre de imperfeições - superprodução ou subprodução.

A solução para estes problemas não surge facilmente, e toma diferentes formas em cada empresa. Entretanto, algumas características inerentes ao *just-in-time* podem contribuir para otimizar os esforços. São elas:

- Melhoria contínua: o *kaizen* é o ponto principal de um programa de produção *just-in-time* e reflete a visão segundo a qual não existe um fim na busca da excelência - sempre existe espaço para melhorias. Na prática, isto se traduz em um ciclo regular de avaliação, identificação e solução do problema, e na visão de que o problema nunca está totalmente solucionado, sempre existindo espaço para melhorias posteriores. Christie [16] aponta um exemplo ocorrido nas indústrias químicas fabricantes de plásticos, que têm uma composição de processo produtivo diferente para cada um dos seus tipos - a cada campanha produtiva muda-se o tempo de reação, a concentração e a quantidade dos reagentes, entre outros parâmetros. A redução do tempo de *set-up* tornou-se uma operação de melhoria contínua. Inicialmente era necessário um dia para se preparar todo o equipamento e efetuar os ajustes necessários nos instrumentos de controle. Segundo o autor, “(...) foi necessária uma seqüência de análises, sugestões, implementações e revisões, num estudo contínuo desde 1987, e que, cinco anos depois, resultou numa diminuição do tempo necessário para onze horas. Ainda assim foi traçada uma meta de apenas cinco ho-

² Tempo decorrido entre a interrupção da produção de um lote e o início da produção de outro, gasto na adequação dos equipamentos para a nova campanha. É composto por quatro atividades básicas: preparação, montagem, calibração e ajuste.

ras para o *set-up*”. Aplicações deste tipo também encontraram sucesso na indústria automobilística.

- Apropriação coletiva dos problemas: um sistema produtivo que adota o *just-in-time*, onde cada integrante possui como cliente outro integrante, a resolução de problemas é crucial para o sucesso. A responsabilidade desta solução passa a ser de todos os envolvidos, como forma de garantir a melhoria contínua. Pode-se estender este raciocínio para o âmbito da qualidade: tradicionalmente, um problema verificado ao longo da linha de produção não era tratado no local onde fora descoberto, mas passado adiante até que o pessoal responsável pelo controle da qualidade tomasse as providências necessárias. O efeito deste procedimento era aumentar o problema original com a perda de tempo no retrabalho ou mesmo com o descarte da peça defeituosa, além de ser inútil no sentido de saná-lo.
- Participação geral: a resolução efetiva de problemas requer a mobilização de todos os segmentos da firma, de modo que se permita o surgimento de idéias criativas para se encontrar uma solução efetiva. Ao incentivar a apropriação coletiva dos problemas e o envolvimento geral no processo de resolução de problemas, a empresa consegue aumentar a sua capacidade efetiva de lidar com turbulências operacionais que ocorrem no dia-a-dia.

Neste ponto, nota-se que a participação dos trabalhadores, através da valorização de suas idéias, é fundamental, e se opõe à visão taylorista de que somente especialistas seriam capazes de promover as melhores soluções na sua área de atuação. Na verdade, é razoável imaginar que as pessoas mais capazes de otimizar o funcionamento de um processo são aquelas que lidam diretamente com ele. Assim, o *just-in-time* requer uma mudança radical no modo de organização do trabalho, incluindo a natureza do relacionamento entre trabalhadores e a direção da empresa.

Um aspecto fundamental para se compreender o *just-in-time* é que seu surgimento ocorreu no seio do modo de produção fordista. Ele se deu dentro da indústria automobilística japonesa - na Toyota -, num momento em que os empresários tinham que encontrar um modelo que adaptasse o sistema de produção já conhecido a um ambiente de pequeno e ao mesmo tempo variado volume de produção e que, devido à escassez de insumos, enfatizasse a necessidade de mínimo desperdício e máxima qualidade, de modo a evitar o retrabalho.

Pode-se distinguir, através da literatura (Antunes Júnior [2], Antunes Júnior e Pires [3], Brunstein e Suzuki [11], Martins [39], Rodrigues e Antunes Júnior [47]), vários elementos que norteiam sua aplicação. Entre eles destacam-se: produção direcionada para a demanda, flexibilidade no processo e no produto, trabalho direcionado para habilidades e tarefas múltiplas, estoque mínimo, política de zero defeito, responsabilidade no local do desenvolvimento do trabalho, envolvimento do trabalhador em melhorias. Estes elementos formam a plataforma para um gerenciamento que apóia a integração efetiva do setor produtivo da fábrica. Ao se iniciar com técnicas simples ligadas ao conceito de melhoria contínua que tragam benefícios visíveis, o processo pode modificar a cultura interna e criar as habilidades necessárias para aplicações mais complexas.

Deste modo, o *just-in-time* pode ser considerado como uma poderosa ferramenta de auxílio à consolidação do CIM. Através da sua característica de mudar antigas práticas e procedimentos da produção industrial, ele possibilita a consolidação das estruturas para a integração e flexibilização requeridas pelo nova ordem econômica internacional. No âmbito de alguns dos princípios estabelecidos para o uso efetivo da tecnologia da informação no ambiente industrial - entre outros, automatização, integração e simplificação -, ele fornece um valioso modelo para estas duas últimas, viabilizando a modernização da manufatura.

III.2- Gerenciamento da Qualidade Total.

Atualmente, o fator mais importante quando algum produto ou serviço é adquirido no mercado, conjuntamente com o seu preço, é a qualidade a ele atribuída. Empresas em todo o mundo buscam cada vez mais se adaptar a esta nova situação, com o objetivo de manter e expandir a sua clientela. Uma das razões essenciais para o grande aumento da importância dada à qualidade é a globalização crescente dos mercados, que gera uma gama maior de parâmetros de comparação entre as mercadorias, graças ao aumento do número de empresas que competem num determinado nicho. Com a concorrência internacional se acirrando a cada dia, as empresas dos países desenvolvidos passam a perder a primazia que mantinham dentro do seu próprio território - um exemplo típico foi a invasão dos carros japoneses nos Estados Unidos verificada a partir da década de 1980, graças à uma conjunção de alta qualidade com preços compatíveis - e em países depen-

centes da importação de bens e serviços. A própria transformação de economias emergentes de países do Terceiro Mundo, como Taiwan, Coréia do Sul, Vietnã, Singapura, México, Brasil, entre outros, também gerou uma reviravolta nas relações de países produtores e consumidores. Uma outra razão para o grande significado que a qualidade tem hoje em dia são as modificações das exigências dos clientes. Por exemplo, como a dependência dos consumidores por tecnologia - computadores, eletrodomésticos e outros aparelhos eletrônicos - tanto na vida privada como no ambiente profissional cresceu muito nos últimos anos, criou-se a sensação generalizada de que é inadmissível ter as atividades interrompidas por causa de um problema na qualidade do produto.

Originalmente ligada ao trabalho individual do artesão, a qualidade, com o advento da Revolução Industrial, teve seu local de responsabilidade transferido. Ao invés de ser identificada com o produto finalizado, ela tornou-se um atributo embutido no processo de produção. A partir do final do século XIX, as idéias de Ford e Taylor passaram a influenciar o tratamento da qualidade no ambiente industrial. A pouca oferta de trabalhadores especializados nas fábricas dos Estados Unidos - diferentemente do que ocorria na Europa, que contava com a tradição das Corporações de Ofício -, favoreceu o surgimento de novos modelos de organização da produção. Ao lado da extensiva mecanização e fragmentação das tarefas, e de modo a possibilitar uma alta produtividade, a administração científica, por exemplo, preconizou a criação de um departamento exclusivo para o controle da qualidade. O controle era realizado sobre o produto finalizado, através de inspeções. O modelo de Taylor identificava o gerenciamento da qualidade como uma das funções de vital importância para a fábrica.

A Segunda Guerra Mundial impôs limites bastante severos ao conceito de controle da qualidade. A ênfase passou a não mais recair somente na produtividade - apesar dela ainda ser um item importante -, mas principalmente na necessidade de se atender minuciosamente às especificações de projeto. Desenvolveu-se, nesta época, a aplicação de várias técnicas de controle da qualidade, como o CEQ (Controle Estatístico da Qualidade) (Juran [37]), graças à atuação de vários especialistas americanos surgidos nesta área, como Demming e Juran. A partir deles foram articuladas várias definições que hoje em dia dão o suporte para o Gerenciamento da Qualidade. Entretanto, seu impacto nas indústrias ocidentais foi limitado, man-

tendo-se a visão taylorista de controle de qualidade centrado no produto acabado.

Uma definição usualmente associada a qualidade é “adequação ao uso”, ou seja, a capacidade que o produto tem para servir aos propósitos do usuário. A norma ISO 8402, citada por Castro [14], define qualidade: “A totalidade das propriedades e características de um produto ou serviço que determinam sua capacidade de satisfazer necessidades declaradas ou implícitas”. Em geral, o significado de qualidade envolve uma certa percepção de excelência e confiabilidade, como indicadores da continuidade deste estado de adequação ao uso, e, quando aplicada à circulação de mercadorias, também vem associada à idéia de custos elevados - um produto com maior qualidade provavelmente será mais caro que um similar com menor qualidade. Ela é, notadamente, uma característica de cunho pessoal, onde cada indivíduo tem sua própria escala de valores. Esta abordagem orientada ao usuário é importante para que as empresas mantenham a focalização dos seus esforços voltadas para o cliente. A visão pluralista de qualidade que o mercado traz associada encontra nos setores produtivos uma percepção individualizada, e por isso bastante variável, do que é esta qualidade no momento de identificar os atributos que dão esta conotação e introduzir no mercado seus produtos e serviços.

A qualidade, entretanto, não age somente de modo a satisfazer o cliente dentro do espírito de adequação ao uso. Ela também tem a capacidade de impactar o modo de atuação da fábrica. Notadamente, problemas com insumos e matérias primas deficientes, problemas embutidos num estágio do processo que só são detetados em fases posteriores, problemas no manuseio e transporte que possam danificar o produto, entre outros, são fontes de desperdício que resultam de falta de qualidade no gerenciamento interno da firma. Vemos, assim, que qualidade não se refere somente aos atributos físicos de um produto. Estendendo-a à dimensão da empresa ela implica em cuidados com vários outros tipos de atributos: atenção aos clientes, projeto e processo produtivo, recebimento de matérias primas e insumos, distribuição dos produtos, relações trabalhistas, gerenciamento financeiro, e daí em diante. Assim, um gerenciamento da qualidade efetivo não se reflete somente no produto acabado, mas resulta do seu desenvolvimento dentro da organização como um todo.

O Gerenciamento da Qualidade Total busca o envolvimento do trabalhador, criando mecanismos para aumentar sua responsabilidade pela qualidade do seu serviço e fornecendo as ferramentas e o treinamento adequados. Segre [49] comenta que: “(...) mesmo em sistemas menos automatizados ou baseados em modelos japoneses, identificamos a exigência de uma maior responsabilidade do trabalhador em relação ao controle de qualidade que passa a ser feito por ele mesmo na sua função e não mais separadamente por um setor específico como era anteriormente”. A idéia central é procurar e expor sistematicamente os problemas surgidos, seguido da sua resolução, de forma igualmente sistemática, através do uso da criatividade e experiência de todos os envolvidos. Isto é exemplificado através dos sete princípios básicos do controle da qualidade total, listados por Juran [37]:

- Fazer certo da primeira vez: controle do processo produtivo e não do produto finalizado.
- Tornar a qualidade fácil de ser vista: uso de cartazes e indicadores para ilustrar o progresso.
- Insistir no entendimento geral de suas regras: qualidade em primeiro, produção em segundo.
- Dar responsabilidade a cada trabalhador: autoridade para interromper a linha de produção para correção de desvios na qualidade.
- Corrigir erros individuais: qualidade é um problema de cada funcionário.
- Checar 100% da produção: amostragens podem deixar escapar produtos danificados.
- Estimular a melhoria contínua: tudo dentro da fábrica - ambiente de trabalho, processo produtivo, produto finalizado - pode adquirir uma qualidade maior.

Abreu [1] relaciona a evolução das atribuições da qualidade, mostrada a seguir (Tabela III.1):

DE:	PARA:
<ul style="list-style-type: none"> • Órgão de controle da qualidade. • Gerentes e supervisores. • Medidas corretivas. • Divergências com fornecedores e clientes. • Função policiadora. 	<ul style="list-style-type: none"> • Cada integrante do processo. • Todos os empregados. • Medidas preventivas. • Trabalho conjunto com fornecedores e clientes. • Função integradora.

Tabela III.1- Evolução dos conceitos e responsabilidades pela qualidade.

A atenção a estas novas idéias a respeito de qualidade, que não prosperou na Europa e Estados Unidos, teve sua contrapartida nas empresas japonesas. Seus primeiros contatos com estes novos conceitos se deram no pós-guerra, através de cursos ministrados por engenheiros americanos, referentes ao programa de intercâmbio estabelecido entre os dois países durante o período de ocupação dos Estados Unidos (Townsend [55]). Como já foi mencionado, a nova tecnologia gerencial encontrou campo propício graças à escassez de recursos que assolava o Japão nesta época. Assim, o início dos anos 50 assistiu à crescente tendência de aplicação dos novos conceitos de controle da qualidade nas principais indústrias japonesas, consolidando a sua posição nesta área.

Um fator primordial para que isto pudesse ter ocorrido foi o fato do Japão ter abandonado alguns conceitos tayloristas e fordistas de organização e gerenciamento do trabalho e criado condições para a participação efetiva dos trabalhadores de chão-de-fábrica e da gerência média, estimulando sua iniciativa e envolvimento nos programas de qualidade. A necessidade para que isto tivesse ocorrido se deveu ao fato de que o controle da qualidade passou do final da cadeia produtiva para o ponto onde cada serviço está sendo realizado, mudando a matriz de atribuições - a qualidade é responsabilidade de cada um. Martins [39] analisa que a cultura oriental foi um fator decisivo para que o Japão consolidasse o papel ativo dos trabalhadores de chão-de-fábrica no controle da qualidade, contrastando com a resistência ocorrida no ocidente: “A concepção oriental fortemente influenciada pelo budismo e pelo confucionismo, crê que a natureza humana é essencialmente boa, neste sentido, entende-se que ele merece confiança se for devidamente treinado”.

A experiência japonesa mostrou ao longo do tempo que muitos benefícios podem ser obtidos a partir do aperfeiçoamento da área da qualidade, alguns deles no aspecto financeiro. Existe um custo associado à qualidade - ou melhor, à sua ausência - segundo Crosby [20]. Este custo não se resume somente ao montante gasto na execução de um programa de Garantia da Qualidade em adição aos custos gerados por refugos e pelo retrabalho. Na verdade, seus principais fatores são: parada da produção; materiais, energia e outros recursos gastos na produção do erro original; tempo e recursos gastos na correção dos erros; investimentos em sistemas especializa-

dos na detecção e correção dos erros; execução de assistência técnica dentro do prazo de garantia; gastos com marketing conseqüentes do relacionamento deficiente com os clientes. Em outras palavras, as componentes do custo total com qualidade são de duas naturezas: aquelas vindas do controle e da prevenção de erros e as que decorrem da sua falha - tanto na fábrica, resultando em refugos e retrabalho, quanto no mercado, que leva a reclamações de clientes, custos com fornecimento de assistência técnica, entre outros. Duarte *et alli* [23] agrupam os custos relacionados com a qualidade em três categorias: custos de prevenção - associados à definição, implementação e manutenção do Sistema da Qualidade -, custos de avaliação - decorrentes da determinação do grau de conformidade com os requisitos da qualidade alcançado - e custos de falhas - necessários para reavaliar e corrigir bens e serviços que não atenderam aos requisitos da qualidade.

O Gerenciamento da Qualidade Total, como pode ser compreendido, causa uma diminuição drástica de produtos com defeitos e, assim, diminui desperdícios e retrabalhos, induzindo a um nível maior de produtividade. Além disto, os casos de reclamações e assistências técnicas diminuem, produzindo, conseqüentemente, economia em relação aos custos de produção e serviços, aumentando o lucro. No mercado, um produto de ótima qualidade causa uma imagem melhor da empresa, que passa a ter mais pedidos. Uma empresa pode usar este efeito para aumentar sua participação no mercado, gerando maior economia com o aumento da sua escala de produção.

O desenvolvimento da tecnologia da informação contribuiu para o desenvolvimento do gerenciamento da qualidade, tanto indiretamente, através do uso de técnicas mais precisas, quanto diretamente, com o surgimento de ferramentas de armazenamento e análise de dados. Estas variam desde simples dispositivos de medição e calibração até as sofisticadas redes de comunicação, que asseguram o rápido fluxo de informações através da planta.

Acima de tudo, o sucesso na implementação de um programa de melhoria da qualidade depende decisivamente do caráter de atividade total que dever ser dado a ele, ou seja, uma atividade desenvolvida em toda a empresa e que conte com a participação de todos os seus componentes - desde seu presidente até os trabalhadores terceirizados, além de clientes e

fornecedores - nesta tarefa. O gerenciamento da qualidade implementado de forma substitutiva, usando novas técnicas apenas para controlar variáveis de modo mais preciso, não incorporando mudanças na estrutura organizacional da empresa, tende a estagnar seus ganhos após um certo período. Na verdade, a estruturação e o gerenciamento da qualidade requerem um novo tipo de organização, onde a comunicação e as responsabilidades estejam correlacionadas. Isto leva a uma nova abordagem dentro do ambiente fabril, diferente da fordista, devido à necessidade intrínseca de reformulação do relacionamento entre empregado e empregador. De um lado, a participação responsável de todos os funcionários é essencial em sistemas de qualidade. De outro, existe a necessidade de uma autonomia de atuação, o que acarreta ainda a qualificação deste funcionário para realização de funções para as quais ele nunca foi preparado. Para o sucesso de empreendimentos deste tipo torna-se vital o comprometimento da alta gerência na fase da sua implantação no sentido de apoiar e estimular a participação e garantir a autonomia dos trabalhadores. De acordo com Martins [39], “(...) a mentalidade para a qualidade teoriza a criação de condições para o autodesenvolvimento, o autocontrole e a máxima participação dos funcionários que confluem no sentido do estabelecimento dos objetivos organizacionais”. Na sua essência este modelo de organização é similar àquele que é discutido neste trabalho, e que tem o objetivo de dar suporte à integração da produção, já que o Gerenciamento da Qualidade Total é uma das ferramentas que podem ser usadas para sua sustentação.

Dentro do conceito de garantia da qualidade, surgiu na Europa, na década de 1980, uma preocupação com a definição de normas que assegurassem a atuação das empresas dentro de padrões de qualidade previamente definidos, destinados à fornecer parâmetros para a aquisição tanto de bens quanto de serviços por parte do mercado. Após vários debates entre organismos internacionais de normalização liderados pela ISO surgiu a norma ISO 9000, que será discutida a seguir.

III.2.1- ISO 9000: Aplicações e Requisitos.

A ISO 9000 é uma norma que foi adotada como padrão de qualidade por vários países em todo o mundo. De acordo com Graham [32], seus objetivos não se concentram diretamente na qualidade final do produto, mas, principalmente, no desenvolvimento da qualidade das funções internas

da empresa, e, em conseqüência, na satisfação dos clientes internos - outros funcionários ou departamentos - e externos - os consumidores em geral ou outras empresas. Tudo isto com a finalidade de se conseguir operações mais eficientes e sem comprometer a produtividade geral do negócio.

Atualmente a ISO 9000 vem sendo exigida como uma condição básica para a maioria das transações internacionais, em especial com os membros da União Européia. Na verdade, por enquanto ela vem funcionando mais como um instrumento de marketing, inclusive por parte de várias empresas nacionais, na disputa do mercado. A tendência, no entanto, é que em breve ela se torne um requisito essencial para uma transação comercial, já que muitas empresas, dos mais variados setores da economia, vêm se empenhando em alcançar sua certificação.

A ISO 9000 é uma norma internacional proposta para a operação de um negócio, de modo que se assegure a qualidade de bens e serviços, e se ofereça um ambiente propício a melhorias. Ela não garante a qualidade propriamente dita - nem dos bens nem dos serviços - , mas cria um sistema que assegura que ações corretivas serão efetuadas sempre que um evento inaceitável ocorrer, e que mecanismos de prevenção estarão presentes para minimizar os problemas relacionados à qualidade.

A norma estabelece várias funções através do processo geral através do qual se oferece um serviço ou produto ao cliente. Estas funções são bem documentadas dentro de procedimentos correntes, de modo que o pessoal que trabalhe diretamente com elas possa minimizar variações indesejadas na sua parte do processo. Os tipos de ações corretivas a serem efetuadas quando os problemas ocorrem também são documentados. A gerência deve estabelecer um método de monitorização da operação do sistema, sua efetividade e a necessidade de ações corretivas.

A ISO 9000 é um modelo de sistema da qualidade reconhecido internacionalmente, o que dá ao cliente confiança no produto ou serviço adquirido. Isto não acontece porque os próprios produtos ou serviços em questão recebam algum tipo de certificado, mas porque o processo utilizado na sua fabricação ou implantação segue as normas da ISO 9000. Ibanez [36] diz: "O propósito básico não é tornar iguais todos os sistemas de qualidade

implementados por diferentes empresas, já que o modelo a ser seguido para que um negócio satisfaça os requisitos é bastante flexível”.

Na verdade, a ISO 9000 é um conjunto de quatro série de normas: ISO 9001, ISO 9002, ISO 9003 e ISO 9004. As três primeiras são normas contratuais e a última é um guia para a implementação das outras três. A ISO 9001 inclui um controle extensivo da fase de projeto e dos serviços que acompanham o produto finalizado após a venda. A ISO 9002 é a norma que as companhias mais freqüentemente buscam alcançar. Ela focaliza principalmente a repetitiva produção de bens e serviços, sendo praticamente igual à ISO 9001, apenas sem as seções de projetos e pós-venda. A ISO 9003 é a norma para inspeção e teste e é a menor de todas. A ISO 9004 auxilia no gerenciamento de pessoal que conduz o processo de certificação da ISO 9000.

O processo de seleção entre as três normas contratuais (ISO 9001, ISO 9002 e ISO 9003) baseia-se nos tipos de fornecimento, de produto e de tecnologia de produção envolvidos. Este assunto é tratado com detalhes na norma ISO 9000 propriamente dita, que constitui uma introdução à série e explica o uso de cada uma das normas.

Quando compramos um produto projetado e fabricado sob encomenda precisamos de garantia quanto à qualidade do próprio projeto, além da produção, instalação e assistência técnica. Assim sendo, deve-se exigir garantias de qualidade de acordo com a norma ISO 9001. Quando o projeto do produto já está pronto e comprovado - algumas vezes ele é desenvolvido pelo próprio cliente - mas a produção é feita sob encomenda, é o caso da utilização da norma ISO 9002. Nos casos de produtos fabricados em série, cuja tecnologia é perfeitamente dominada pelo fabricante, pode ser suficiente assegurar que estes produtos passarão apenas pela inspeção final. Neste caso aplica-se a ISO 9003. A mais abrangente das normas desta série é a ISO 9004. Ela dá as diretrizes a serem observadas pelos sistemas de qualidade das organizações. Descreve um padrão de gestão da qualidade que pode ser adotado como modelo tanto por empresas particulares quanto por órgãos públicos. Sua adoção é voluntária, por decisão e interesse da própria empresa.

A ISO 9000 conduz a um ciclo de qualidade ao considerar funções relacionadas que estão presentes na industrialização de produtos (Graham [32]), como com vendas e marketing, planejamento da produção, processo produtivo propriamente dito e controle do processo, laboratório de controle da qualidade e tudo o que acontece ao produto durante o percurso de entrega ao cliente. Isto não significa que cada uma destas funções devam estar completamente certificadas, mas elas devem ser incluídas no escopo, já que se relacionam com o processo a ser certificado. Nele deve ficar claro como as atividades correlatas fluem entre os departamentos que fazem parte do processo.

A seguir estão relacionadas as seções que fazem parte da ISO 9002, a norma mais utilizada, principalmente entre indústrias de processo contínuo. A única diferença em relação à norma ISO 9001 é a exclusão da seção que trata do controle de projeto.

1. Responsabilidades da gerência.

A empresa que busca sua certificação deve desenvolver uma política de qualidade e tê-la atestada pela alta gerência. A política deve ser compartilhada e compreendida por todos os empregados. As responsabilidades, autoridades e o interfaceamento do sistema de gerenciamento da qualidade devem ser claramente definidos. A alta gerência deve designar um coordenador para a ISO 9000.

2. Sistema da qualidade.

O sistema da qualidade deve possuir uma estrutura ou hierarquia de documentação bem definida. Um manual da qualidade é necessário para descrever o sistema de gerenciamento da qualidade, ao mesmo tempo em que servirá como uma referência permanente na sua implementação e manutenção.

3. Revisão contratual.

Contratos formais fazem parte da documentação do sistema da qualidade e, assim com as outras funções, também devem ser controlados por procedimentos. Toda ordem recebida, regida por contrato ou não, deve ser aprovada por uma pessoa ou um grupo habilitado. Estes irão rever a ordem e decidir se ela pode ser ou não atendida de acordo com os requisitos do cliente, incluindo o prazo de entrega.

4. Controle da documentação.

A documentação deve incluir o manual da qualidade, juntamente com todos os manuais de procedimentos e instruções de trabalho dos departamentos. Toda documentação que tenha relação com a qualidade do produto final deve ser incluída. Deve existir também um procedimento escrito para controle da documentação. A formatação de documentos similares deve ser consistente.

5. Aquisições.

É responsabilidade do comprador assegurar que a qualidade dos bens e serviços adquiridos atenda aos requisitos exigidos. Isto pode ser feito por inspeção e teste, avaliação do vendedor, histórico de cumprimento, certificado de análise ou outros métodos onde situações especiais justifiquem. O departamento de compras deve ter um método comparativo de avaliação da capacidade que os vários fornecedores possuem no fornecimento de um produto ou serviço, inclusive através de métodos estatísticos.

6. Controle de produtos fornecidos pelos clientes.

Quando o cliente fornece insumos que são introduzidos no processo produtivo ou incorporados ao produto finalizado ele passa a ser também um fornecedor, tornando-se necessário assegurar a qualidade deste insumo no que diz respeito aos processos de verificação, armazenamento e manutenção.

7. Identificação e rastreabilidade do produto.

Devem ser fornecidas condições, através de documentos e procedimentos definidos, que comprovem a capacidade de identificação e rastreabilidade da matéria prima, do material em processo produtivo e do produto acabado.

8. Controle do processo.

Os operadores devem ser supridos de todos os manuais, procedimentos, instruções de trabalho e qualquer outro documento necessário ao controle do processo. Eles devem ser treinados para os procedimentos da qualidade e para o uso dos seus documentos.

9. Inspeção e teste.

São conduzidos ao longo do processo. A matéria prima deve ser inspecionada e testada rigorosamente para o desenvolvimento correto do processo. Testes e inspeções *on-line* são feitos monitorizando-se a instrumentação e

tomando-se amostras periódicas do produto para análise. O produto final deve ser analisado antes da sua liberação. As inspeções e os testes devem ser documentados.

10. Equipamentos de inspeção, teste e medição.

Esta seção diz respeito ao controle, calibração e manutenção de todo equipamento de teste e medição relacionado ao sistema da qualidade, tanto de campo quanto de laboratório. A acurácia requerida deve ser documentada e os instrumentos devem ser capazes de provê-la. Os procedimentos para calibração devem estabelecer as ações corretivas necessárias quando algum instrumento estiver descalibrado. Equipamentos e sistemas só devem ser ajustados durante um procedimento de calibração. Em países que possuem normas nacionais próprias, estas devem ser utilizadas. Não existindo, métodos científicos alternativos e confiáveis podem ser usados, sendo necessária a sua documentação. A frequência e os métodos de calibração também devem ser documentados. Quando soluções padronizadas forem utilizadas no laboratório, elas devem ser claramente identificadas.

11. Situação de inspeção e teste.

Esta seção se aplica ao teste de estado da matéria prima, de materiais intermediários e de produtos finais. Um método razoável deve ser usado para identificar o estado destes materiais durante o teste, tal como inspeção de espera, inspeção de passagem e inspeção de falha.

12. Controle de produtos fora de especificação.

Esta seção se aplica ao produto em qualquer estágio do processo. Onde for possível, produtos fora de especificação devem ser separados e identificados. Em alguns tipos de indústrias, em destaque as de processo contínuo, isto dificilmente é possível, já que seus produtos circulam através da tubulação. Os métodos para produtos fora de especificação são desenvolvidos dentro de um procedimento operacional.

13. Ações preventivas e corretivas.

Deve existir um conjunto de ações preventivas e corretivas estabelecido e documentado, voltado para o processo de produção desde a obtenção da matéria prima até a entrega do produto final. As falhas que podem aparecer no sistema da qualidade vão desde produtos fora de especificação até reclamações dos clientes, problemas com fornecedores, deficiências encontradas

em auditorias internas e falta de entrosamento das pessoas envolvidas no sistema.

14. Manuseio, armazenamento, empacotamento e entrega.

O manuseio, armazenamento, empacotamento e entrega da matéria prima, produto intermediário e produto final também devem ser controlados por procedimentos específicos e documentação destas atividades. Métodos de prevenção à degradação e proteção à integridade do produto devem estar disponíveis.

15. Registros da qualidade.

Devem existir procedimentos definidos para a operação do sistema da qualidade. Eles devem referenciar uma rede de documentação usada como suporte ao sistema da qualidade e registrar as ocorrências das atividades realizadas regularmente para assegurar que um produto de qualidade está sendo entregue.

16. Auditorias internas da qualidade.

Deve existir um sistema interno estabelecido para auto-regular o sistema da qualidade, através de auditorias internas. Procedimentos sobre o funcionamento do sistema e provas documentadas de que eles são seguidos devem estar sempre disponíveis.

17. Treinamento.

Deve existir um sistema que determine as necessidades de treinamento para todo o pessoal envolvido no sistema da qualidade. O sistema deve propiciar o treinamento requerido.

18. Assistência técnica

A assistência técnica no período de pós-venda, quando especificada em contrato, deve ser controlada e o seu atendimento às exigências especificadas deve ser verificado. Pode ser fornecida nas instalações do cliente.

19. Técnicas estatísticas.

Onde for apropriado, técnicas estatísticas podem ser usadas para controle e aperfeiçoamento de qualquer função do sistema da qualidade.

Para complementar o estudo das três correntes, será discutida a necessidade de uma nova estrutura organizacional que auxilie a maximização do potencial das novas tecnologias nas indústrias. A ruptura ocorrida no seio da economia capitalista, com a recessão mundial ocorrida a partir da década de 1970, gerou questionamentos acerca da forma como as empresas se organizavam. O modelo rígido fordista não mais servia à nova concepção de orientação ao mercado. Novas estruturas foram introduzidas, e ainda se procura por aquela que definirá o novo modelo industrial.

IV- MUDANÇAS ORGANIZACIONAIS.

As mudanças tecnológicas que influenciaram decisivamente a economia mundial através dos tempos - como por exemplo, a introdução do vapor e da eletricidade - carregaram junto também uma série de transformações nas instituições sociais e econômicas de então. Elas foram tão revolucionárias para a sua época que necessitaram também um novo padrão organizacional dentro das empresas para fazer face às possibilidades então abertas.

Pode-se observar que mesmo quando se usa uma tecnologia inovadora apenas em substituição a uma outra tecnologia ultrapassada - "fazendo-se o que já vinha sendo feito antes, apenas de uma forma mais eficiente" -, existe uma necessidade de adaptação ao novo *modus operandi*. Algumas vezes, a adaptação requerida ultrapassa os limites da curva de aprendizado da empresa, num processo de busca de resposta a problemas desconhecidos que vão surgindo graças às novidades implantadas. As mudanças não impactam apenas uma área da empresa, especificamente aquela onde foi implantada, mas envolvem também outras áreas, geralmente estendendo-se à organização como um todo, gerando um processo contínuo de reaprendizado - novas tarefas e novas responsabilidades, por exemplo. O mais importante é notar que não existe uma modelagem já pré-concebida de reestruturação da empresa associado ao uso de novas tecnologias no seu processo produtivo / administrativo. O ato isolado de adquirir esta nova tecnologia não modifica a forma de atuar da empresa. Isto requer um esforço adicional para seu uso efetivo - através da escolha das políticas gerenciais, das relações industriais, da transformação cultural da empresa, entre outros fatores -, o que explica as falhas de alguns investimentos em inovação tecnológica, e mostra que há necessidade de uma nova forma de procedimento em termos de gerenciamento e organização da produção.

Normalmente estes novos procedimentos não são percebidos de forma clara e demoram a ser aceitos, já que aqueles vindos do modelo anterior - como no caso atual, o fordista - estão de tal forma enraizados na cultura da organização que as mudanças parecem, a princípio, ineptas. Não existe ainda um modelo definido nesta área e várias alternativas ainda estão sendo testadas. No entanto, estão surgindo algumas evidências que apontam para direções que começam a delinear algumas tendências básicas. A grande difi-

culdade em se agrupar todas estas tendências, ou pelo menos as mais importantes, e definir o novo modelo organizacional, reside no fato de que existe um grande número de firmas envolvidas com diferentes necessidades estratégicas, o que produz uma vasta gama de possibilidades para o mesmo conjunto de prioridades.

No entanto, parece claro que, se no particular ainda é difícil definir com clareza as atribuições do novo modelo organizacional, um pré-requisito é indispensável para que as firmas possam atingi-lo, e com isso se adaptarem com precisão ao modelo pós-fordista de produção. É a flexibilidade que a empresa precisa ter para se colocar no novo ambiente, que possui consideráveis doses de variação e incerteza nas tarefas a serem executadas, pois a produção industrial passou a ser determinada pelo escopo do mercado. A flexibilidade será mostrada nos tópicos seguintes como a grande agenciadora das mudanças que deverão ocorrer dentro das firmas, em todos os seus níveis.

Na seqüência serão descritas algumas tendências relativas ao novo modelo que vêm sendo experimentadas pelas empresas que estão sofrendo inovações tecnológicas no seu modo produtivo. Cabe esclarecer que, para cada área abordada, não existe uma forma “ideal” de reorganização, já que ela é largamente dependente do contexto onde cada empresa se insere - como o seu setor, a estratégia de atuação traçada, a política industrial e a situação econômica do país onde se localiza, entre outros. Ainda existe necessidade de empreendimento de mais pesquisas para se identificar esta variedade de possibilidades e seus condicionantes.

IV.1- Pontos da Mudança.

Uma característica comum que as mudanças tecnológicas trazem no seu bojo é o questionamento das formas organizacionais existentes, juntamente com fórmulas alternativas que surgem de novas experiências. Mesmo levando-se em conta que ainda não existe um padrão organizacional definido, já é evidente, hoje em dia, o surgimento de um conjunto de características que começa a ser observado pelas várias empresas que estão se reestruturando a partir de inovações tecnológicas: aperfeiçoamento contínuo, envolvimento dos empregados, integração corporativa e integração funcional.

O ambiente industrial da primeira parte deste século, que contava com um mercado relativamente estável, deu lugar a outro completamente diferente (Tópico I.1). O processo produtivo deixou de ser previsível para se tornar altamente variado, de modo a atender as novas características do mercado. Em consequência da imaturidade dos agentes produtivos face à nova realidade econômica, esta variedade de tarefas não encontrou, em contrapartida, um conjunto de procedimentos definido e codificado. Isto gerou a necessidade de mudanças dentro da fábrica, de modo a dotá-la da flexibilidade necessária.

No entanto, não existe um processo automático ou natural de mudança associado às novas formas de produção. O simples fato de investir em tecnologia da informação para se automatizar não modifica a empresa, e, na verdade, pode levá-la a duas situações ao mesmo tempo contraditórias e indesejáveis: ou uma falsa sensação de melhoria, que na verdade pode ser chamada de melhoria marginal, por conta de que faz exatamente a mesma coisa que já vinha sendo feito antes, apenas de forma mais rápida ou eficiente (mas não mais eficazmente), ou então, por outro lado, o sentimento de incapacidade quando se percebe que a nova tecnologia adquirida não elevou a produtividade e a qualidade dos produtos aos níveis inicialmente previstos, por causa do seu uso incorreto. O esforço para que isto não ocorra é grande e passa pelas fases de projeto e implementação das novas tecnologias, e mostra que existe a necessidade de realizar mudanças nos diferentes níveis da empresa.

A seguir iremos descrever algumas tendências destas mudanças. A divisão em grupos é puramente didática, já que elas não devem nem podem ser implementadas isoladamente, ao mesmo tempo em que a consecução de uma implica na readaptação de todas as outras características da empresa. Esta divisão é uma adaptação daquela proposta por Bessant [8]. Serão analisadas as tendências abordando os seguintes aspectos da empresa: individual, funcional, gerencial, interorganizacional e cultural.

IV.1.1- Individual.

No que se refere aos aspectos individuais dos funcionários da empresa, três grandes tendências são imediatamente identificadas: maior

nível de habilidades relacionadas à crescente complexidade das novas tecnologias, maior capacidade de absorção de múltiplas funções dentro da visão de integração e um conseqüente aumento de responsabilidade de modo a responder com eficácia às necessidades. Uma conseqüência observada por Pasino [41] a partir destas tendências é a ênfase cada vez maior dada à educação, ao treinamento e ao desenvolvimento intelectual. Enquanto no modelo de produção tradicional a aquisição de uma única habilidade podia ser aplicada em todo o ciclo de vida de um trabalhador, no novo modelo isto dificilmente poderá acontecer, visto que a tecnologia de produção se encontra em constante evolução. Com isto, o padrão tradicional de divisão do trabalho, que previa tarefas altamente parciais, tende a se esgotar. A mudança de visão - que faz com que não somente o “como” (*know-how*) seja importante, mas principalmente o “porquê” (*know-why*), ou seja, privilegia um entendimento mais profundo de todo o contexto da tarefa que está sendo executada - possibilita que o conhecimento tácito e a “habilidade em adquirir habilidades” sejam pontos importantes a serem levados em consideração durante o processo de introdução de novas tecnologias nas indústrias. O treinamento dos funcionários, inclusive em áreas e funções diferentes das quais lhes foram originalmente designadas, também se torna extremamente importante.

A diminuição de categorias dentro do organograma da empresa, e a conseqüente simplificação do sistema de controle e remuneração, é outra modificação que está sendo introduzida, graças às três tendências acima descritas. O nível tecnológico alcançado por algumas indústrias requer que as múltiplas habilidades de todos os empregados, desde o nível gerencial até os trabalhadores de chão-de-fábrica, sejam desenvolvidas. Isto ocorre principalmente na área de operação, onde o tempo de resposta a problemas encontrados tem que ser extremamente pequeno, principalmente quando se aplica os conceitos dos programas de *just-in-time* e de Qualidade Total (Capítulo III). Com isso, os operadores e seus respectivos gerentes também devem se desenvolver em outras áreas, como as de manutenção e qualidade por exemplo, para que o transtorno causado pela parada da planta durante a ocorrência de algum problema possa ser minimizado. Existe, assim, uma valorização do saber informal dos trabalhadores para fazer frente à polivalência necessária para execução de suas novas funções (Tópico IV.1.2).

Dentro do contexto da organização das firmas o aspecto individual já começa a tomar importância e novas formas de abordagem da área de Recursos Humanos e Relações Industriais já começam a surgir. Por exemplo, a avaliação da performance como forma de remuneração, em conjunto ou mesmo em substituição aos tradicionais métodos de pagamento diário ou mensal, de modo a motivar os trabalhadores e conquistar sua cooperação e participação, e recompensá-los durante processos de mudança organizacional. Outra fonte de motivação dos trabalhadores é a democratização das relações trabalhistas, com o aumento da participação dos empregados nas ações decisórias da empresa através de representações constituídas, como as Comissões de Fábrica. As empresas implementam também formas de participação funcional ou operacional através dos Círculos de Controle da Qualidade. Outro ponto importante para a democratização é o fluxo de informações dentro da fábrica, de modo que todos tenham conhecimento das atitudes que a empresa está tomando com clareza. Para isto contribuem programas de conscientização internos, que devem explicar as mudanças que a empresa necessita realizar, de modo a preservar sua competitividade e, por conseguinte, sua sobrevivência dentro do mercado. Como foi visto (Capítulo III), a participação dos trabalhadores é essencial em programas de produtividade e qualidade, mas ela só é alcançada com sucesso quando há um ambiente propício ao seu pleno estabelecimento.

IV.1.2- Funcional.

A nova era econômica, que exige maior flexibilidade em todas as áreas de produção, também exige que a própria prática funcional esteja a ela ajustada, envolvendo assim mudanças no antigo modelo fordista. Os sistemas produtivos cada vez mais se tornam interdependentes e complexos, ao mesmo tempo em que a antiga estabilidade de mercado da primeira metade do século não existe mais. O novo padrão produtivo requer mudanças também na organização do trabalho, permitindo um grau maior de autonomia e flexibilidade funcional, e passando a focar o trabalho do grupo ao invés do individual. A nova abordagem vem paulatinamente descartando a tradicional, que pregava disposições lineares e um controle rígido.

O desenvolvimento tecnológico que incrementa a automação industrial fornece as ferramentas de apoio à consolidação desta tendência. A experiência mais comum dos dias de hoje é a criação de grupos que proje-

tam, desenvolvem e implementam e algumas vezes também fazem a manutenção dos produtos de uma empresa, abandonando a prática seqüencial e de estrita divisão do trabalho fordista e taylorista. Alguns arranjos administrativos atualmente em voga exploram bastante este conceito, construindo um cenário onde surgem as células de manufatura, verdadeiras “fábricas dentro da fábrica” (Besant [8]).

Outra importante tendência que se observa é a busca de uma maior integração entre departamentos diferentes de uma firma, mas que têm participação conjunta na confecção dos produtos ou serviços finais. A tecnologia de informação oferece os meios necessários para que áreas da empresa com funções correlacionadas possam sofrer um processo de integração entre si, ajudando a consolidar o ambiente de mudança existente. Como exemplo, podemos destacar: sistemas de CAD / CAM / CAE fazem com que haja um estreitamento no relacionamento entre projeto e produção; sistemas de CAPM necessitam de um grande fluxo de troca de informações entre os departamentos de marketing, compras, produção e qualidade; FMS requer maior ligação entre manutenção e qualidade.

A integração de funções é a característica desta nova fase industrial. O que vem motivando esta abordagem é o ambiente conturbado que as empresas estão vivendo quanto aos seus processos produtivos. Quanto maior a incerteza econômica existente no ar, maior a necessidade de se buscar a integração de suas funções, de modo que o tempo de resposta aos problemas encontrados durante o processo produtivo seja o menor possível. As formas de implementar esta integração dependem das características que cada empresa deseja imprimir e a intensidade que as circunstâncias permitem às mudanças. Entre as alternativas disponíveis está a convergência de tarefas correlacionadas e anteriormente separadas, até que se tenha uma única tarefa, mesmo com a resultante sendo maior que a soma das componentes. Esta possibilidade passa obrigatoriamente pela mudança individual anteriormente citada, na medida que exige a habilidade de desenvolvimento de múltiplas funções. Outro modo reside na integração através do acoplamento de diferentes funções, fazendo com que os limites existentes entre duas ou mais tarefas possam ser atravessados pelos membros que as executam. A primeira alternativa é mais eficiente que a segunda pois elimina estágios que a informação precisa atravessar, diminuindo com isso a possibili-

dade de que ela chegue desfigurada ao seu destino final e baixando seu custo.

IV.1.3- Gerencial.

Nesta área o ambiente de mudança geral requer um sistema de tomada de decisões mais amplo e descentralizado. Pasino [41] diz que o gerenciamento do processo produtivo vai cada vez mais se afastando do antigo modelo procedural e planejado, onde prevaleciam regras pré-determinadas, se tornando, ao contrário, uma atividade determinada por necessidades locais. Cada operação ganha mais autonomia dentro do seu escopo e os limites de tomada de decisão são mais amplos. Isto faz com que o tradicional ato de monitorizar a execução do trabalho se modifique, de uma supervisão direta para modelos baseados em autonomia responsável.

Isto, no entanto, não significa necessariamente o fim do controle centralizado dentro da fábrica. A própria natureza da integração da manufatura por computador enfatiza a concentração de toda informação relativa ao processo produtivo num banco de dados comum onde todas as funções são compartilhadas. Isto inevitavelmente concorre para uma maior facilidade para o controle gerencial devido a três grandes fatores: em primeiro lugar, sistemas de integração fornecem informações sobre o estado das operações de maneira mais rápida e eficiente para qualquer ponto, dentro ou fora da fábrica; além disso, o número de camadas de controle pode ser sensivelmente diminuído, graças a ferramentas de análise e suporte a decisões altamente sofisticadas, que eliminam a dependência de avaliação de supervisores ou gerentes médios, aproximando o chão-de-fábrica da alta gerência e o planejamento da execução, otimizando o fluxo de informações; e por último, a tendência à integração total antevê a possibilidade da existência de um complexo sistema de controle organizacional, onde a fábrica deve se comportar como um único organismo, unindo o grande conjunto de unidades interdependentes.

Apesar do aparente paradoxo existente - centralização ou descentralização - a integração de informações em conjunto com a automação industrial realmente nos leva a dois ambientes diferentes, mas correlacionados entre si no contexto da fábrica. De um lado o corporativo, onde a tomada de decisões exige um alto grau de controle sobre o processo produtivo,

encontra um cenário de facilidades graças ao uso da tecnologia da informação. Do outro estão os processos propriamente ditos, que precisam ter a autonomia das tomadas de decisões o mais perto possível do local das suas operações para poderem lidar mais eficientemente com o ambiente de incerteza existente. Neste último caso, a flexibilidade organizacional em conjunto com a flexibilidade tecnológica oferecem os meios para lidar com esta incerteza (Capítulo V).

O modo como as empresas vêm se preparando para lidar com esta nova realidade gerencial é diminuindo os níveis hierárquicos, com a conseqüente redução do número de chefias. Os gerentes remanescentes vêm perdendo a função estrita de controle e supervisão e aos poucos vão adquirindo o papel de facilitadores, onde sua principal atribuição é prover os recursos necessários para que a equipe possa desempenhar as tarefas.

IV.1.4- Interorganizacional.

A tendência global à integração não termina nos limites físicos de uma indústria. Na verdade ela se estende às cadeias de suprimentos e distribuição. As possibilidades abertas pela tecnologia da informação encontram aí um campo que somente agora começa a ser explorado, principalmente no Brasil, com a introdução de novos produtos, como o EDI (*Electronic Data Interchange*). O próprio sucesso de novas técnicas organizacionais, como o *just-in-time*, está fortemente atrelado ao relacionamento das fábricas dentro da cadeia cliente-fornecedor, o que está estimulando o desenvolvimento de métodos alternativos de vínculos entre eles.

Mais uma vez nota-se que é a flexibilidade que vai reger o relacionamento entre as empresas com o advento da nova era tecnológica. A abordagem tradicional, que privilegia transações de curto prazo, está cedendo lugar gradualmente ao desenvolvimento de parcerias entre fornecedores e clientes, abandonando-se o caráter de mútuo confronto historicamente existente.

Como já foi visto (Tópico III.1), o *just-in-time* é uma estratégia gerencial que leva as empresas a procurarem cada vez mais métodos de integração. Para isto, a cadeia de distribuição e suprimento necessitará ser muito bem sincronizada, devido à necessidade de redução de estoques ao

mínimo possível. Os fornecedores só estarão aptos a executar esta atividade se eles próprios se modernizarem até o ponto de possuir a agilidade necessária para responder rapidamente aos pedidos dos clientes. No entanto, parece claro que as empresas fornecedoras só terão incentivo para promover as mudanças necessárias no seu modo operacional se os consumidores também se mostrarem dispostos a promover mudanças. Ou seja, a visão do comprador deverá mudar, daquela tradicional, onde é dada exclusiva importância ao preço final dos produtos, passando a se concentrar em formas alternativas, com o privilégio da parceria estratégica baseada no interesse comum, como a qualidade do produto, o prazo de entrega e as formas de pagamento.

A norma ISO 9000 e programas de Qualidade Total também são fatores fundamentais na mudança de relacionamento entre firmas, só que em outra esfera. Indústrias que já estejam certificadas irão cada vez mais procurar fornecedores que também possuam comprometimento nesta área para dar uma melhor continuidade à sua política da qualidade. Isto reforça o comentário feito no parágrafo anterior, onde se tenta demonstrar que o relacionamento entre empresas deverá deixar de ser baseado somente no preço e procurará um algo mais, aparecendo, neste caso, na forma de qualidade.

Outro aspecto interessante na mudança de comportamento das empresas no que diz respeito ao seu inter-relacionamento é que ele não se refere necessariamente apenas à cadeia fornecedor-consumidor, mas pode atingir também indústrias do mesmo ramo de atividade, algumas vezes até mesmo do mesmo nicho competitivo. São empresas que buscam sinergia em atividades comuns, usando métodos que vão desde trocas de informações técnicas até intercâmbio de equipes e equipamentos. Atividades como manutenção, projeto e pesquisa e desenvolvimento, que agregam um valores variados ao produto, mas que podem consumir recursos bastante altos, são o principal foco desta tendência. Assim, uma indústria que tenha uma boa equipe de manutenção mecânica, por exemplo, pode ceder seus serviços a outra, mais fraca nesta área, mediante pagamento, ou, como mais normalmente acontece, em troca de alguma outra atividade que porventura seja mais forte nesta última que na primeira.

Para finalizar, vem sendo largamente aplicado nos últimos anos um novo modelo de interação entre empresas, a terceirização. Brasil [9] define terceirização como sendo "(...) um processo de transferência, dentro da

firma (empresa-origem), de funções que podem ser executadas por outras empresas (empresas-destino)”. Normalmente, uma empresa-origem terceiriza atividades que não estão relacionadas diretamente com seu processo produtivo e, assim, não agregam valor ao produto final, como limpeza e conservação, vigilância, telefonista, entre outras. Este processo tem por objetivo principal alimentar a estratégia competitiva das empresas-origem, transformando custos fixos, que são transferidos para as empresas-destino, em custos variáveis. Ao possibilitar um enxugamento na estrutura organizacional das empresas-origem, a terceirização reduz a quantidade de níveis hierárquicos e melhora sua dinâmica decisória e seu fluxo de informações, aumentando sua flexibilidade. A crescente onda de terceirização resultou, em inúmeras vezes, num grande aumento da quantidade de fornecedores a serem controlados pela empresa-origem. Tal fato deu origem recentemente a um novo fenômeno empresarial, a quarteirização. Neste caso, a empresa-origem contrata apenas uma empresa-destino - denominada quarteirizada - que passa a se responsabilizar pelo gerenciamento de todas as outras empresas que prestam os serviços terceirizados. Várias críticas estão sendo endereçadas ao intenso processo de terceirização observado em todo o mundo. Algumas empresas cortam de tal modo seus quadros para substituí-los por subcontratados que em algum momento perdem o controle sobre algumas atividades importantes, o que elimina a vantagem inicialmente pretendida. A terceirização de atividades-fim que está ocorrendo hoje em dia também é uma prática que pode resultar na perda de controle por parte da empresa. Os trabalhadores, por sua vez, também se sentem prejudicados pela flexibilização das relações de trabalho que este processo provoca.

Como podemos notar, o elo entre as empresas na nova era da tecnologia da informação pode tomar várias direções, mas as implicações são basicamente aquelas que vão no sentido de uma fase de cooperação, onde elas poderão levar vantagem competitiva a partir da colaboração mútua, com a diminuição dos custos e flexibilização das suas operações.

IV.1.5- Cultural.

De todos os tipos de mudanças dentro das firmas, decorrentes da introdução de novas tecnologias, anteriormente abordados, podemos considerar o cultural como o mais amplo dentro da sua caracterização. Na verdade, sua abrangência se deve ao fato de que ele pode ser considerado

como fator básico para a execução de todas as outras mudanças. Toda empresa que patrocina reformulações radicais em seu *status quo*, em qualquer área de atuação e qualquer que seja sua intensidade, certamente encontrará resistências internas, decorrentes de sentimentos como medo da perda do poder interno, medo da perda do emprego - principalmente nos níveis intermediários - e dificuldade de adaptação ao trabalho em grupo e de forma participativa, pois é difícil para o ser humano aceitar com facilidade modificações de atitudes, já que elas mexem com padrões de comportamento já amplamente arraigados.

No entanto, parece claro que as mudanças decorrentes da implantação da tecnologia de informação dentro das indústrias exige também uma ampla reformulação na visão do seu (das indústrias) funcionamento, que tende a se alterar. A não ocorrência deste requisito pode invalidar as transformações - técnicas e organizacionais - podendo resultar no que foi denominado de melhoria marginal, fazendo com que os benefícios pretendidos não sejam maximizados e gerando uma insatisfação generalizada, ou até mesmo o completo insucesso do empreendimento.

O ponto crucial da questão da mudança do padrão cultural de uma empresa, de acordo com Pasino [41], é a necessidade de se compartilhar a mesma abordagem de objetivos, incluindo todos os seus membros, desde o mais simples ao mais graduado funcionário. Este modelo vai de encontro às normas geralmente encontradas na maioria das empresas, onde reina o velho padrão pragmático do fordismo. Isto leva à necessidade de um reaprendizado dentro da empresa. Elas precisam ultrapassar o método de entendimento da organização tradicional existente e alcançar novos valores para suprir às necessidades do novo modelo produtivo, onde predomina um ambiente de contínua incerteza.

O reaprendizado força as empresas a transformarem seus métodos de trabalho, tornando possível as mudanças descritas nos itens anteriores. O foco passa a ser mais uma vez a flexibilidade, voltada para respostas rápidas, em detrimento da abordagem mecanicista típica de ambientes onde a atividade produtiva é altamente predizível e é passível de ter suas ações instrumentalizadas. As características do reaprendizado se estendem por todas aquelas correspondentes aos itens anteriores. Entre elas: autonomia responsável e integração através de mecanismos informais, mudando-se a

ênfase dada até então, onde imperavam objetivos gerados, localizados e voltados para os departamentos, e buscando alcançar objetivos relacionados à estratégia da própria organização.

Analisando o que foi descrito acima podemos considerar a cultura da empresa como catalisador dos outros tipos de mudança - individual, de grupo, funcional, gerencial e interorganizacional. Para Bessant [8], ela altera a velocidade com que as outras mudanças ocorrem ao mesmo tempo em que se recompõe para acompanhar a nova realidade econômica mundial. Em geral, existe no Brasil uma dificuldade estrutural para se modificar a cultura das empresas, devido à grande rigidez das suas relações internas e externas, impostas por antigas características paternalistas e autoritárias. As relações externas são mais facilmente flexibilizáveis pelas regulagens do mercado. As relações internas, porém, requerem uma abordagem mais ampla, de modo a enfatizar a necessidade da integração de todos os funcionários da empresa no processo da busca de aumento de produtividade e qualidade. As mudanças passam pela transformação das atuais políticas de relações industriais e de recursos humanos que vigoram na maioria das indústrias nacionais (Capítulo VII). A importância da qualificação dos trabalhadores é significativa, e passa por um esforço das empresas, principalmente num país de grandes problemas de infraestrutura como o Brasil, nos fatores que determinam esta qualificação, como a democratização da empresa, a educação e o treinamento.

Com a reestruturação organizacional completa-se a análise das três correntes de sustentação do CIM. A implementação de uma reestruturação na empresa é a parte mais complicada de um processo de modernização tecnológica, devido às resistências culturais inerentes (Tópico IV.1.5). Bessant [8] subdividiu as fontes de resistência às mudanças organizacionais em dois tipos: sistêmicas e comportamentais. Resistências sistêmicas agem no domínio cognitivo do ser humano e aparentemente podem ser tratadas de forma direta. Elas advêm de: falta de informação, falta de habilidade, falta de recursos, falta de suporte e falta de recompensa. A falta de habilidade, por exemplo, pode ser compensada com um treinamento adequado, enquanto que a falta de recompensa pode ter sua solução com a introdução de novas formas de remuneração ou a implantação de programas participativos na empresa. Já as resistências comportamentais são mais complexas, pois se

situam no domínio emocional e podem ser mascaradas - mesmo quando identificadas estas resistências são de difícil tratamento. Normalmente, suas causas são: ansiedade, apego ao *status*, apego ao poder, medo da falha, falta de confiança, relutância a experiências, apego à cultura anterior e a normas de conduta. É interessante notar que as resistências sistêmicas normalmente ocorrem no chão-de-fábrica, enquanto que as resistências comportamentais ocorrem principalmente no médio escalão da empresa, preocupado com a perda do seu *status*. Isto leva a um quadro onde coexistem duas formas necessárias de gerenciamento em paralelo: uma tradicional, onde se gerencia o projeto propriamente dito - consecução, desenvolvimento, construção, comissionamento, etc. - e outra em que se lida com a adaptação do pessoal ao novo processo de trabalho.

A seguir será discutida a integração da produção por meio do computador, onde o CIM é utilizado como uma estratégia de produção pelas indústrias para alcançar uma vantagem competitiva no mercado.

V- INTEGRAÇÃO TOTAL DA MANUFATURA.

Nos capítulos anteriores foram apresentadas as três correntes que, devido à evolução por elas experimentadas nos últimos anos, permitiram o surgimento de uma nova ordem mundial no campo da atividade industrial, em resposta à crise econômica da segunda metade deste século. São elas: os sistemas e equipamentos baseados na tecnologia da informação, as novas práticas gerenciais e as mudanças organizacionais ocorridas no interior das fábricas. Os novos sistemas e equipamentos possibilitam não só melhorias da produção a nível local - “fazer o que já vinha sendo feito mas de um modo melhor” - como também fornecem a estrutura necessária para a integração de todas as informações que circulam na fábrica. As novas práticas gerenciais, como o *just-in-time* e o Gerenciamento da Qualidade Total, permitem uma otimização na utilização de recursos - humanos ou não - e, conseqüentemente, o melhor uso tanto das novas quanto de antigas tecnologias. E, finalmente, as mudanças na estrutura organizacional das empresas introduzem o real aspecto de flexibilidade na produção ao aproximar o nível decisório do nível executivo. Estas três correntes foram discutidas nos capítulos anteriores e formam a base do CIM.

O principal problema existente no âmbito industrial é o chamado paradoxo da produtividade: como ser o mais flexível possível fazendo uso eficiente dos fatores de produção, ou seja, como melhorar a qualidade, aumentar a produtividade, flexibilizar a produção, agregar valor ao produto e ter um ótimo serviço de atendimento ao cliente, e, ao mesmo tempo, reduzir, ou pelo menos manter, os custos - e conseqüentemente os preços. Com o desenvolvimento tecnológico e o achatamento dos custos dos equipamentos e sistemas baseados na tecnologia da informação isto já vem sendo, em parte, alcançado. No entanto, isto não seria um fator suficientemente forte para justificar um investimento maciço em modernização tecnológica. Durante a primeira metade do século era o ritmo da produção que ditava o comportamento do mercado. Uma maior escala de produção significava custos mais distribuídos e preços menores. Com a crise econômica da década de 1970 mudou-se o sentido do vetor produtivo. O mercado passou a determinar não só o ritmo como o enfoque da produção. Produzir em grande escala para diluir os custos já não é mais tão importante. De acordo com Porter [45], a base para a performance exigida na era da economia de escopo é a escolha de uma estratégia de atuação que gere uma vantagem

competitiva sustentável. Os dois tipos de estratégia que podem levar a empresa à liderança dentro do seu segmento de mercado são o custo e a diferenciação. A liderança no custo determina que a vantagem se dá simplesmente pelo preço dos seus produtos. Para alcançar a liderança através desta estratégia a empresa deve praticar preços inferiores aos seus concorrentes, o que gera a necessidade de diminuir os custos de produção. Por outro lado, a liderança pela diferenciação é uma estratégia onde a empresa procura ser única em seu nicho, englobando as características mais valorizadas pelos seus clientes. Ela seleciona um ou mais atributos que os clientes considerem importantes, posicionando-se singularmente para satisfazer estas necessidades, e sendo recompensada com a cobrança de um preço mais elevado que a concorrência por causa desta diferenciação. Uma das conseqüências da mudança do vetor produtivo, portanto, foi fazer com que a preocupação com o fator preço no ambiente industrial venha sendo dividida com outras menos tangíveis (Tópico I.1). Na verdade, pode-se dizer que os consumidores estão se preocupando com fatores como a qualidade de produtos e serviços prestados, a pontualidade na entrega e o suporte pós-venda tanto quanto com o valor da compra propriamente dito. Além disso, outros fatores externos, como a preocupação com o meio ambiente, já começam a tomar vulto em várias partes do mundo. Este último aspecto pode ser sentido principalmente na Europa, onde vem se discutindo a implementação da série ISO 14000, um tipo de ISO 9000 ecológica, para que produtos industrializados não causem agressão ao meio ambiente, tanto durante seu processo produtivo quanto através de seu uso (Furtado [29]).

O papel do CIM é servir como uma plataforma para sustentação dos esforços estratégicos que as indústrias efetuam para alcançar os níveis de produtividade e qualidade que o novo ambiente econômico mundial requer. Existe uma interligação obrigatória entre a participação que a empresa pretende ter no mercado com a organização de sua produção. De acordo com Porter [46], a estratégia de negócio - aquela relativa a produtos e mercados, formas de concorrência e metas de competição a perseguir - precede e deve ser amparada pela estratégia de produção - a forma de compatibilizar e condicionar mutuamente a estratégia de negócio e as características do aparelho produtivo da empresa. A este respeito, Valle [59] coloca: "Traçar uma estratégia de produção significa reestruturar a organização da produção através de uma coleção de decisões interdependentes, acerca de algumas categorias como capacidade de produção, número e tamanho de

suas fábricas, tecnologia de processo, grau de verticalização, recursos humanos, qualidade, planejamento e controle da produção e estrutura organizacional do setor produtivo”. O CIM é um sistema que dá o suporte à estratégia de produção, integrando todas as suas fases.

O CIM, assim como o CAD e a robótica (Capítulo VII), foi idealizado como um sistema de produção que tornaria a fábrica totalmente automatizada, e com isto independente do trabalho humano. Este, no entanto, não deve ser o conceito atribuído ao CIM. Deve ficar claro que a automação industrial tem como primeira consequência a diminuição dos postos de trabalho. Estes postos são basicamente aqueles decorrentes de trabalhos perigosos e repetitivos, onde a presença do homem pode e deve ser dispensada. No entanto, idealizar que as máquinas conseguirão incorporar a capacidade humana para execução das tarefas numa era onde o conhecimento tácito e o discernimento que vêm associados à criatividade humana são imprescindíveis não corresponde à realidade operacional nem à realidade financeira. A participação dos trabalhadores é importante, já que deles advém a flexibilidade e a qualidade inerentes a qualquer sistema produtivo. As atribuições daqueles que permanecem deve subir intelectualmente na proporção da importância que eles têm para manter a integração em funcionamento. Dentro deste conceito, o CIM deve ser encarado como uma estratégia de produção que leva a fábrica a uma situação de aumento de qualidade e produtividade, e não como uma apropriação do saber dos operários, tornando-os simples apertadores de botão ainda que, repita-se, esta tenha sido a pretensão primária. Neste capítulo é analisado o CIM, de acordo com as características a ele atribuídas neste trabalho. Ou seja, como um sistema que integra a capacidade humana e técnica da fábrica, criando uma modernização tecnológica. Desde sua conceituação várias indústrias no Brasil e no exterior buscaram como forma de diferenciação competitiva a aplicação do CIM. Em vários lugares a simples automação das tarefas foi vista como uma panacéia para o aumento de produtividade e da qualidade. No entanto, a maioria falhou. A principal causa foi o uso puro e simples da tecnologia da informação na forma substitutiva, não buscando a integração da fábrica com as outras duas correntes de sustentação do CIM (Capítulos III e IV).

Na primeira parte deste capítulo serão fornecidas algumas definições, exemplos de aplicações e as dificuldades que podem aparecer no decorrer da implantação. Na segunda parte será apresentada a alternativa

proposta à lógica tecnocêntrica imposta ao CIM na sua concepção, o chamado CHIM, que vem sendo objeto de estudo de diversos autores europeus e brasileiros.

V.1- CIM.

Na literatura freqüentemente encontramos como definição de CIM a integração de equipamentos e sistemas baseados na tecnologia da informação que contribuem para a monitorização e controle de todos os aspectos do processo produtivo de uma indústria. Segundo Sima *et alli* [51], por exemplo, “(...) CIM é: ‘Uma forma eficiente de gestão de recursos disponíveis na empresa, baseada no uso da informática para otimização de processos, recursos humanos e materiais, buscando-se aumentos de flexibilidade, produtividade e qualidade nos processos produtivo, administrativo e decisório da empresa.’” Por isso, ao invés de falarmos apenas de Integração da Manufatura por Computador, discutiremos a Integração Total da Manufatura - terminologia utilizada por alguns autores, como Bessant [8] e Bernard [6] -, aglutinando as três correntes de inovação apresentadas ao longo do trabalho.

Tecnicamente falando, o CIM nada mais é do que a integração de sistemas de computação dentro de todos os aspectos do processo produtivo de uma indústria. Sua implementação é, no entanto, uma atividade estratégica. Este tipo de abordagem não prevê o simples investimento em itens gerais com previsão para o curto prazo, se traduzindo muito mais numa filosofia de longo termo. Ela envolve componentes técnicos e gerenciais que necessitam ser cuidadosamente associados para gerar um suporte confiável ao negócio. Geralmente, no entanto, observa-se que as empresas implementam soluções deste tipo com pouca - ou nenhuma - idéia dos objetivos estratégicos ou dos critérios que possam assegurar as condições para alcançá-los. Quando existem, estes critérios estão geralmente definidos dentro de um senso estritamente técnico ou financeiro, ao invés de se situarem num contexto mais amplo, das necessidades e do ambiente de negócio da empresa. Não se pode analisar um investimento deste porte simplesmente em termos de custos e tempo de retorno e contribuição para a redução de gastos e maximização da produtividade dentro de uma pequena parte da produção, em detrimento de fatores mais amplos, como aumento da recep-

tividade de toda a organização e da agilidade a se alcançar dentro de um mercado competitivo.

De acordo com Seeman [48], para se tornar efetiva a aplicação estratégica do CIM necessita, inicialmente, de uma meticolosa análise das necessidades do negócio e um plano que identifique claramente as bases onde a estratégia competitiva irá se desenvolver no curto e no longo prazos. A partir daí os critérios de atuação - flexibilidade, agilidade, qualidade - da empresa podem ser desenvolvidos. O estágio seguinte requer uma revisão das operações produtivas, em termos dos seus pontos fortes e fracos e seu ajustamento com esta ampla estrutura estratégica. Simultaneamente aparece a necessidade de uma minuciosa exploração de oportunidades, abertas não só pelas novas tecnologias - como o FMS - mas também pelas novas ou melhoradas técnicas de gerenciamento da manufatura - como o Gerenciamento da Qualidade Total e o *just-in-time*. A partir desta análise torna-se possível desenvolver uma estratégia de manufatura coerente e apropriada para a firma, que irá promover a sustentação dos seus esforços estratégicos.

Dentro deste modelo estratégico de produção, um planejamento de longo prazo para o CIM pode então ser desenvolvido, de tal modo que identifique a arquitetura dos diferentes componentes do sistema, as comunicações entre estes elementos e o nível de sofisticação requerido para esta rede, os requisitos de software e de hardware e a infraestrutura organizacional subjacente, incluindo as habilidades adequadas, suporte funcional e a organização decisória. Este plano também irá identificar as áreas prioritárias e a seqüência geral para implementação. É de vital importância o envolvimento de todos os que estarão participando da operação diária do sistema, pois é de se esperar que as pessoas mais aptas a especificar a configuração de um sistema sejam exatamente aquelas que vão lidar com ele.

Um requerimento majoritário neste processo é a criação de uma estratégia de desenvolvimento organizacional paralela, para assegurar que o grau de integração estrutural necessário estará disponível para sustentar todas estas mudanças técnicas. Finalmente, a estratégia pode ser implementada numa base seqüencial, movendo-se das “ilhas de automação” para uma completa integração da manufatura por computador. A vantagem desta abordagem é que ela admite os custos e riscos baixos de uma filosofia

incremental, mas encaminha a empresa adiante dentro de uma modelagem integradora clara.

Existe um fluxo de informações contínuo envolvendo todas as operações do negócio, como planejamento, marketing, finanças e pesquisa e desenvolvimento, entre outros. À medida que uma nova informação pertinente ao negócio é introduzida na rede por algum dos seus componentes, ela recebe um tratamento dentro do sistema de modo que possa ficar a disposição para outras áreas da empresa, atendendo às necessidades de cada usuário. Por exemplo, uma mesma informação, como a quantidade de estoque de um determinado produto, tende a aparecer num formato diferente para os setores comercial e de produção, já que suas obrigações são diferentes - um deve vender o produto e o outro deve produzi-lo. No entanto, outro setor, por exemplo o de manutenção, provavelmente nem tenha acesso a esta informação, uma vez que ele não tem ligação direta com esta área de atuação. O CIM faz com que exista uma única informação consistente circulando na empresa ao mesmo tempo, somente em setores onde esta informação possa agregar valor ao trabalho e com uma apresentação apropriada para cada setor, incrementando a estratégia do negócio.

A tecnologia da informação portanto é um fator chave para a implantação do CIM (Capítulo II). Duas das suas principais ferramentas são especialmente importantes: primeiramente, uma rede de comunicação aberta eficiente, que possa integrar os computadores dos sistemas que monitorizam e controlam as operações produtivas (SDCDs, MFCNs, etc.) com os da rede administrativa, que apoiam os negócios da empresa; além disso, também é necessário um banco de dados robusto o suficiente para que o acesso às informações que circulam na rede possa ser efetuado rápida e facilmente. A integração é facilitada através do uso das práticas de gerenciamento da produção (Capítulo III), como o *just-in-time* e a Qualidade Total, o que reforça a necessidade de uma mudança sistêmica. Esta mudança sistêmica passa por todas as áreas da empresa (Capítulo IV), a fim de combater as tradicionais barreiras culturais. As relações entre firmas sofrem uma reestruturação similar, não apenas no nível estrutural ou procedimental, mas principalmente na sua natureza básica, passando da tradicional confrontação cliente-fornecedor para uma fase de cooperação, onde todos os envolvidos podem tirar proveito.

Na prática, tudo isso é traduzido na reunião das novas tecnologias da área da computação com novas práticas e formas de organização do trabalho que facilitam a transição para o modelo pós-fordista. Contudo, como já foi comentado anteriormente, todos os casos de implementação de CIM existentes representam, na verdade, experiências através das quais as firmas, além de alcançar benefícios no seu desempenho, oferecem indícios para outras firmas em termos de estratégias de desenvolvimento - os *benchmarkings*. Não existe um único modelo a ser seguido, mas uma trajetória emergente de mudança.

V.1.1- Requisitos para o CIM.

Apesar de não possuir um conjunto de regras definidas, o CIM necessita de alguns requisitos básicos para sua aplicação. Sem eles alguns problemas poderão surgir nas diferentes fases de sua implantação. Alguns destes requisitos já foram discutidos nos capítulos anteriores, abordando níveis individuais. Agora trataremos de sua importância num contexto de maior integração.

V.1.1.1- Padronização de Sistemas de Computação e de Comunicação.

O requisito básico para a implantação do CIM reside na utilização de uma rede de computação única, de modo que os dados que circulam na empresa sejam únicos e estejam consolidados num banco de dados comum. Existem algumas dificuldades inerentes ao sistema de gerenciamento dos elementos em uma rede de comunicação e na filosofia de integração geral a ser usada. A integração física dos equipamentos é relativamente simples, mas a integração do software, ou seja, o problema de se fazer com que itens de equipamentos diferentes - geralmente de fabricantes diferentes - se comuniquem entre si, é uma tarefa mais complicada.

Em resumo, o que se necessita é alguma forma universal de código para todo o tráfego eletrônico de um sistema de automação integrado que englobe claramente todas as regras de comunicação: prioridades, velocidade, etc. Como existem vários fabricantes de insumos eletrônicos em todo o mundo, deve ser estabelecido, na prática, um modelo aberto para que qualquer equipamento de qualquer fornecedor possa ser conectado numa rede de comunicação industrial de qualquer tamanho. Tal normalização é

crucial para que uma integração de sistemas seja bem sucedida. Uma vez alcançada, fabricantes de equipamentos de automação podem construir seus produtos de acordo com a norma e seus fornecedores podem desenvolver aplicações especialmente a ela adaptados, e com isso todo o mercado tem a chance de contar com produtos intercomunicáveis.

A maior preocupação dos usuários é que apenas um fornecedor consiga impor a sua normal como padrão e com isto os prenda aos seus equipamentos. Assim, existe um grande debate, envolvendo empresas, institutos de pesquisa e entidades internacionais, sobre o caminho que deve ser seguido. Entre as entidades internacionais que cuidam da área de normalização destaca-se a ISO (*International Standards Organization*) para redes de comunicação, que em 1978, após alguns anos de estudos, propôs a adoção da especificação OSI (*Open Systems Interconnection*), baseada num modelo de sete camadas de comunicação.

No entanto, mesmo já estando disponível para aplicação, esta especificação não é própria para atender às necessidades básicas da automação industrial, uma vez que ela foi estabelecida primordialmente para intercomunicação entre itens microprocessados em geral. Para aplicações industriais especificamente seria necessária uma versão mais enxuta. Uma das alternativas foi desenvolvida pela General Motors que no final da década de 1970, baseando-se no modelo OSI, apresentou um protocolo denominado MAP exatamente com o objetivo de se tornar um padrão mundial em redes de comunicação industrial (Tópico II.4). Apesar de na época possuir o aval de várias empresas o MAP nunca chegou a ser largamente utilizado por vários motivos. Em primeiro lugar, é naturalmente difícil que um produto na área de tecnologia da informação se torne um padrão universal *de facto*, pois cada empresa possui sua própria diretriz e uma mudança brusca poderia ferir interesses financeiros e corporativos, sem a garantia de sucesso. Além disso, o MAP utilizava uma tecnologia de transmissão de dados que começava a dar sinais de esgotamento. Seus cabos, assim como nos protocolos existentes até então, eram capazes de levar dados em padrão analógico, em apenas um sentido, usando o tipo de conexão ponto-a-ponto e com sinais codificados que iam de 4 mA até 20 mA. Ou seja, em cada ponto da rede ou se recebe ou se transmite uma informação. Em geral, a sala de controle transmite sinais que ajustam o instrumento no campo, estes devolvem sinais informando quanto estão marcando no momento para controladores

algoritmos para reajustá-los ou não e assim por diante, sendo que apenas um destes sinais trafega na rede de cada vez (Tópico II.2).

Enquanto somente os instrumentos da sala de controle, como SDCDs e PLCs, possuíam a capacidade de processamento e comunicação digital, esta restrição não influenciou definitivamente os conceitos de redes de comunicação industrial, mantendo-se o padrão analógico. No entanto, com o surgimento de instrumentos de campo microprocessados, capazes de fornecer diretamente informações de diagnóstico e controle, tornou-se necessária a escolha de um novo padrão que contemplasse a facilidade de comunicação digital, ou seja, bidirecional e multiponto utilizando-se apenas um par de fios.

Em 1985, a ISA (*Instrument Society of America*), entidade que congrega profissionais e empresas ligadas a instrumentação e controle de processos industriais, criou um comitê para projeto de normalizações com o objetivo de trazer as redes industriais para a era dos computadores. Foi desenvolvido o padrão *fieldbus* (Tópico II.5), sistema de comunicação digital capaz de interligar os instrumentos digitais instalados no campo com os seus sistemas de controle localizados na sala de controle. Este padrão deve permitir a comunicação bidirecional entre uma grande variedade de equipamentos - transmissores, controladores locais, leitores de código de barra, controladores de processo, equipamentos de manutenção, *bridges* e *gateways*, válvulas, indicadores locais, registradores, indicadores dedicados, equipamentos de arquivo histórico, entre outros - além de ser compatível com a fiação utilizada atualmente e permitir que sistemas intrinsecamente seguros possam ser utilizados em áreas perigosas. Como qualquer outra norma, a viabilização do *fieldbus* passa necessariamente pela criação de um padrão de aceitação mundial, já que por um lado os usuários não se sentiriam confortáveis em depender de um restrito grupo de fornecedores, e por outro os fabricantes não poderiam produzir, a custo razoável, múltiplas versões de equipamentos para atender a protocolos regionais.

Caro [12] informa que, apesar de já estar sendo desenvolvido há algum tempo, o padrão *fieldbus* ainda não foi finalizado, principalmente por problemas políticos - cada membro do comitê, formado por fabricantes, usuários e representantes da comunidade acadêmica, tenta impor seus próprios conceitos. O término dos trabalhos está previsto para 1995. No entan-

to, existe o consenso de que este realmente é o padrão a ser seguido. O *fieldbus* ajudará imensamente o desenvolvimento do CIM, pois tornará toda comunicação da fábrica digital, aumentando a velocidade, o volume e a confiabilidade das informações.

V.1.1.2- Disponibilidade Financeira e Contábil.

A disponibilidade financeira para a implantação de um sistema como o CIM é importante, pois o tempo necessário para retorno de um investimento deste porte é relativamente alto. Uma das maiores dificuldades na avaliação de um investimento estratégico como o CIM está no fato de que ele é essencialmente de longo prazo, enquanto que a maior parte das empresas, especialmente as brasileiras, buscam investimentos que tenham o tempo de retorno tão curto quanto possível. Estudos mostram que em plantas americanas e européias que já utilizam o CIM, o tempo típico esperado para o retorno de investimento é de cinco anos, enquanto que, em circunstâncias normais, a expectativa média das empresas destas regiões gira em torno de dois a três anos (Valentina e Oliveira [58]). Para o Brasil este prazo é ainda menor. Deste modo, mesmo em países desenvolvidos, é difícil conseguir uma justificativa financeira para implantação deste tipo de sistema.

O problema recai sobre dois aspectos técnicos de contabilidade: como justificar os investimentos e como contabilizá-los nas operações do dia a dia. No primeiro caso existe a necessidade de se encontrar meios para se embutir na análise do investimento de capital itens estratégicos que são intangíveis em uma apreciação financeira - por exemplo, o custo de não ser flexível em resposta ao mercado num dado horizonte de tempo. A ênfase que é dada a este tipo de análise vem gradativamente se transformando, e os critérios não exclusivamente técnicos estão se tornando cada vez mais considerados. Fatores estratégicos como a participação desejada no mercado, o ciclo de vida de produtos e a inovação dos produtos tendem a ganhar maior peso nas decisões gerenciais, lado a lado com a própria viabilidade financeira. Já na área de contabilidade de custos de produção, um dos maiores problemas é a obsolescência das taxas utilizadas na contabilidade. Os indicadores tradicionais, como horas produzidas, toneladas produzidas, utilização da máquina e eficiência do trabalho estão se tornando cada vez mais irrelevantes. Isto é facilmente verificável através do declínio do trabalho direto ou da emergência de tecnologias gerenciais como o *just-in-time*, que prevê a utili-

zação da máquina somente no caso de ser realmente necessário produzir. Em vez de se basear apenas nos custos da alocação de recursos para máquinas ou operações, como é tradicional, deve-se procurar formas alternativas que levem em conta a performance da fábrica como um todo.

V.1.1.3- Cadeia de Fornecimento Sólida.

Outro requisito necessário para o funcionamento eficaz do CIM é a disponibilidade de uma sólida cadeia de fornecimento dos seus componentes. Como já foi mencionado, não existe firma capaz de vender a linha completa de produtos e serviços de um sistema de integração da produção. Na verdade, cada instalação do CIM é uma aplicação altamente específica, envolvendo combinações de elementos de diferentes fabricantes de acordo com a configuração ideal para cada fábrica. A consideração destas exigências impôs um grande desafio à cadeia de fornecimento. Empresas que tentaram a implementação do CIM notaram nos seus estágios iniciais que grande parte dos problemas se referiam aos fornecedores que superestimavam sua capacidade, principalmente no que diz respeito à área de integração de sistemas, ou seja, garantindo que eles funcionariam após a instalação.

Como foi visto anteriormente (Tópico V.1.1.1), o principal obstáculo técnico para a implantação e operação de um sistema de integração da manufatura refere-se à incompatibilidade inerente entre sistemas de diferentes fornecedores. Não existe uma solução simples para este caso. O CIM é uma estratégia empresarial, e não um produto que pode ser simplesmente adquirido. Apesar de existir um grande número de empresas que atuam no mercado de automação industrial, até agora nenhuma delas está na posição de oferecer toda a gama de serviços e equipamentos. Com isso, usuários e fornecedores vem tentando encontrar soluções para este problema nas mais variadas formas: formando *joint-ventures* ou consórcios entre si; usando integradores de sistemas para montar o pacote no estabelecimento do cliente; com os próprios clientes reduzindo o escopo do projeto de modo que um único fornecedor possa realmente dar conta do fornecimento de todo sistema; ou simplesmente através do próprio usuário conduzindo a parte do projeto que o fornecedor não possa suprir, como manutenção, configuração, entre outros. Neste último caso há a necessidade de prévia capacitação da equipe que irá conduzir estas etapas.

V.1.1.4- Organização do Trabalho.

Como foi discutido anteriormente, um dos desafios impostos pela implantação de novas tecnologias é que, ao mesmo tempo, novas habilidades são necessárias para sustentá-las. Cada vez mais a tendência em se relacionar habilidades fixas com funções únicas vem se voltando na direção de se procurar capacitar trabalhadores com habilidades múltiplas e flexibilidade na sua utilização.

Isto, por sua vez, levanta questões sobre os modelos da organização do trabalho e da importância em se abandonar um sistema que dá ênfase à divisão do trabalho e à fragmentação de tarefas num contexto onde a tecnologia está se movendo essencialmente na direção contrária, no sentido de uma integração maior. O novo modelo nos oferece várias abordagens alternativas, especialmente no uso de mão-de-obra multiespecializada em equipes dentro de células de manufatura (Tópico IV.1.2).

V.1.1.5- Estratégia Empresarial.

A noção de CIM como uma ferramenta estratégica não está simplesmente associada com sua capacidade em oferecer um modelo de estratégia de produção pertinente ao ambiente industrial deste final de século. Ele requer fundamentalmente a existência de um planejamento estratégico de longo prazo para sustentar sua implementação. Ele ainda não pode ser adquirido a partir de um único fornecedor, como foi visto, mas deve ser construído de modo sistemático, gradualmente interligando as ilhas de automação, caso existentes, e formando os seus níveis hierárquicos paulatinamente. Isto requer uma reavaliação das necessidades de informação e das estruturas de controle através de toda organização.

Desenvolver um planejamento estratégico deste quilate envolve, assim como no caso da disponibilidade financeira, um alto grau de comprometimento da alta gerência. O conceito de CIM não deve ser encarado como mais um item tecnológico cujas especificações e justificativas de gastos possam ser simplesmente deixadas a cargo dos engenheiros de produção. Firms que modificaram profundamente sua estrutura corporativa com sucesso, através de integração de sistemas, sempre deram uma grande ênfase ao considerável gasto de tempo e de recursos usados no planejam-

das principais causas de insucesso nesta área é a falta de objetivos estratégicos claros sustentados por um planejamento detalhado.

V.1.2- Comentários Adicionais.

Apesar da característica eminentemente estratégica que o CIM deve adquirir, sua aplicação ganha, muitas vezes, um caráter extremamente rígido, o que se contrapõe à intenção de flexibilidade que ele traz consigo. Esta abordagem mecânica, onde a máquina se sobrepõe a um sistema mais orgânico e integrado, vem sendo criticada devido às suas limitações quanto a introdução de novos arranjos, de modo a flexibilizar o processo produtivo. Zamberlan e Lianza [65] citam Butera para fazer esta diferenciação: enquanto o modelo mecânico determina uma burocracia hierárquica, com uma divisão de trabalho imposta de tal modo que os homens funcionam como partes recambiáveis das organizações, o modelo orgânico estabelece uma rede de sistemas auto-regulados com papéis profissionais baseados sobre mínima especificação crítica, recursos humanos como componentes do sistema e uma cultura de interação e soluções. A perspectiva de se encontrar uma solução para o problema da rigidez do CIM levou ao desenvolvimento da abordagem antropocêntrica, expressa pelo CHIM, que será estudada no tópico seguinte. Corbett *et alli* [19], por exemplo, propõem: “A debilidade expressa no modelo mecânico não o torna obsoleto ou totalmente errado. Significa, entretanto, que ele é claramente insuficiente como única perspectiva de implementação de novas tecnologias no mundo do trabalho. É necessária uma maior consciência dos seus limites e permitir outras perspectivas para influenciar o desenvolvimento”.

Segre [50] assinala os principais problemas dos sistemas tecnocêntricos a partir de experiências em países centrais:

- A relação custo / benefício, devido aos grandes investimentos em hardware e software e a sérios problemas de confiabilidade. Problema especialmente grave para as pequenas e médias empresas que não possuem grandes recursos financeiros e para as quais a adoção de novas tecnologias implica em riscos elevados.
- A relativa rigidez dos sistemas denominados flexíveis, tanto em relação a modificações em produtos e quantidades a produzir, como na possibilidade de inovação de processos que implicam mudança do sistema informático.

- O perigo da perda da capacidade de inovação pela perda da criatividade humana.
- A demanda por qualificações não existentes e a exclusão das existentes”.

Para complementar, duas coisas devem ser concluídas a respeito do CIM. Em primeiro lugar ele não é um produto final, que esteja disponível numa prateleira. Mais do que isto, ele é um conceito. Os pontos de integração, o nível da integração, as características operacionais, tudo faz parte de uma decisão local relacionada a contingências específicas das particularidades da empresa. Uma implementação bem sucedida de um sistema CIM depende desta compreensão ampla e de uma estratégia bem definida para relacionar estas características às necessidades do negócio. O segundo ponto é que, como se procurou demonstrar, não se deve entender “tecnologia” apenas fisicamente, como computadores ou redes de comunicação. Também devem ser incluídas, ao lado destes exemplos, novas práticas gerenciais, organização do trabalho, entre outras, que também auxiliam as empresas a cumprir suas metas corporativas.

V.2- CHIM.

O conceito de CHIM - alguns autores, como Badham [4], referem-se a ele como HC CIM (*Human-Centered Computer Integrated Manufacturing*) - surgiu no final da década de 1980 na Europa, como uma abordagem alternativa ao tecnocentrismo inerente à definição clássica do CIM. O primeiro passo neste sentido foi dado pelo FAST (*Forecasting and Assessment in Science and Technology*), programa implantado em 1984 pela União Européia para a definição das suas prioridades estratégicas nas áreas de pesquisa e tecnologia. Dentre as principais conclusões do programa encontra-se a posição de destaque estratégico que os recursos humanos deveriam ocupar para alavancar o crescimento econômico europeu (Zamberlan e Lianza [65]). Em 1989 um grupo liderado por Michael Cooley elaborou um documento intitulado “European competitiveness in the 21st century: the integration of work, culture and technology” - o chamado Relatório Cooley -, definindo os principais pensamentos da abordagem antropocêntrica, que considera, de acordo com Garibaldi [31], “(...) que a Europa deve concentrar-se em áreas produtivas de fronteira que requeiram flexibilidade produtiva e uma força de trabalho qualificada”.

Seguindo estritamente sua definição, o CHIM preconiza um modelo de integração entre as atividades produtivas e administrativas da fábrica onde a capacidade humana - e não apenas os equipamentos e sistemas criados a partir do desenvolvimento da tecnologia da informação - surge como o principal fator para se alcançar a flexibilidade da organização. É a visão antropocêntrica, onde a organização das tecnologias existentes na fábrica age como catalisador para a ampliação da capacidade de atuação humana, em detrimento do tecnocentrismo, que prevê a substituição desta capacidade pela máquina. Garibaldo [31] chega a propor uma comparação entre as características do CIM e do CHIM, levando em conta a dualidade tecnocentrismo x antropocentrismo (Tabela V.1).

De acordo com esta linha, Fleck [27] destaca que as transformações tecnológicas que vêm ocorrendo no meio produtivo são eminentemente configuracionais. Em outras palavras, seus elementos são de natureza distinta e podem ser arranjados da forma que melhor atender às necessidades da organização. Ele separa estes componentes em dois grandes grupos: “(...) componentes de alta tecnologia, como robôs, CAD e EDI; e componentes de baixa tecnologia, como os modelos de organização do trabalho, planejamento *just-in-time*, Gerenciamento da Qualidade Total, e vários grupos internos de conhecimento e especialização”.

Badham [4], por sua vez, oferece a idéia da fábrica integrada através das habilidades sócio-técnicas, onde “(...) a introdução de tecnologias flexíveis e integradas num ambiente industrial de crescente incerteza resulta num aumento das habilidades e responsabilidades dos trabalhadores e no aumento da importância do trabalho em grupo”, conflitando, segundo ele, com a descrição da “fábrica do futuro” - as chamadas fábricas sem trabalhadores. Em conjunto, o autor lista cinco qualidades gerais dos sistemas HC CIM:

1. Eles aceitam a habilidade presente no usuário e permitem que ela se desenvolva, ao invés de incorporá-la ao maquinário e subseqüentemente retirá-la do ser humano;
2. Eles permitem um grau de liberdade maior para que os usuários modelem seus próprios comportamentos e objetivos no ambiente de trabalho, aumentando com isso o grau de controle do ser humano sobre a tecnologia utilizada, e não o contrário;

CIM	CHIM
1. Voltada a uma produção em massa.	1. Voltada tanto a uma produção em massa como para pequena escala.
2. Fundamentada sobre um potencial técnico.	2. Fundamentada sobre o trabalho qualificado.
3. Predominância de ferramentais. Presença relativa de trabalho indireto.	3. Contribuição significativa do trabalho direto.
4. Projeto pré-determinado.	4. Projetação modular com a participação dos usuários.
5. Organização da produção pré-determinada.	5. Organização da produção adaptativa e flexível.
6. Uma completa integração técnica.	6. Integração fundamentada em um contexto favorável a decisões autônomas descentralizadas.
7. Uma automação fortemente padronizada.	7. Uma utilização da automação flexível como ferramenta.
8. Processo produtivo sob controle computadorizado / controle padronizado.	8. Processo produtivo controlado por seres humanos. Controle mais freqüente e com maior profundidade.
9. “Filosofia” dominante: predominância da engenhoarização tecnológica.	9. “Filosofia” dominante: a capacidade.

Tabela V.1- Comparação entre CIM e CHIM.

3. Eles unem os componentes de planejamento, execução e monitorização do trabalho, permitindo questionar a divisão do trabalho já estabelecida;
4. Eles encorajam a comunicação social, formal e informal, entre os usuários;
5. Eles geralmente provêem um ambiente de trabalho saudável, seguro e eficiente.

Estes pontos ressaltam a importância da democratização do relacionamento entre empregados e empregadores e a necessidade de um novo ambiente de trabalho, onde os funcionários tenham poder para encontrar a melhor configuração para as suas necessidades. Isto requer a criação

de uma nova cultura nas políticas de Recursos Humanos e Relações Industriais.

O CHIM se estruturou basicamente como uma crítica a um modelo rígido estabelecido para o CIM, que determinava que todas as tarefas desenvolvidas dentro da fábrica seriam automatizadas - as “fábricas sem operários” (Davenport [22]). No entanto, ao se estipular um modelo rígido para o CIM, não são levadas em conta algumas de suas características básicas, como a sua capacidade de aparecer em inúmeras configurações diferentes. Sima *et alli* [51], por exemplo, escrevem que: “É comum encontrar pessoas que confundem CIM com CAD / CAM ou robótica, ou ainda com fábrica sem operários, com tudo controlado por computador, ou mais grave, associar CIM a fábricas ‘escuras’, com a demissão em massa dos funcionários, quando ocorre exatamente o contrário, ou seja, uma maior valorização da mão-de-obra”. Cabe lembrar também que o conceito de CHIM surgiu na Europa, onde o perfil educacional e cultural da população permite que a abordagem antropocêntrica tenha maiores chances de sucesso. Além disso, o CIM não pode ser encarado como um bem de consumo específico. Segundo o projeto CIM-COPPE, por exemplo, ele é “(...) um padrão contemporâneo de organização da produção. O CIM enquanto metodologia fornece subsídios para a estratégia de produção das empresas, dando às plantas industriais características de adaptabilidade, versatilidade, flexibilidade e alterabilidade. O CIM, deste modo descrito, é um meio de se alcançar um padrão competitivo de produtividade e qualidade industriais” (Valle [59]). A visão antropocêntrica, portanto, se preocupou em realizar a crítica da conceituação que foi primariamente atribuída ao CIM, ou seja, de um sistema que transferia as habilidades manuais e intelectuais dos operários para a máquina. Zamberlan e Lianza [65], entretanto, colocam que “(...) o debate deve basear-se em termos mais precisos pois, na prática, dificilmente a força de trabalho será totalmente passiva ou totalmente ativa num dado sistema de produção”. O conceito de CHIM é útil, no entanto, ao ser inserido na discussão da transição do padrão tecno-organizacional fordista, como vem ocorrendo. Isto é resultado da diversidade de conceitos existente na definição do novo padrão e do papel significativo do ser humano dentro da flexibilização da produção, principalmente nas questões da educação e do treinamento, e das relações industriais.

Finalizada a parte teórica deste trabalho, o capítulo seguinte tratará do estudo de caso realizado na Unipar Divisão Química. Inicialmente será traçado um rápido perfil das indústrias petroquímicas brasileiras, com o seu histórico e a sua situação atual, especialmente no que diz respeito à área de automação industrial, de modo a situar a realidade brasileira. Ao final do capítulo serão discutidas as principais conclusões sobre o estudo de caso em relação ao projeto de modernização da Unipar.

VI- INDÚSTRIA PETROQUÍMICA: UM ESTUDO DE CASO.

O ramo petroquímico é tratado com destaque neste trabalho por ser um dos que mais se desenvolveram tecnologicamente no Brasil em termos de automação industrial. No setor estatal isto se deu graças à intervenção governamental, que investiu em indústrias básicas e dotou-as, ao menos na época de sua partida, de uma excelente estrutura na área de controle de processos. Já o setor privado direcionou seus investimentos de acordo com as suas necessidades, devido às facilidades encontradas no período em que vigorava a reserva de mercado. Foi neste setor que surgiram os primeiros sistemas baseados na tecnologia de informação. Após a abertura do mercado às importações, e com o processo de privatização em curso, vem se observando um grande salto em busca de competitividade efetuado pelas empresas privadas, devido aos padrões impostos pela concorrência mundial, ao mesmo tempo que as empresas estatais, por falta de investimento, têm mais dificuldade em acompanhar esta situação. A seguir é discutido o conceito de indústria petroquímica e o surgimento e desenvolvimento deste setor no Brasil, especialmente no que diz respeito à área de automação industrial.

VI.1- Definição de Indústria Petroquímica.

A palavra “petroquímico” deriva do vocábulo inglês *petrochemical* cuja origem, nos Estados Unidos, data do início deste século. O termo *chemical* significa produto químico e o prefixo *petro* origina-se da palavra *petroleum* (petróleo). Este, por sua vez, vem do neologismo que significa “óleo de pedra” - nome usado para distingui-lo dos óleos vegetais e das gorduras animais - e tem o início de sua exploração comercial datado de 1854 (Yergin [63]), inicialmente na forma de querosene, sendo usado nas lâmpadas incandescentes de iluminação de vias públicas. Mais tarde, derrubou o carvão como fonte de energia industrial. Mas foi como gasolina, a partir do advento da indústria automobilística, que o petróleo ganhou seu impulso decisivo. Deste modo, criou-se uma palavra para designar os produtos químicos derivados do petróleo.

Entretanto existe uma controvérsia no que diz respeito à existência de uma única definição que delimite o campo da petroquímica dentro da Indústria Química (Plachta [44]). O petróleo e o gás natural não podem

ser, *a priori*, considerados como as únicas fontes supridoras de matérias primas básicas para todas as indústrias desta área. Um caso clássico que exemplifica este fato inclui o eteno, importante produto petroquímico, e o álcool etílico. Tanto o eteno pode ser produzido a partir do álcool etílico quanto o álcool etílico pode ser obtido a partir do eteno. A oferta e a procura de cada um em uma determinada região é o que determina qual deles servirá de matéria prima para o outro. Normalmente, dá-se a designação de produtos petroquímicos somente àqueles compostos obtidos diretamente de processos químicos de transformação dos hidrocarbonetos básicos, derivados de frações do petróleo ou do gás natural, que são basicamente a nafta, a gasolina e o GLP (Gás Liquefeito de Petróleo). Os compostos obtidos daí em diante são classificados simplesmente como produtos químicos, pois a escolha da fonte supridora de matéria prima pode passar a depender apenas das condições econômicas do local de produção.

Quanto ao seu processo de transformação, as indústrias petroquímicas normalmente são dividida em três categorias (Guimarães e Castro [33]): básicas, intermediárias e finais. Indústrias petroquímicas básicas são aquelas que fabricam a primeira geração de compostos a partir da nafta, sendo as olefinas - como o eteno, o propeno e o buteno - e os aromáticos - como o benzeno, o tolueno e o xileno - seus principais produtos. Estes vão se constituir nas matérias primas das indústrias petroquímicas intermediárias, que fabricam produtos petroquímicos de segunda geração - entre eles o cumeno, o óxido de eteno, o óxido de propeno, o estireno e o anidrido ftálico. Fechando a cadeia de transformação petroquímica, os produtos de segunda geração são matéria prima para as indústrias petroquímicas finais, fabricantes de produtos petroquímicos de terceira geração - destacando-se o polietileno, o poliéster, o nylon e o PVC, entre outros. A partir daí os produtos finais passam a servir como matéria prima para praticamente todos os outros segmentos industriais - como o farmacêutico, o têxtil, o de construção, etc. - integrando o petróleo aos mais variados ramos da sociedade de consumo.

As indústrias petroquímicas, em especial as de primeira e segunda geração, são fortemente reguladas pela escala de sua produção. Ou seja, a sua rentabilidade é diretamente proporcional à capacidade de maximizar a obtenção de seus produtos. Isto se deve ao fato de que estes produtos geralmente possuem um baixo nível de variação nominal permissível, a

partir de suas especificações. Assim sendo, as indústrias petroquímicas são extremamente dependentes de desenvolvimento científico e aperfeiçoamento tecnológico como forma de assegurar a sua competitividade. A partir daí entende-se a necessidade de aperfeiçoamento da precisão do controle e da monitorização da produção e de grandes investimentos em tecnologia da informação, pois o processo precisa ser permanentemente acompanhado e corrigido, de modo a evitar riscos de perda de especificação do produto.

VI.2- A Indústria Petroquímica no Brasil.

VI.2.1- Histórico da Indústria Petroquímica Brasileira.

No Brasil, apesar da existência da atividade de refino do petróleo desde 1932, o início da indústria petroquímica data de 1952, com a construção de uma fábrica de fertilizantes em Cubatão. No ano seguinte, o CNP (Conselho Nacional de Petróleo), órgão criado em 1938 para regulamentar a exploração de petróleo em território nacional, criou a Comissão Especial da Indústria Petroquímica, convocando os interessados no aproveitamento dos gases residuais de suas duas refinarias, na época existentes: Mataripe, na Bahia, e Cubatão, em São Paulo. Nesta época, apesar da criação da Petrobrás, o CNP emitiu uma resolução onde estabelecia que o monopólio da União não se estenderia à indústria petroquímica, cabendo tanto quanto possível à iniciativa privada. Vários grupos nacionais (Rosemberg, Matarazzo, etc.) e estrangeiros (Union Carbide, Solvay, Bunge y Borne, etc.) construíram fábricas neste período. No entanto, devido à sua incipiência e conseqüente falta de matéria prima disponível, a Petrobrás entrou no mercado petroquímico com o objetivo de regular a cadeia produtiva, abrindo fábricas nos mais variados ramos da petroquímica básica.

O início da década de 1960 foi marcado pelo fortalecimento da posição do Estado no setor, resultante de uma ação executiva crescente, decorrente da expansão da Petrobrás. Aliado a isto, ocorreu um retraimento da iniciativa privada, tanto nacional quanto estrangeira, em conseqüência do clima político da época, marcado por movimentos de caráter nacionalista e favoráveis a uma maior presença estatal na economia. Este clima político conduziu, em março de 1964, ao decreto que declarou de utilidade pública, para fins de desapropriação em favor da Petrobrás, as ações das empresas privadas de refino de petróleo. No entanto, com a revogação deste decreto

em julho de 1965, o Estado voltava-se para funções de planejamento macroeconômico, tornando a deixar a função executiva para a iniciativa privada.

O clima político, novamente favorável à iniciativa privada, conduziu à apresentação de um importante projeto. Grupos privados nacionais, liderados pelos acionistas da refinaria de Capuava, em Santo André, região do ABC paulista, manifestaram a intenção de construir uma fábrica de eteno a partir da nafta produzida por esta refinaria, daí nascendo o projeto da Petroquímica União, que se tornaria a primeira empresa petroquímica básica do Brasil. O grupo nacional foi buscar suporte técnico e financeiro adicional em grupos estrangeiros, desejosos de participar do desenvolvimento da petroquímica brasileira. Este momento marca o ingresso, no cenário da indústria petroquímica, de grupos privados nacionais de maior expressão empresarial, e o rompimento de barreiras para a associação de grupos privados nacionais e estrangeiros. Com isto surgiu o embrião do Complexo Petroquímico de São Paulo, que gradualmente foi ganhando grandes proporções, exigindo um considerável esforço financeiro e gerencial dos grupos empreendedores. Dificuldades financeiras fizeram com que os grupos participantes do projeto de implantação da Petroquímica União fossem buscar auxílio no Estado.

A indústria petroquímica brasileira, que havia dado passos importantes para sua efetiva implantação, encontrava-se num impasse, cuja solução dependia da participação ativa da Petrobrás. Entretanto, esta não podia associar-se legalmente a qualquer empreendimento nem a grupos estrangeiros, mesmo que majoritariamente. Para contornar este impasse, em dezembro de 1967 o governo autorizou a Petrobrás a constituir uma subsidiária, a Petroquisa, que poderia associar-se a empresas nacionais ou estrangeiras, mesmo em caráter minoritário, para desenvolver a indústria petroquímica no Brasil. A Petroquisa foi então constituída em março de 1968 e, além de receber os investimentos petroquímicos autônomos da Petrobrás - fábrica de borracha sintética de Duque de Caxias, fábrica de fertilizantes de Cubatão e fábrica de amônia e uréia da Bahia - associou-se também a alguns empreendimentos do nascente pólo petroquímico de São Paulo, dentre os quais a própria Petroquímica União. Neste período, portanto, foram lançadas as bases de um esquema de participação conjunta do Estado e de gru-

pos privados nacionais e estrangeiros, que viria a se transformar no elemento impulsionador do desenvolvimento da petroquímica brasileira.

Com a consolidação do pólo petroquímico de São Paulo, no início da década de 1970, a Petroquisa lançou-se no projeto de criação dos outros dois pólos existentes no Brasil, o de Camaçari, na Bahia, e o de Triunfo, no Rio Grande do Sul. Desta vez, as empresas petroquímicas básicas - respectivamente Copene e Copesul - seriam implantadas como subsidiárias da Petroquisa, sem participação acionária de qualquer outra empresa privada, fosse ela nacional ou estrangeira. Na constituição das empresas que iriam implantar as indústrias intermediárias nos pólos consolidou-se o chamado modelo tripartite, ou “modelo-a-três”, como também ficou conhecido. Este modelo teve duas regras básicas: a maior parte do capital deveria ser de origem nacional; e a participação estatal nunca poderia ser inferior a qualquer outro acionista. A participação estatal foi consubstanciada através da Petroquisa e a participação estrangeira através dos licenciadores da tecnologia utilizada para cada empreendimento, completando-se o quadro através da presença de grupos privados nacionais. O esquema visava garantir, simultaneamente, o controle nacional e a participação do setor privado, além de engajar o licenciador estrangeiro da tecnologia no risco do empreendimento. É importante notar, entretanto, que nem todas as indústrias petroquímicas intermediárias foram instalados dentro do modelo tripartite. Uma minoria era composta de capital exclusivamente nacional.

De acordo com Plachta [44], este quadro manteve-se praticamente inalterado até o início da década de 1990, já que o programa de privatização, iniciado durante o governo Collor, vem acabando com a participação do Estado no setor petroquímico. Neste novo contexto, as grandes beneficiadas foram as empresas privadas de capital nacional, pois elas foram as únicas autorizadas a participar dos leilões de privatização que vêm sendo efetuados. No entanto, alguns obstáculos se impõem neste momento aos principais empreendedores na área petroquímica. Inicialmente, o estado de penúria e o atraso tecnológico em que se encontram algumas das principais empresas petroquímicas estatais - destacando-se neste caso a Petroquímica União, que conta com um elevadíssimo passivo ambiental - como resultado da falta de um plano de investimentos adequado por parte do governo brasileiro. Além disto, surgiram problemas com a abertura de mercado abruptamente realizada, sem que houvesse, em conjunto, a regulamentação

ção necessária para proibir práticas abusivas, como o *dumping*. A forte retração da demanda nacional e internacional, observada até 1993, também contribuiu para esta situação. Complementando o quadro, surge uma crescente tendência à cartelização, a nível internacional, da área de *commodities* - onde se inclui o segmento petroquímico - gerando previsões que incluem a centralização deste tipo de indústrias em locais de fácil acesso às matérias primas - no caso petroquímico, o Oriente Médio e a Rússia.

VI.2.2- Situação Atual da Indústria Petroquímica Brasileira.

A implantação da indústria petroquímica no Brasil se deu de modo significativo, num período relativamente recente, ocorrendo por via diversa daquela dos Estados Unidos e dos principais países da Europa Ocidental, onde este segmento industrial teve um processo de desenvolvimento que propiciou a sedimentação dos conhecimentos tecnológicos nos três âmbitos de aplicação: produto, processo e controle de processo (Tópico I.2). A instalação do parque petroquímico brasileiro baseou-se na política nacionalista de substituição de importações, e teve como elemento impulsionador a presença do Estado, através da Petroquisa, em associação com grupos privados nacionais e estrangeiros.

Em termos gerais, o quadro atual da indústria petroquímica no Brasil é o seguinte:

- O parque industrial é formado por inúmeras empresas de porte modesto e, em grande parte, monoprodutoras, resultando em deseconomias de escala e gerenciais, que, associadas a todo um elenco de deseconomias externas - custos elevados de investimento e de financiamento de longo prazo, custos onerosos de transporte, de distribuição e portuários, carga fiscal excessiva -, comprometem a competitividade de boa parte deste segmento em bases internacionais.
- A capacitação da tecnologia produtiva do setor, comparativamente com concorrentes externos, ainda é incipiente, com significativa dependência estrangeira na área de processos químicos, refletindo o reduzido nível de investimentos em tecnologia, fruto da pulverização dos esforços de pesquisa e da inexistência de massa crítica para Pesquisa e Desenvolvimento por parte das empresas. Ainda assim, Castro e Guimarães [15] colocam que, em certas ocasiões, “(...) a petroquímica brasileira empreendeu um esforço significativo no sentido de dominar a tecnologia associada ao

processo, ampliando a capacidade produtiva dos equipamentos básicos de forma algumas vezes surpreendente”, e citam como exemplo empresas - sem citar nomes - do pólo de Camaçari que ampliaram a capacidade produtiva das suas plantas em até 50% além da capacidade prevista em projeto.

- As tecnologias de automação utilizadas situam-se num considerável nível de atualização, mas correm o risco de progressiva obsolescência se não for realizado um adequado esforço de investimento no sentido de sua renovação.
- A grande força de sustentação da indústria petroquímica brasileira reside no porte expressivo e elevado potencial de crescimento do mercado interno. Por outro lado, num contexto de abertura da economia, tais características podem representar um ponto de atração internacional, de modo que o mercado doméstico passaria a ser um alvo crescente dos excedentes da produção mundial.
- Até o início da década de 1990, o setor apresentou fraco desempenho, com acumulação de prejuízos elevados, em decorrência de vários fatores, cabendo destacar, segundo Plachta [44]: em primeiro lugar, como parte integrante do quadro recessivo da economia nacional, a forte retração do mercado interno, que, conjugada com a superoferta de produtos a nível mundial, impacta negativamente nos preços e volumes de venda, com a compressão das margens das empresas; além disto, a abertura da economia brasileira, com a redução progressiva das alíquotas de importação, a qual, sem se fazer acompanhar de mecanismos adequados para neutralizar a prática de *dumping*, tem permitido a invasão de alguns segmentos por produtos estrangeiros.
- Atualmente, devido ao aquecimento do mercado - tanto o doméstico quanto o internacional -, as indústrias petroquímicas nacionais estão conseguindo voltar a realizar lucros. Este fato se deve basicamente ao aumento da demanda por bens de consumo, que têm produtos petroquímicos entre os seus insumos.

VI.2.3- Desenvolvimento Tecnológico da Indústria Petroquímica Brasileira.

Até o início da década de 1970, longe do controle centralizado do Estado, o desenvolvimento tecnológico alcançado pelas indústrias petroquímicas brasileiras vinha sendo desencadeado ao sabor de esforços isola-

dos, com praticamente nenhuma planificação. Neste período destacaram-se somente as empresas estatais que, por seu porte mais robusto, mostravam-se em condições de dar maior ênfase à formação de quadros técnicos e iniciar a implantação de estruturas estáveis de pesquisa e de engenharia.

A primeira orientação governamental para a abordagem do problema de buscar maior capacitação em tecnologia de projeto veio embutida na adoção do “modelo-a-três”. Ele trazia a esperança de que a convivência societária com o licenciador estrangeiro facilitasse a transferência de tecnologia à empresa nacional. Esta esperança não se confirmou porque a empresa estrangeira assumiu uma posição dualista, de participante de projeto e vendedora de tecnologia. Escudada na sua participação societária, ela pôde conseguir condições contratuais favoráveis no que tange à proteção de sua tecnologia. Apenas em meados da década de 1970 iniciaram-se ações governamentais para planificação de desenvolvimento tecnológico nacional, através da definição de diretrizes e projetos, como os Planos Básicos de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (I PBDCT e II PBDCT) em 1973 e 1976.

A instalação do primeiro pólo petroquímico no Brasil baseou-se numa tecnologia de instrumentação para controle de processo pneumática, razoavelmente estável desde a década de 1950. Esta estabilidade era em muito decorrente da confiabilidade e da segurança que o sistema de controle analógico proporcionava, mas que, no entanto, verificava um desenvolvimento técnico decadente àquela altura (Tópico II.3.1). Com o advento da tecnologia eletrônica / digital na instrumentação de controle de processos tendo sido verificado quase que simultaneamente à crise econômica e institucional que afetou o Estado brasileiro, foi tomando lugar uma defasagem crescente entre as empresas de capital privado e o conjunto de empresas estatais no pólo petroquímico de Capuava. Enquanto as primeiras, por possuírem maior grau de liberdade na sua atuação empresarial, conseguiram se modernizar razoavelmente bem, as outras, devido principalmente às restrições orçamentárias a que se viram sujeitas, viram envelhecer os seus projetos de renovação tecnológica. Devido a este problema, a própria Petroquímica União, que foi a primeira empresa do seu ramo a agir junto à SEI³, visando modernizar sua instrumentação mediante a implantação de SDCDs,

³ Secretaria Especial de Informática, órgão que regulava a política de informática e, em particular, controlava os investimentos externos na área de informática.

teve seus planos atrasados por praticamente dez anos. Esta situação chegou a um ponto de tal criticidade para a empresa que, a partir do final da década de 1980, a necessidade de modernização passou a responder não somente à exigência de se melhorar o processo produtivo, mas também à necessidade de se conter os problemas decorrentes da obsolescência da tecnologia de controle de processo, que se via gravemente ameaçada pela ausência de componentes de reposição.

A partir do movimento de privatização das petroquímicas estatais espera-se que haja a retomada de investimentos necessários para que estas indústrias, que são por definição fortemente dependentes da qualidade de suas instalações, possam estar em condições de produzir com qualidade para enfrentar concorrência interna e externa. Este movimento pela produtividade e qualidade nas indústrias petroquímicas, inclusive, já vem sendo sentido nos últimos anos. É bastante grande o número de empresas que está investindo em modernização tecnológica e qualidade.

VI.2.4- Situação Atual da Automação Industrial na Indústria Petroquímica Brasileira.

Este tópico se baseia em documento apresentado pela Comissão de Automação Industrial da ABIQUIM (Associação Brasileira de Indústrias Químicas), e, em que pese seus associados representarem empresas ligadas a outros grupos químicos que não expressamente o petroquímico - por exemplo, farmacêutico, alimentício, entre outros -, os resultados desta pesquisa dão uma idéia abrangente de como se apresentam as tendências de mercado na área de automação industrial para controle de processos contínuos. O trabalho, segundo a ABIQUIM, teve por objetivo avaliar a situação do parque instalado de instrumentação e controle de processos em 1992, compará-lo com os dados de outras pesquisas semelhantes, realizadas em 1989 e 1991, e analisar as perspectivas para o setor químico e petroquímico até 1995. A pesquisa foi realizada através de questionário distribuído a todos seus associados, que representam 75% do parque instalado do setor, além da Petrobrás, o que aumenta consideravelmente a representatividade da pesquisa. A seguir são apresentados, em forma de gráficos (Gráficos VI.1, VI.2, VI.3 e VI.4), os principais resultados desta pesquisa.

Tecnologia de Sistemas de Controle

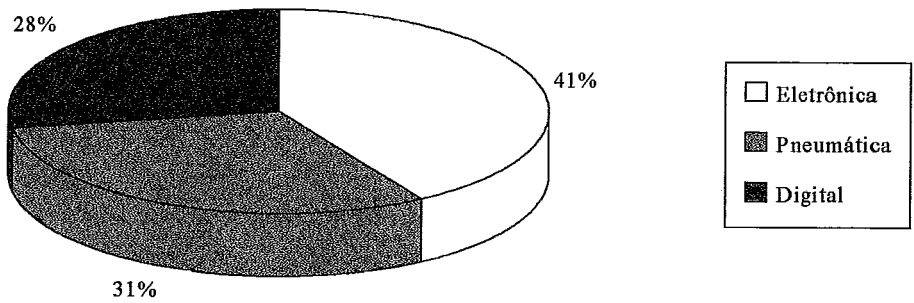


Gráfico VI.1- Tecnologia instalada (1992).

Tecnologia de Sistemas de Controle

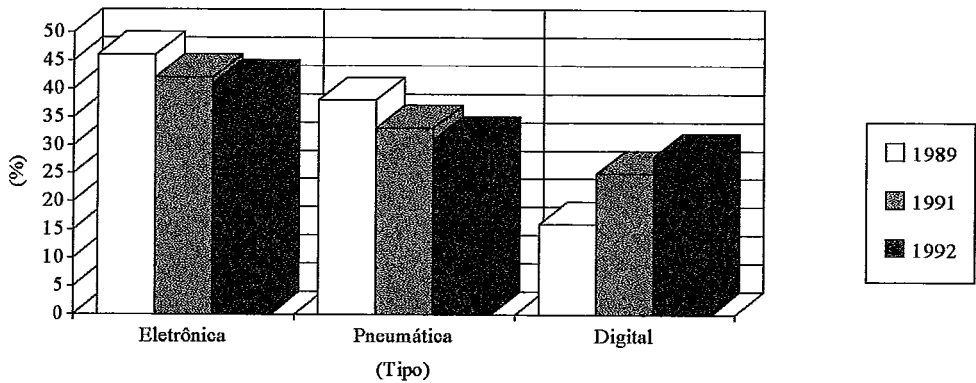


Gráfico VI.2- Evolução da tecnologia instalada por tipo (1989 - 1992).

Tecnologia de Sistemas de Controle

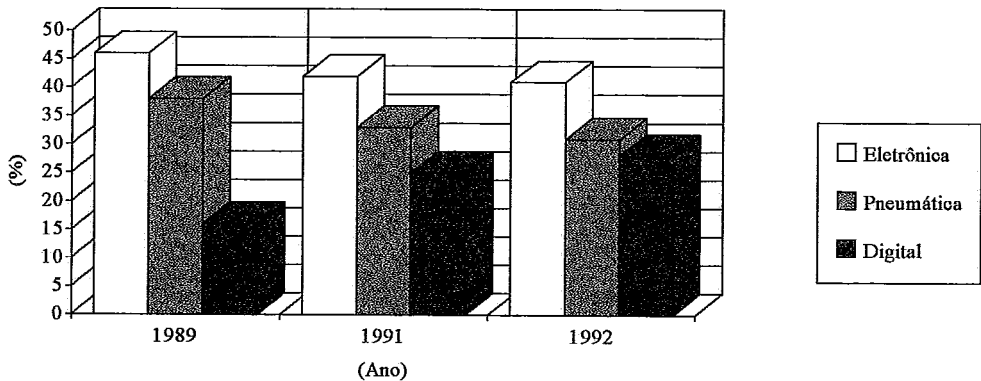
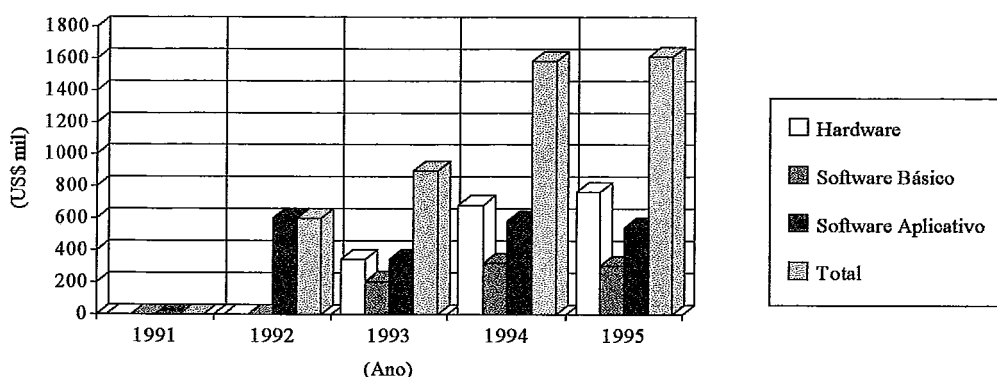


Gráfico VI.3- Evolução da tecnologia instalada por ano (1989 - 1992).

Investimento em Computadores de Processo



Nota- 1993 a 1995: estimativa.

Gráfico VI.4- Investimentos (1991 - 1995).

Apesar de se observar um ligeiro decréscimo em relação aos anos anteriores, ainda permanece uma continuidade das instalações com instrumentação pneumática para controle de processo. Um dos fatores que contribuíram para esta situação é que algumas indústrias ainda consideram este tipo de instalação mais confiável. A ABIQUIM, no entanto, acredita que um dos fatores principais foi a reserva de mercado, que retardou bastante a chegada de produtos com tecnologia mais madura ao Brasil. Cabe salientar que existiam produtos nacionais similares, protegidos portanto pela reserva de mercado, mas que, como todos aqueles artigos que se beneficiaram desta reserva e não enfrentavam concorrência estrangeira, não receberam investimentos na qualidade dos seus produtos e, com isso, não conseguiram acompanhar a evolução tecnológica, vindo daí sua falta de confiabilidade. Quando a tecnologia ficou disponível seu preço era elevado e o país se encontrava numa forte recessão de demanda, devido ao plano econômico do governo Collor. A quebra da reserva de mercado vem se mostrando importante para duas mudanças que vêm gradativamente ocorrendo: a crescente capacitação da indústria de produtos de automação industrial nacional, face ao maior intercâmbio com empresas estrangeiras, e o achatamento dos preços dos produtos, graças ao aumento da concorrência. Um exemplo interessante é a Smar Equipamentos Industriais, fabricante de instrumentos para automação industrial, localizada em Sertãozinho, interior de São Paulo. Há dez anos atrás fabricava transmissores de sinal eletrônico e tinha como mercado cativo um conjunto de empresas produtoras de álcool e açúcar. Hoje,

graças a investimentos em produtividade e qualidade, é uma multinacional, com fábricas nos Estados Unidos e na Europa, e representação comercial em todos os continentes.

O relatório final, entretanto, conclui que o aumento da utilização de tecnologia digital nas indústrias do setor foi rápido, motivo de uma visão otimista para o futuro por parte da comissão que organizou este relatório. Não obstante a instrumentação pneumática ocupar a segunda colocação em termos de tecnologia instalada e apresentar uma tendência à diminuição, a conclusão do relatório parece um tanto precipitada, ainda mais quando se introduz a tecnologia eletrônica na comparação. Mesmo este tipo, que se coloca num patamar tecnológico intermediário entre o pneumático e o digital, começa a ter seu uso abandonado nas principais indústrias dos países desenvolvidos em favor da tecnologia digital. No Brasil, a tendência é a passagem direta da tecnologia pneumática para a tecnologia digital, a medida que ela for angariando a confiança das empresas, e também uma gradual substituição, num prazo mais longo, da tecnologia eletrônica. O grande problema, neste caso, é o grau de obsolescência que os equipamentos mais antigos podem alcançar, gerando problemas de continuidade operacional e de segurança nas plantas (Tópico VI.2.2). Este fato se torna ainda mais grave se for levado em conta que vários instrumentos de tecnologia mais antiga já tiveram sua produção descontinuada, o que acarreta falta de peças de reposição.

Carvalho [13] escreve a este respeito: “Embora a difusão de equipamentos industriais eletrônicos tenha sido relativamente rápida nas indústrias de processo brasileiras, elas ainda estão longe de conseguir tirar proveito dos benefícios tecnológicos e econômicos potenciais. Nas indústrias petroquímicas a adoção de sistemas de controle digital (baseados na tecnologia da informação) foi considerada majoritariamente como uma solução para os problemas resultantes da safra anterior de equipamentos de controle disponível no Brasil, ao invés de uma estratégia tecnológica para alavancar a posição competitiva das firmas. Os determinantes principais desta situação foram a fragilidade tecnológica, tanto de usuários como de fornecedores, e a falta de suporte institucional no processo de difusão”.

A seguir é transcrito o trecho final do relatório, que mostra o pensamento que a ABIQUIM tem a respeito da evolução tecnológica das

indústrias químicas e petroquímicas no Brasil: “Parece-nos que as empresas perceberam a necessidade de investir em tecnologias avançadas de automação, para fazer frente aos desafios de um mercado aberto. As previsões de investimento para os próximos anos podem representar uma expectativa de melhora da conjuntura econômica, aliada a uma necessidade de modernização adiada pelos altos custos e ambiente recessivo.”

Os próximos tópicos deste capítulo tratam do estudo de caso realizado na Unipar Divisão Química, que há mais de dez anos vem investindo na modernização do seu controle de processo. Devido às exigências impostas pelo mercado - algumas explicitamente impostas - ela iniciou, na década de 1990, dois projetos visando um aumento de competitividade, e que serviram de base para este trabalho: o CIM e o Sistema de Garantia da Qualidade.

VI.3- Histórico da Empresa e Situação Atual.

A Unipar - União de Indústrias Petroquímicas S.A. é uma holding que tem participação acionária em várias indústrias do setor petroquímico e relacionadas, localizadas principalmente nos três grandes pólos petroquímicos brasileiros. Destaca-se, dentre várias outras, a Petroquímica União. Sua composição acionária é: Vila Velha S.A. Administração e Participações: 52,01%; Odebretch Química S.A.: 38,76%; outros: 9,23% - o capital é totalmente nacional. A principal empresa do grupo, alvo do estudo de caso que complementa este trabalho, é a Unipar Divisão Química, localizada no pólo de Capuava. Ela começou a ser instalada em 1969, e em agosto de 1973 iniciou suas operações, tendo à época a denominação de Empresa Brasileira de Tetrâmero Ltda. Posteriormente, em 1979, alterou seu nome para Unipar Química Ltda. e, finalmente, em 1990 ganhou a designação atual. Quanto à sua composição acionária, a Unipar Divisão Química tem 100% do seu capital pertencente à holding Unipar.

A Unipar Divisão Química é basicamente uma indústria petroquímica de segunda geração (Tópico VI.1). Ela processa duas matérias primas principais, o benzeno e o propeno. Como todo o resto do pólo de Capuava, sua principal fornecedora de matérias primas é a Petroquímica União. Do propeno são obtidas, dentro da própria fábrica, três outras matérias primas para o desenvolvimento do processo produtivo, que são o noneno grau

químico e o tetrâmero de propeno. Outros produtos utilizados, considerados como insumos para catalisadores, são a soda cáustica e o ácido sulfúrico, fornecidos por empresas como Carbocloro, Elekeiroz, Shell e White Martins.

Seus produtos, intermediários químicos, constituem-se de quatro grandes grupos. O primeiro é constituído pelo cumeno (isopropilbenzeno), principal produto tanto em termos de volume de vendas quanto de faturamento. A Unipar Divisão Química é o único fabricante de cumeno do Brasil. Obtém-se a partir dele fenol e acetona, empregados na fabricação de fios e fibras de nylon, resinas, detergentes, solventes, plásticos e defensivos agrícolas, entre outros. O segundo grupo é o das olefinas líquidas, formado pelo noneno grau químico e pelo tetrâmero de propeno. Além de serem usados internamente como matérias primas, também são comercializados diretamente no mercado, para dar origem a detergentes, aditivos para óleo lubrificante e resinas. O terceiro grupo pertence à família dos oxoálcoois, e são o álcool isononílico, o álcool isodecílico e o álcool isotridecílico. São empregados na fabricação de plastificantes para resinas de PVC (revestimentos de cabos e fios elétricos) e alguns detergentes. Por fim, o quarto grupo é o da família dos hidrogenados, compostos pelas isoparafinas 13/15, 17/21 e 22/25 e pelo cicloexano. Estes produtos são aplicados na fabricação de inseticidas domésticos, cosméticos, essências e plásticos, entre outros. Os dois primeiros grupos de produção - cumeno e olefinas - são também os mais antigos dentro da Unipar, sendo industrializados desde sua inauguração. São as chamadas “áreas velhas” de produção. Os outros dois - oxoálcoois e hidrogenados - começaram a ser produzidos a partir de 1984, graças a um projeto de expansão iniciado dois anos antes, e se constituem nas “áreas novas”. Além disso, em dezembro de 1991, a empresa lançou no mercado um produto finalizado, o solvente Albatroz. Em termos dos seus principais produtos, a capacidade nominal instalada é de 173.000 toneladas anuais de cumeno, 30.000 toneladas anuais de noneno, 28.000 toneladas anuais de tetrâmero, 28.000 toneladas anuais de álcool isodecílico, 4.000 toneladas anuais de álcool isotridecílico e 18.700 toneladas anuais de isoparafinas.

Atualmente, a Unipar Divisão Química vende entre 85% e 90% da sua produção para o mercado interno e exporta o restante. Sua principal cliente é a Rhodia, cuja unidade industrial de Paulínia, localizada próximo a

Campinas, compra praticamente todo o cumeno produzido. Isto corresponde a aproximadamente 65% da receita relativa às vendas efetuadas. Seus outros clientes são, no mercado interno, fabricantes de plastificantes, lubrificantes e detergentes, como a Oxypar, Ciquine, Scandiflex, Elekeiroz, Poliolefinas, Tutela Lubrificantes, além da própria Petroquímica União. A nível de mercado externo destacam-se, como compradores de produtos elaborados pela Unipar, ICC (Estados Unidos), Exxon (Chile), Panimex (Chile), Carboquímica (Colômbia), Calmon Hill (Inglaterra), Chevron (Estados Unidos), Hoescht (Argentina e Alemanha) e Sumitomo (Japão). Vale ainda destacar que, dentre as empresas nacionais acima citadas, o grupo Unipar possui participação acionária na Oxypar e na Poliolefinas, além da Petroquímica União.

Em 1993, o faturamento com as vendas foi de 132,616 milhões de dólares. Nesse ano a Unipar Divisão ocupou a 29ª colocação entre as empresas químicas e petroquímicas brasileiras em termos de faturamento, segundo levantamento realizado pela revista Química Industrial - no ano anterior ela havia sido a 37ª colocada. A produção alcançada nesse ano, para os principais produtos, foi: 143.934 toneladas de cumeno, 23.650 toneladas de noneno, 19.276 toneladas de tetrâmero, 20.340 toneladas de álcool isodecílico, 6.333 toneladas de álcool isotridecílico, 9.066 toneladas de isoparafinas. A seguir é apresentada uma comparação (Tabela VI.1), com os dados dos cinco anos anteriores.

	1988	1989	1990	1991	1992	1993
Faturamento	138,5	135,9	154,9	152,9	120,9	132,6
Cumeno	140,3	139,0	138,1	136,9	116,4	143,9
Noneno	28,4	25,6	24,8	28,9	23,7	23,6
Tetrâmero	22,3	19,5	17,4	19,2	18,1	19,2
Álcool Isodecanol	20,6	14,7	18,1	25,5	22,9	20,3
Álcool Isotridecanol	1,7	3,5	5,3	3,4	5,0	6,3
Isoparafinas	9,4	7,5	5,2	7,4	7,6	9,0

Nota: Faturamento em milhões de dólares e produção em milhões de toneladas.

Tabela VI.1- Faturamento e produção da Unipar Divisão Química.

A queda da produção de cumeno, e a conseqüente queda no faturamento, verificada em 1992 se deveu a problemas de fornecimento de matéria prima por parte da Petroquímica União. Nesse ano houve um grave

acidente na sua área produtiva - explosão de um dos vasos de armazenamento de produtos intermediários durante procedimento de despressurização -, ocasionando a morte de um de seus operadores. Por mais de dois meses a produção esteve interrompida para que fossem realizadas perícias técnicas e investigações policiais. Durante este período a Unipar chegou a comprar propileno da Copesul, que chegava transportado por caminhões. Esta medida, no entanto, não foi suficiente para normalizar a situação, devido à grande distância entre as empresas.

De acordo com informações da Superintendência, a margem de lucro normal gira em torno de 5,5% a 6% ao ano, tendo sido este o resultado alcançado em 1993. Quanto aos custos fixos, eles atualmente são da ordem de aproximadamente 80% com aquisição de matéria prima e 6% com mão-de-obra. Foram ainda realizados nesse ano investimentos de capital diversos, que totalizaram aproximadamente 2 milhões de dólares.

Para 1994 foram orçados investimentos nesta mesma ordem de grandeza, assim subdivididos: 323 mil dólares em segurança e meio ambiente; 227 mil dólares em garantia de continuidade operacional; 1,25 milhão de dólares em melhorias de instalação e aumento de produção - rubrica onde se encontram os projetos CIM e Sistema de Garantia da Qualidade; 127 mil dólares em móveis e utensílios; e 106 mil dólares em informática - nova geração de microcomputadores e de softwares de escritório, como processadores de texto e planilhas eletrônicas.

Até o início de 1993, Unipar Divisão Química tinha em seus quadros 499 funcionários fixos, assim divididos: 5 nas superintendências, 360 na área industrial e 134 na área administrativa / comercial. As superintendências respondiam diretamente ao vice-presidente da holding. A seguir é apresentado o organograma antigo (até 1993) da empresa (Figura VI.1).

Com exceção de alguns funcionários do setor de Segurança Industrial, Almoxarifado (Suprimentos) e Manutenção Predial (Apoio), todo o resto do pessoal da Unipar completou no mínimo o segundo grau. Segundo a Gerência de Controle Administrativo e Financeiro, não havia uma política definida no sentido de só contratar pessoas com este nível de escolaridade, apenas era uma prática comum de mercado, seguida pela empresa. A Unipar tinha em 1993 147 funcionários com curso superior, sendo dois engenheiros

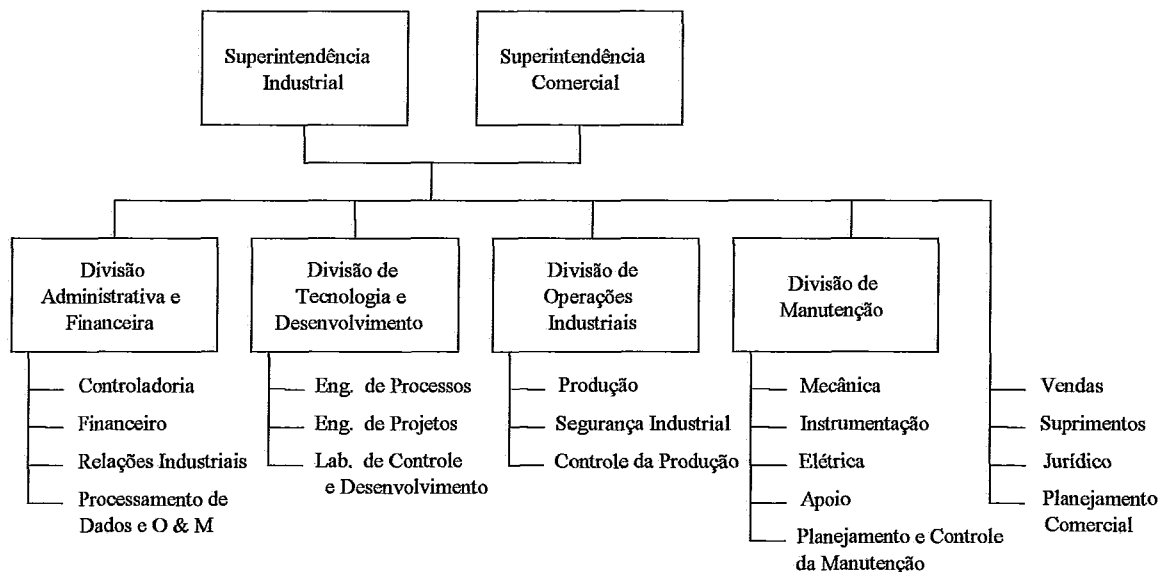


Figura VI.1- Antigo organograma da empresa.

com mestrado - um da área de Manutenção Mecânica, mestrado em Engenharia Metalúrgica, e o Gerente de Manutenção, mestrado em Engenharia Mecânica. Todo o pessoal de Operação, Manutenção de Área e Laboratório concluiu no mínimo curso técnico na sua especialidade. A seguir é mostrada a evolução do número de empregados da Unipar, desde 1988 (Tabela VI.2). Foi observada uma regularidade nestes últimos anos, porém com uma pequena tendência de queda. A rotatividade também era baixa nesta época, em média 1,5% ao ano. Até 1993 cerca de 35% dos funcionários estavam na empresa desde sua inauguração, sendo a maioria deles operadores.

	1988	1989	1990	1991	1992	1993
Funcionários	506	505	505	503	501	499

Tabela VI.2- Número de funcionários da Unipar Divisão Química.

Por possuir a maior parte das ações da holding Unipar, a Vila Velha sempre teve precedência na administração da Unipar Divisão Química, definindo sua política e suas diretrizes estratégicas. Em junho de 1993 esta situação se alterou radicalmente. Através de um acordo firmado pelo Conselho de Acionistas, a Odebretch Química passou a ser a responsável pela administração da empresa, revertendo completamente o quadro. A motivação para que a Vila Velha aceitasse este acordo permanece obscuro. Na época especulou-se que este ato era parte de uma tentativa do grupo Odebretch para assumir o controle dos três pólos petroquímicos brasileiros - ele já tem uma participação majoritária em Camaçari, ao controlar a holding

Unipar teria grande influência em Capuava, graças à Unipar Divisão Química e à Petroquímica União, entre outras, e assim restaria apenas o pólo de Triunfo a ser conquistado. A Odebretch Química oferecia garantias de aumento de lucratividade aos acionistas através de um gerenciamento mais agressivo e, para isso, passaria a controlar todas as empresas que tivessem a holding Unipar como principal acionista.

Quando a Odebretch Química assumiu o controle da Unipar Divisão Química, no final de junho de 1993, formou-se imediatamente um clima de insatisfação dentro da empresa, devido à fama das construtoras do grupo no aspecto ético. Foi nomeado imediatamente um Superintendente Geral - o terceiro - com ascendência sobre os outros dois. O objetivo inicial foi maximizar o mais rapidamente possível o lucro e a primeira ação tomada neste sentido foi de cortar gastos tanto quanto possível. Havia uma expectativa de corte de pessoal, que logo foi confirmada, com a demissão de parte do pessoal que não tinha nenhum contato com a continuidade operacional da planta, ocorrida no final de agosto daquele ano. Faziam parte do grupo de demitidos os setores de Apoio (manutenção predial, limpeza, pintura, jardinagem, ar condicionado, entre outros), Segurança Patrimonial, Organização e Métodos e parte do serviço de secretaria. Nos setores de Engenharia de Processos, Engenharia de Projetos, Laboratório de Controle e Desenvolvimento, Planejamento e Controle da Manutenção, Controladoria, Financeiro e Suprimentos também ocorreram demissões, com algumas consequências no modo operacional destas áreas, já que, apesar de algumas delas se encontrarem bastante inchadas, houveram mais cortes do que o esperado, acarretando aumento de atribuições para os funcionários remanescentes. O número de demitidos chegou a 125, ou seja, 25% dos funcionários da fábrica, alguns deles atuando desde a sua partida. Esta medida gerou um descontentamento generalizado na empresa. A secretária da Divisão de Tecnologia e Desenvolvimento, que não foi dispensada e que já tinha mais de dez anos de trabalho na Unipar, afirmou que nunca tinha visto o pessoal tão abatido, e que, além de tudo, ela própria não se sentia motivada para continuar trabalhando ali, pois não tinha mais confiança na empresa. O Sindicato dos Químicos do ABC, filiado à CUT, tentou responder, convocando uma greve no pólo. No entanto, ele não parece ter força política suficiente entre os funcionários da região, devido a algumas ações inábeis tomadas no passado - durante o Plano Bresser o Sindicato negociou a mudança da data do dissí-

dio coletivo da categoria, de outubro para novembro, o que gerou uma perda de mais de 15% nos salários, tornando-o desacreditado desde então.

O controle administrativo da Odebretch Química durou até fevereiro de 1994, quando foi desfeito o acordo do Conselho de Acionistas. O motivo do rompimento também não foi totalmente esclarecido, mas é certo que, a se manter esta situação, existiam grandes riscos para o futuro da Vila Velha no seu ramo de atividade: a possibilidade de cartelização da indústria petroquímica brasileira não era vista com bons olhos por vários setores da sociedade brasileira, desde o governo até os sindicatos, passando pelas empresas sócias da Vila Velha em outros empreendimentos do setor; as outras empresas da holding Unipar também tiveram o mesmo problema de corte maciço de pessoal, o que também gerou forte animosidade entre seus trabalhadores e a gerência, e, mesmo com sindicatos fracos, agravou o risco da deflagração de greves; para culminar, o grupo Odebretch estava sendo investigado na CPI do Orçamento, e angariava uma cada vez mais forte antipatia popular e da imprensa, fato particularmente indesejado pela Vila Velha, que sempre se pautou por um comportamento discreto junto ao mercado e à sociedade.

É interessante notar que, mesmo com o enxugamento de pessoal realizado, a estrutura organizacional da Unipar Divisão Química se manteve praticamente inalterada. As funções de Segurança Patrimonial e Apoio foram terceirizadas, enquanto que apenas a Organização e Métodos se extinguiu absolutamente dentro do organograma da fábrica. Ao retomar o controle da Unipar Divisão Química, a Vila Velha afastou o Superintendente Geral nomeado pela Odebretch e restituiu as atribuições dos antigos superintendentes, porém iniciou um novo processo de reestruturação organizacional. Desta vez, segundo a Gerência de Operações Industriais, a intenção era diminuir os níveis hierárquicos e agilizar os processos decisórios e operacionais da empresa. A primeira providência foi instituir apenas uma Superintendência, que teve autonomia para empreender as mudanças solicitadas pela holding Unipar.

Com a reformulação, mais 25 funcionários foram demitidos em julho de 1994, totalizando 150 desde 1993. Este corte de pessoal focalizou a gerência média e a parte comercial da empresa (Superintendência Comercial, Vendas e Planejamento Comercial). A atribuição deste setor ficou a

cargo de outra empresa do grupo, a Unipar Comercial - apenas a negociação do cumeno continua sendo feita diretamente com a Rhodia, via acordo de parceria firmado anteriormente pelas duas empresas. Vários setores foram fundidos - Produção e Controle da Produção, Engenharia de Processos e Engenharia de Projetos, Controladoria e Financeiro, toda área de Manutenção -, o que possibilitou a diminuição considerável do número de gerentes médios. Nesta ocasião o clima interno não ficou tão pesado como no primeiro corte de pessoal, não só devido à menor quantidade de demissões como também ao fato que desta vez o enfoque principal foi para os níveis intermediários. O próprio Sindicato praticamente não se manifestou, havendo apenas uma panfletagem na porta da empresa uma semana depois. Segundo um dos operadores de área, isto se deveu ao fato de ser época de eleição para a nova diretoria sindical, e que a chapa da situação estava com graves problemas na prestação de contas da sua gestão, levando o pessoal do sindicato a centrar sua atenção no processo sucessório. Comentando o novo corte, o mesmo operador disse que na sua opinião o clima continuava ruim desde a época que ocorreram as primeiras, ficar pior é que seria difícil.

A nova estrutura organizacional que foi adotada pela empresa em julho de 1994 está representada a seguir (Figura VI.2), juntamente com as novas atribuições de cada departamento e os setores a ele ligados. (Fonte: "Planejamento do Organograma da Unipar Divisão Química - Registro do Sistema de Garantia da Qualidade" - 30/09/94).

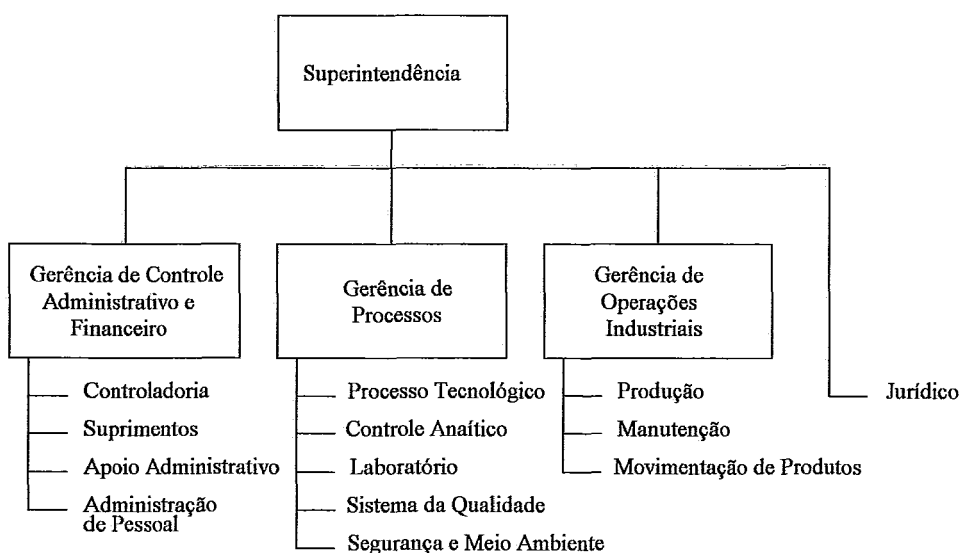


Figura VI.2- Atual organograma da empresa.

Juntamente com este último corte de pessoal, a Unipar Divisão Química implantou um programa de demissões voluntárias para os funcionários remanescentes, fornecendo vantagens adicionais além daquelas previstas por lei - assistência médica gratuita por seis meses, extensiva aos dependentes; um salário extra para cada dois anos trabalhados; e serviço de recolocação no mercado de trabalho. Com isto o número de funcionários atualmente chega a 327. Para sanar eventuais problemas de mão-de-obra, sempre que necessário são realizadas contratações temporárias. No entanto, alguns setores não conseguem ter um nível de reposição suficiente através de contratação de terceiros por necessitarem de capacitação técnica e treinamento específico para o seu ambiente de trabalho, o que vem acarretando alguns problemas operacionais. A coordenadora do Laboratório de Controle, por exemplo, afirmou que teve seu quadro reduzido de doze para cinco funcionários. Houve um inevitável acúmulo de funções por parte do pessoal remanescente. Por isso, segundo ela, algumas análises tiveram que passar a ser feitas em laboratórios particulares, enquanto outras simplesmente deixaram de ser realizadas. Estas últimas são análises que se mostravam extremamente estáveis desde a partida da planta, e que por isso foram escolhidas para ter suas execuções interrompidas.

VI.4- O Projeto de Modernização da Unipar Divisão Química.

VI.4.1- Definição, Motivação, Implantação e Estágio Atual do Projeto CIM da Unipar Divisão Química.

Até 1982, a Unipar possuía apenas tecnologia pneumática no controle do seu processo produtivo. Somente a partir daí resolveu-se dar início a um projeto para dotar sua planta de instrumentação para controle de processo digital, com a instalação de SDCD. De acordo com a Gerência de Processos, o principal objetivo era aproveitar o projeto de construção das duas áreas novas - oxoálcoois e hidrogenados - e já prever o controle dos seus processos utilizando uma tecnologia mais avançada. Para que isto pudesse ser viabilizado, a holding Unipar criou uma empresa voltada para a implantação e integração de equipamentos e sistemas apropriados para automação industrial, a Unicontrol - Sistemas de Medição e Controle Ltda., em associação com outras duas empresas do setor de engenharia: a IESA (Internacional Engenharia S. A.) e a Brascontrol. Na divisão das atribuições, a Unipar forneceria o suporte empresarial e financeiro, a Brascontrol cuida-

ria da parte industrial e a IESA seria responsável pelo suporte de engenharia. Toda parte técnica foi importada da Fisher Controls International, Inc., empresa norte-americana ligada ao grupo Emerson Electric, e que possui vasta experiência na área de controle e automação de processos industriais - sua criação data do final do século XIX. Para atender à Lei de Reserva de Mercado do setor de Informática, vigente na época, foi firmado um contrato de transferência de tecnologia, homologado pela SEI através da portaria 353 de 17 de setembro de 1984 e registrado no INPI (Instituto Nacional de Propriedade Industrial) sob o número 17909/84. Com isto foram criadas as condições para fabricação do primeiro SDCD nacional, satisfazendo a legislação em curso. Deste modo, a Unipar Divisão Química tornou-se, em maio de 1985, a primeira indústria de processo contínuo da América do Sul a contar com tecnologia digital implantada no chão-de-fábrica para automação dos processos industriais.

Com vistas à modernização dos equipamentos, deu-se início, em 1986, a outro projeto de substituição de tecnologia, desta vez para implantação de instrumentação digital na área mais importante da empresa, a de produção de cumeno. Neste caso, ainda de acordo com a Gerência de Processos, o objetivo era tornar o controle de processo desta área mais acurado, de modo a aumentar o seu valor agregado. Culminando mais este projeto, em 1989 foi iniciada a operação deste outro SDCD. O segundo SDCD opera numa rede diferente do primeiro, sendo, no entanto, idênticos entre si em termos de operação e capacidade. Foi escolhida esta estratégia para que houvesse independência entre as áreas de operação, pois a empresa tem ciclos diferentes para a produção do cumeno e para a dos oxoálcoois e hidrogenados. Assim, partidas e paradas, reconfigurações e manutenção poderiam ser realizadas sem interferência mútua. Com relação ao trabalho realizado pelos operadores, a existência de dois SDCDs com atribuições distintas não tem influência decisiva, pois todos foram treinados para operar em qualquer área, inclusive a de olefinas que, na época, ainda funcionava com controle pneumático, podendo serem considerados operários polivalentes em termos de controle de processo.

Considerando-se a automação do controle do processo produtivo, portanto, somente uma área de produção da Unipar, a de olefinas, não se encontrava controlada por SDCD, sendo operada com tecnologia pneumática. Esta situação levava à existência de uma Sala de Controle híbrida,

com a existência de painéis sinóticos para o controle pneumático e consoles de operação para o controle digital. Os operadores, especialmente aqueles que atuam na Sala de Controle, achavam esta situação incômoda, pois tornava o ambiente de trabalho confuso. Existia uma evidente má vontade por parte de cada um deles quando, decorrente do rodízio efetuado pelas diferentes áreas de produção, chegava a vez de operar a área de olefinas. A principal reclamação se referia à época das paradas programadas para manutenção geral, que ocorrem de dois em dois anos. Nesta época a produção é interrompida para que todos os equipamentos sofram uma revisão geral. Quando os trabalhos se encerram acontece uma nova partida da fábrica, e aí o maior volume de trabalho sempre se concentrava em cima do operador do painel sinótico, pois este tinha que partir a área “manualmente” na linguagem dos próprios operadores, ou seja, sem o auxílio do SDCD. Isto fazia com que os outros operadores invariavelmente interrompessem as suas atividades para prestar auxílio a ele. Não se compreendia, entre os operadores, porque a empresa demorava a realizar a modernização da Sala de Controle.

Também nesta época não existia integração das informações geradas pelos SDCDs. O processamento era feito de forma centralizada, com o CPD, a partir de um *mainframe*, controlando uma rede de comunicação com terminais “burros”, ou seja, sem capacidade de processamento interno dos dados. Isto significa que, quando algum relatório industrial precisava receber um tratamento diferenciado - de modo a atender a solicitação legal ou mesmo para controle específico da gerência, por exemplo - era necessário que houvesse redigitação dos seus dados para dentro da rede administrativa, de modo que esta desse a formatação desejada a eles. O resultado disto tudo é que o fluxo de informações dentro da fábrica era muito lento, com o agravante da circulação de informações redundantes e repetidas, além da necessidade de redigitação, que é uma fonte natural de introdução de erros. Segundo dados da Superintendência, ainda hoje são gerados, mensalmente, 82 relatórios, alguns deles com praticamente o mesmo conteúdo. Este é um número grande se for levado em consideração o tamanho da empresa, seu número de funcionários e a complexidade do seu processo produtivo. Segundo a Coordenadoria de Produção, a expectativa gerada em torno da implantação do primeiro SDCD foi em parte frustrada, porque atividades que já poderiam estar automatizadas, como a padronização de relatórios, ainda eram realizadas manualmente. Pelo que fica subentendido, na época desta implantação criou-se a idéia de que todas as atividades geren-

ciais relacionadas ao SDCD também seriam automatizadas, e não somente o controle do processo.

A partir do início da década de 1990 surgiu dentro da Unipar um ambiente propício ao lançamento do projeto de implantação do CIM. Inicialmente, isto se deu graças ao esforço da Superintendência, que vislumbrou a possibilidade do desenvolvimento de um projeto deste porte devido à boa infraestrutura - inclusive em termos de recursos humanos - já existente dentro da fábrica na área de instrumentação e automação industrial, além do suporte oferecido pela Unicontrol. Ao mesmo tempo, a própria Unicontrol estava lançando no mercado brasileiro uma nova geração de SDCDs, que trazia embutido um potencial muito maior em termos de intercomunicação e velocidade e capacidade de processamento.

Numa primeira etapa, o projeto CIM consistia na implantação de uma nova rede administrativa, abandonando a arquitetura com *mainframe* pela cliente-servidor, e na substituição da instrumentação pneumática remanescente por digital, com a implantação dos SDCDs de última geração, que contam com mais recursos técnicos em relação aos que estavam em operação. A área de olefinas seria incorporada ao SDCD da área de cumeno. Com isto seria criada a estrutura necessária para a segunda etapa: a integração dos dados gerados no chão-de-fábrica e na rede administrativa numa única rede corporativa, viabilizando tecnicamente o empreendimento (Tópico V.1.1.1). A primeira fase foi concluída em junho de 1994, e atualmente toda a fábrica já opera com controle de processo com tecnologia totalmente digital. Além disso, até o final de 1995 cada funcionário contará com um microcomputador tipo PC 486 interligado à rede administrativa na sua mesa de trabalho.

Os SDCDs da Unipar realizam a monitorização, substituindo os painéis sinóticos associados à antiga instrumentação pneumática, e o controle de toda a planta. A configuração utilizada é de duas consoles de operação e três monitores para cada SDCD. Assim, cada uma das áreas de produção da empresa é coberta por uma console e um monitor. O monitor restante, chamado de “monitor de facilidades”, é utilizado para a configuração de gráficos de tendências de medição ou para a monitorização de outras telas de operação. Cada conjunto de console e monitor é assistido por um operador, totalizando quatro na Sala de Controle. Além deles existem

mais seis que atuam na área. Os processos produtivos da Unipar Divisão Química são considerados bastante estáveis pelo pessoal da operação, o que torna o controle feito pelo SDCD satisfatório na maioria das vezes. Normalmente, o papel do operador da Sala de Controle é executar a estratégia de controle traçada para uma dada campanha de produção e monitorizar as variáveis de processo. Existem estratégias de controle avançado implementadas via software nos SDCDs. Quando algum problema ocorre - uma queda de temperatura ambiente brusca pode causar turbulências no processo, por exemplo - é acionado um alarme no monitor e o operador toma as medidas corretivas necessárias a partir da própria console, inclusive em relação à estratégia de controle avançado, que volta ao controle do operador. Se o problema é mais complexo que o habitual - queda de energia, por exemplo -, o pessoal da área é contactado pelo rádio para entrar em ação, normalmente abrindo ou fechando manualmente alguma válvula. O pessoal de área também é responsável pela monitorização visual dos equipamentos de processo, auxiliando a Segurança Industrial.

Em termos de circulação de informações, a Operação, a partir da Sala de Controle, faz intercâmbio de dados com três áreas da empresa: Laboratório de Controle, Controle da Produção e Engenharia de Processos. O Laboratório de Controle faz as análises que verificam a qualidade dos produtos. Ele recebe as amostras colhidas pelos operadores de campo e envia os resultados para a Sala de Controle, de modo que sejam executadas as ações regulatórias necessárias, geralmente via SDCD, quando algum produto se encontra fora de especificação. O Controle de Processos cuida do controle e do acompanhamento da produção de acordo com os pedidos dos clientes. As informações a respeito do estoque existente é colhida dos SDCDs, e, conforme a procura e disponibilidade de produtos, informa aos operadores a estratégia de produção necessária. A Engenharia de Processos faz a modelagem e simulação dos processos produtivos, buscando sua otimização. Ela colhe dados estatísticos de produção dos arquivos gerados pelo SDCD, traça e implementa estratégias de processo produtivo e as transmite aos operadores. Além disso, a Engenharia de Projetos e a Manutenção também têm contato direto com a Sala de Controle para garantir a continuidade operacional da planta, embora não tenham nenhuma ligação com o processo produtivo. A Engenharia de Projetos tem incumbência de manter a configuração dos SDCDs de acordo com os dados passados pelos operadores. São estes que desenham as telas de operação e traçam a estra-

tégia de alarmes, cabendo aos engenheiros de projeto passá-las fisicamente ao SDCD. A Manutenção, por sua vez, é acionada sempre que ocorre algum problema técnico, ou quando é realizado o programa de manutenção preventiva.

A interligação dos SDCDs com a rede administrativa criará o ambiente propício para uma estrutura organizacional mais enxuta, pois toda esta intercomunicação da Operação com outros setores da empresa poderá ser realizada em tempo real e com unicidade de dados, ou seja, eles serão únicos e com a mesma formatação para qualquer situação. Isto será uma condição fundamental para a agilização dos processos de trabalho na Unipar e dará grande apoio ao achatamento dos níveis decisórios ocorrido.

Como objetivos a serem alcançados com a implantação do CIM, a Unipar relacionou:

- “1. Automação dos serviços de gerenciamento, eliminando formulários e relatórios e agilizando a troca de informações.
2. Adequação do suporte para sistemas de manutenção preventiva e preditiva, com dados históricos coletados no próprio SDCD, propiciando melhoria da eficiência da manutenção.
3. Detalhamento de projetos e arquivo de documentação informatizada, facilitando as revisões e o processo de sua distribuição (CAD).
4. Possibilidade de simulação dos processos produtivos através de modelagem matemática, visando otimização da produção.
5. Possibilitar coleta por telemetria das variações de estoques, agilizando o gerenciamento pertinente.
6. Possibilitar o contínuo exercício da ‘Excelência’.”

(fonte: “Pré-projeto: SDCD - complementação/atualização; CIM - estrutura integrada de informações” - Unipar - março de 1992).

Estes objetivos foram elaborados pela alta gerência da Unipar Divisão Química em conjunto com o vice-presidente operacional da holding Unipar. O primeiro item da relação pode ser considerado como o mais importante dentro do conceito estratégico que a Unipar está atribuindo ao seu sistema CIM: aumento da agilidade nas decisões empresariais. Os demais itens tratam de melhorias de gestão nas operações do negócio. Apesar de todas elas - coleta de dados históricos, CAD, simulação de processos e telemetria dos estoques - poderem ser implementadas separadamente, esco-

lheu-se uma abordagem integrada pelo computador, aproveitando as vantagens de configuração que ela oferece. O item 6, apesar de demasiadamente generalista, demonstra que não se trata de um projeto idealizado para contornar uma situação de dificuldade empresarial para a Unipar, mas de buscar uma vantagem sobre a concorrência na possibilidade de alcançar novos clientes, num momento onde internamente existe uma relativa estabilidade, com um mercado estabelecido para a venda de seus produtos.

Para a coordenação e elaboração do projeto a Unipar criou um grupo-tarefa, formado por três integrantes de diferentes áreas da empresa: um engenheiro eletrônico da Engenharia de Projetos, um engenheiro eletrônico da Manutenção de Instrumentação e um analista de sistemas do Processamento de Dados e O & M. Por serem os funcionários com maior experiência para este tipo de projeto dentro da empresa, foram escolhidos pela Superintendência. Eles obtiveram auxílio da Unicontrol, através de um engenheiro da sua equipe de marketing. Este engenheiro da Unicontrol foi especialmente escolhido por já ter trabalhado na Unipar, no departamento de Engenharia de Processos, e, com isto, já possuir uma visão estruturada dos requisitos do cliente. A empresa também buscou apoio em duas instituições oficiais, o CTI da Unicamp e a FINEP, ambas ligadas ao Ministério da Ciência e Tecnologia. Junto ao CTI, que já atuou em estudos para outros projetos na área de automação industrial dentro da Unipar, procura-se fornecimento de suporte tecnológico. Quanto à FINEP, existe uma linha de financiamento já aprovada, referente ao PBQP (Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade), para ser usado na compra da nova instrumentação digital, que entrou no lugar da instrumentação pneumática obsoleta, e na substituição dos SDCDs. A especificação do projeto físico do CIM foi totalmente desenvolvida pelo grupo-tarefa, em conjunto com a equipe de engenharia da Unicontrol.

O cronograma da implantação do CIM foi estendido devido ao corte de gastos realizado na época da administração da Odebretch, e só não foi inteiramente paralisado devido ao comprometimento com a FINEP. Atualmente ainda falta a interligação dos novos SDCDs com a rede administrativa e o posterior comissionamento do sistema. A intenção da Unipar é contratar um empresa com maior experiência para fazer a integração do sistema. Segundo o engenheiro da Manutenção de Instrumentação que faz parte

do grupo-tarefa, esta empresa integradora será escolhida através de concorrência entre as melhores disponíveis no país.

Para que houvesse uma boa interação entre os funcionários da empresa na fase que antecedeu à implantação do projeto, palestras a respeito do assunto foram ministradas por membros do grupo coordenador. Procurou-se organizar a platéia com um número reduzido de funcionários - cerca de vinte por vez - de diferentes setores, de modo que a discussão não ficasse direcionada para determinados nichos. Nestas palestras foram expostas as expectativas da Unipar quanto ao CIM, as dificuldades que ela pode encontrar - como por exemplo, a falta de apoio financeiro por parte dos acionistas -, as mudanças que deveriam ocorrer no ambiente de trabalho - agilização na troca de informações, renovação dos métodos de gerenciamento e a modificação nas atribuições de cada funcionário -, e as previsões para a fábrica do futuro na opinião da alta gerência - a "fábrica sem papel", com a eliminação da maior parte dos documentos escritos que circulam pela empresa graças às redes de computadores. Ao fim de cada palestra era realizado um debate entre os participantes para que se pudesse avaliar e discutir a expectativa gerada na platéia. Este debate sempre gerava um grande número de sugestões, majoritariamente ligadas à configuração do sistema, que eram imediatamente coletadas pelo grupo-tarefa. Após o levantamento de todas as propostas apresentadas era realizada uma triagem e uma avaliação geral, para se aproveitar o maior número de idéias possível. Uma das propostas que surgiram durante os debates e que foi colocada em prática trata da arquitetura da sala de controle, que foi totalmente modificada a partir de uma sugestão apresentada por um dos operadores. Nem todas as sugestões, no entanto, foram aceitas, por vários motivos: algumas foram consideradas inócuas, outras desviariam a filosofia inicial do projeto e acarretaria a necessidade de uma revisão geral, aumentando seu custo e atrasando o cronograma. Por exemplo, uma das preocupações do pessoal do setor financeiro era quanto ao número de impressoras que estariam disponíveis no sistema. Apesar de ser considerado um número baixo, ficou decidido que seria instalada uma impressora para cada seis microcomputadores, que é o padrão normal para empresas do porte da Unipar, encontrado freqüentemente na literatura.

VI.4.1.1- A Participação da Unicontrol no Projeto CIM da Unipar Divisão Química - Transferência de Tecnologia e Aprendizado.

A Unicontrol desempenhou um papel decisivo para a implantação e integração de sistemas e equipamentos para automação industrial baseados na tecnologia da informação, não só dentro da Unipar como também em todo o segmento de indústrias de processo contínuo do Brasil, devido especialmente ao seu caráter de pioneirismo. A partir dela outras empresas deste setor foram estabelecidas no país. Além disso, a empresa que fornece sua tecnologia, Fisher Controls, é a líder do mercado americano, o que, em termos de marketing, auxilia imensamente. Entre seus principais clientes encontram-se grandes indústrias de diferentes setores de processo contínuo, como Petrobrás, Monsanto e Petroflex (química e petroquímica), Aracruz e Ripasa (papel e celulose), Sanbra (alimentícia) e Vale do Rio Doce (mineração).

Devido a exigências legais existentes na época da sua fabricação, em 1984, o primeiro SDCD brasileiro atingiu aproximadamente 75% de nacionalização das partes integrantes do sistema. Entre estas partes, no entanto, não se incluíram as mais importantes para sua operação, como o processador e a memória, que eram importados. A fabricação no Brasil se restringiu a gabinetes, fontes de energia e chips periféricos.

Em termos de transferência de tecnologia, a Unicontrol se caracteriza como uma empresa genuinamente brasileira, pois, apesar do contrato firmado com a detentora da tecnologia, as partes mais importantes do sistema funcionam como uma autêntica caixa-preta para o seu corpo técnico. Quanto ao aprendizado, pode-se dizer que a empresa adquiriu um nível de conhecimento do equipamento satisfatório. Existe um programa de treinamento periódico para todos seus técnicos na sede da Fisher, nos Estados Unidos. No entanto, é certo que duas formas de aprendizado foram incorporados pela Unicontrol (Bell [5]). Inicialmente, o aprendizado por operação, representado por uma composição de estímulos por mudança e aumento da compreensão do equipamento, realizado durante o processo de produção e montagem, permitindo um aproveitamento maior na execução das tarefas operacionais. Este tipo de aprendizado melhora a performance da empresa, no entanto, até um limite que é rapidamente alcançado, devido às suas características de passividade e automaticidade. E também o aprendizado por

investigação, através de um esforço explícito da empresa na busca de soluções para alcançar capacitação tecnológica, contando com uma acumulação prévia de conhecimentos e disponibilidade de recursos humanos e materiais para o empreendimento do esforço. Aumentar o conhecimento sobre o equipamento é essencial para a Unicontrol, já que é ela própria quem presta assistência técnica aos clientes. Dentro da empresa também existe um departamento de engenharia de projetos que faz adaptações na configuração original do SDCD, de modo a atender às especificações particulares de alguns clientes. As alterações de configuração consideram as características de operação próprias de algumas indústrias, com a sua execução dependendo ainda de estudo de viabilidade técnica efetuada pela Unicontrol. Apesar disto, devido à transferência incompleta de tecnologia realizada, muitas vezes é necessário consultar a matriz a respeito de assuntos específicos, principalmente quando aparecem problemas em novos produtos. Segundo o engenheiro que participa do projeto da Unipar, “a Fisher tem todo interesse em ajudar a Unicontrol, pois precisa dela para penetrar no mercado brasileiro. Mas não pode deixá-la totalmente independente, pois aí é a Unicontrol que não precisará mais da Fisher”. Para clientes como a Unipar, portanto, esta situação de domínio tecnológico incompleto não traz conseqüências incontornáveis, graças ao suporte fornecido pela Fisher à Unicontrol.

Por pertencerem ao mesmo grupo, e também pelo fato de que a Unicontrol surgiu como a solução encontrada para implantação do SDCD na Unipar, estas duas empresas mantêm estreitas relações empresariais, existindo uma espécie de parceria informal. Por exemplo, apesar da existência de um departamento específico dentro da Unipar, o serviço principal de manutenção efetuada nas várias partes que compõem o SDCD é realizada pela Unicontrol, com vantagens para ambas. Para a Unicontrol, obviamente, existe o interesse financeiro em prestar serviços de manutenção para todos os seus clientes. E para a Unipar certamente sairia mais caro fazer com que seus técnicos atingissem o grau de conhecimento alcançado pela Unicontrol. No setor de engenharia também existe intercâmbio, nas áreas de novas técnicas de uso do sistema e de configuração.

Com o fim da reserva de mercado para produtos de informática não será mais financeiramente interessante para a Unicontrol, na avaliação de sua gerência comercial, a nacionalização da maior parte dos componentes, como vem acontecendo atualmente. Como eles são relativamente bara-

tos e fáceis de ser transportados, serão importados diretamente da Fisher e montados no Brasil. Apenas equipamentos mais pesados e com preço que não justifique sua compra no exterior, como as fontes de energia e as consoles, por exemplo, continuarão a ser fabricados no país. A forma como ela se apresenta, empresarialmente, também deve ser repensada, porque sua estrutura atual é muito grande, e gira em torno da produção e comercialização de SDCDs. A indicação do mercado é que ela se torne uma avaliadora de soluções de automação industrial para seus clientes e integradora dos sistemas que ela própria vai adquirir da Fisher, além de continuar prestando assistência técnica, que passará a ser o carro-chefe de suas atividades. Esta, inclusive, é a tendência que suas principais concorrentes no Brasil estão seguindo.

VI.4.2- Definição, Motivação, Implantação e Estágio Atual do Sistema de Garantia da Qualidade da Unipar Divisão Química.

O Sistema de Garantia da Qualidade teve o seu projeto iniciado na mesma época do CIM, porém sua motivação teve um sentido diferente. Ou seja, os dois fatores que se apresentaram como determinantes para a sua introdução na empresa foram externos. O primeiro deles veio através de exigência imposta por vários clientes estrangeiros, especialmente os europeus, a respeito da norma ISO 9000. Era uma sinalização clara de que, a partir de um prazo, estabelecido para final de 1993, eles só manteriam relações comerciais com empresas que possuíssem a certificação. O outro fator foi a atitude tomada pela Rhodia, principal cliente no mercado interno, que a partir do final da década de 1980 passou a atuar mais rigorosamente em relação a seus fornecedores no que diz respeito ao atendimento às especificações dos produtos comercializados. Este procedimento fazia parte do Processo Rhodia de Performance de Excelência (Prhoex), lançado em 1987. Com isso ela passou a realizar regularmente auditorias dentro da Unipar, visando obter uma padronização da qualidade do resultado da produção. O Sistema de Garantia da Qualidade visou suprir estes dois requisitos através de três etapas. Inicialmente, implantando dentro da fábrica uma Política da Qualidade que integre todos seus funcionários num processo de conscientização da necessidade de se atender aos requisitos do mercado. Em seguida alcançando a certificação da norma ISO 9000 junto a um instituto de reputação internacional - foi escolhido o Bureau Veritas Quality International - , dentro do prazo estipulado pelos clientes. Por fim, quando o conceito de garantia da qualidade já estiver devidamente estabelecido na cultura da em-

presa, será tomado o passo em busca da implantação do Gerenciamento da Qualidade Total para os produtos e serviços - internos e externos - da empresa. Atualmente foram concluídas as duas primeiras etapas.

Com relação à sua implantação, o Sistema de Garantia da Qualidade encontra-se numa fase mais avançada que o CIM. Para isto contribuiu decisivamente sua característica de urgência. Como foi colocado, sua imposição se deu de fora para dentro da empresa. Além disso, de acordo com Ferreira [26], é mais difícil justificar a implantação do CIM financeiramente falando, pois a determinação da rentabilidade do projeto e seus resultados em termos econômicos para a empresa só podem ser medidos através do conceito de vantagem na estratégia competitiva, sendo difícil determinar um objetivo numérico ou um prazo para o retorno sobre o investimento. Por outro lado, existem métodos capazes de estabelecer o ganho efetivo que uma empresa afere com a introdução de programas de qualidade. Em termos comparativos, o custo da implantação na Unipar do Sistema de Garantia da Qualidade será da ordem de 10% do custo da implantação do CIM.

Para o projeto do Sistema de Garantia da Qualidade as metas gerais são:

- “1. Obtenção do certificado ISO 9000 para a Unipar por um órgão oficialmente reconhecido no mercado externo, no prazo máximo de 18 meses a partir do seu início.
2. Formação de facilitadores e auditores internos da qualidade.
3. Solucionar os problemas identificados na fase de diagnóstico, qualificados como urgentes e importantes, envolvendo os níveis diretamente responsáveis pelas ações.
4. Capacitar todas as pessoas da empresa, através de programas internos, a saber informar sobre o desenvolvimento do seu trabalho, dentro da política de qualidade da Unipar.”

(Fonte: “Apresentação do projeto para implantação do Sistema de Garantia da Qualidade na Unipar Divisão Química” - Unipar - abril de 1992).

O projeto para a implantação do Sistema de Garantia da Qualidade na Unipar Divisão Química teve seu início em novembro de 1989. Para isso foi contratada uma engenheira que já havia atuado em projetos semelhantes dentro de outras empresas petroquímicas, e que passou a tra-

balhar como coordenadora especial, ligada à Divisão de Tecnologia e Desenvolvimento, coordenando os esforços da empresa nesta área.

A intenção da Unipar em relação à implantação do Sistema de Garantia da Qualidade se subdividiu em três objetivos principais, explicitados pelo “Plano de Implantação do Programa da Qualidade na Unipar Divisão Química”, documento elaborado pela então Assessoria da Qualidade. São eles: promover um aumento na competitividade de mercado; atender às exigências do mercado, comprovando, através de evidências objetivas, a adequação à série ISO 9000; e promover um aumento na eficiência de todos os níveis internos da empresa.

O Programa da Qualidade é a parte do Sistema que permitiu à empresa receber, em dezembro de 1993, a certificação ISO 9002 e atingir a primeira meta estabelecida. Inicialmente previsto para contemplar 40 meses, o cronograma do Programa da Qualidade foi enxuto, por causa basicamente das pressões exercidas pelos fornecedores externos quanto ao prazo para o cumprimento da norma. Deste modo, várias etapas foram suprimidas, de modo que os esforços se concentrassem simplesmente na obtenção do certificado. O novo cronograma contemplou um período de 18 meses para este objetivo, encerrado com a obtenção do certificado.

As demais metas do projeto do Sistema de Garantia da Qualidade servem como plataformas para sustentar a aplicação da ISO 9000. A cada seis meses a Unipar Divisão Química sofre nova avaliação da empresa certificadora, que verifica se a norma continua sendo atendida de acordo com as suas especificações (Tópico III.2.1). Os facilitadores e auditores internos são encarregados de verificar periodicamente, em todos os departamentos, a aplicação da norma. Eles são funcionários com nível superior, mas sem cargo de chefia, e não podem inspecionar os departamentos a que pertencem - exigências impostas pela ISO 9000. Todos receberam treinamento adequado para realizar esta tarefa, através de uma seção da FIESP (Federação das Indústrias do Estado de São Paulo) que ministra cursos desta área nas indústrias.

No entanto, não existe um grupo específico responsável pela aplicação e manutenção da ISO 9000 na Unipar. Todos os funcionários da empresa participam ativamente do Sistema de Garantia da Qualidade, visto

que, durante uma auditoria, todos eles podem ser consultados sobre o atendimento das normas no seu departamento. Como o tempo disponível para a primeira certificação era muito pequeno e a quantidade de funcionários na época ainda era elevada, a solução encontrada para o nivelamento da empresa foi a criação de um informativo semanal que descrevia todo o processo empresarial da Unipar Divisão Química. Também eram aplicados questionários com base no informativo aos funcionários e, para estimular a participação geral, eram sorteados prêmios em dinheiro para todos que respondessem. Esse sistema de treinamento e avaliação informal continua até hoje, tendo sido incorporado ao Sistema de Garantia da Qualidade.

O Sistema de Garantia da Qualidade foi, em geral, bem recebido pelo corpo de funcionários da Unipar Divisão Química. A Superintendência procurou caracterizar a importância vital que este projeto teria para o futuro da empresa e enfatizou a necessidade da participação de todos para o seu sucesso. Um técnico de Laboratório explicou que a acolhida tinha sido boa entre seus colegas, pois eles não tinham a menor consciência do que se passava do lado de fora do seu local de trabalho e com o Sistema de Garantia da Qualidade a empresa fazia questão que eles se envolvessem mais nos assuntos dos demais departamentos. Um dos operadores do SDCD disse que para a sua área foi importante ter procedimentos e instruções (Tópico III.2.1) bem definidos, pois uniformizou a atuação de todos os operadores em situações onde é necessária intervenção humana. Antes, segundo ele, estas situações eram tratadas de acordo com a experiência individual de cada operador, o que algumas vezes causava confusão. Ele citou como exemplo a partida da fábrica após uma parada geral para manutenção, onde existem operações que envolvem pressurização de vasos. Existem várias maneiras de se realizar esta tarefa, e na falta de uma padronização cada operador utilizava o método de sua preferência. Se, por algum motivo, houvesse necessidade de substituição do operador que estivesse realizando esta tarefa poderia ocorrer uma situação onde o novo operador não continuasse a operação do modo do antigo, criando uma situação perigosa. Com procedimentos e instruções definidos este problema diminuiu, pois todos têm um modelo único de operação. A coordenadora do Sistema considerou excelente a acolhida geral dos funcionários da Unipar, a melhor dentre as outras empresas em que ela trabalhou, e atribuiu isto ao nível geral de escolaridade da fábrica.

A elaboração dos procedimentos e instruções ficou a cargo do pessoal de cada área envolvida, sendo posteriormente incluída no Sistema de Garantia da Qualidade. Eram realizadas reuniões com a coordenadora do Sistema, o coordenador e o pessoal da área. O papel da coordenadora era focalizar a atenção dos participantes somente nos aspectos relativos ao Sistema de Garantia da Qualidade. Após aprovados os procedimentos e instruções entravam imediatamente no Sistema. Para verificar se eles estão sendo observados a Unipar realiza regularmente auditorias internas. Elas são importantes pois simulam uma auditoria real, quando é avaliado o cumprimento das especificações que constituem a norma ISO 9000.

Não houve, até o momento, qualquer problema na implantação do Sistema de Garantia da Qualidade na Unipar Divisão Química. Mesmo com enxugamento do cronograma de 40 para 18 meses foi possível a obtenção da certificação ISO 9000 e em todas as auditorias posteriores ela foi mantida. Foi de extrema importância para que isto ocorresse a participação ativa de todos os funcionários da empresa. O caso da operação, citado anteriormente, ilustra este fato. O grande desafio não foi somente escrever procedimentos e instruções num prazo menor, mas segui-los por livre e espontânea vontade, que é o que conta realmente durante uma auditoria. Esta participação ocorreu justamente num momento de demissões na empresa, quando o ânimo dos funcionários estava afetado pelo clima formado durante a administração Odebretch. Neste momento foi fundamental a Gerência de Processos (antiga Divisão de Tecnologia e Desenvolvimento) e da Coordenação do Sistema da Qualidade tomarem a frente dos esforços para não deixar a empresa perder de vista objetivos inicialmente propostos.

VI.5- Conclusão - o Caso Unipar.

Para concluir esta análise do caso Unipar, é importante abordar alguns pontos. Inicialmente, deve ser levado em consideração que ela é a única indústria brasileira produtora de cumeno, produto que responde por aproximadamente dois terços do seu faturamento, e que praticamente todo ele é vendido para uma única empresa, a Rhodia. Até a abertura do país às exportações, este dado era decisivo para a confecção da sua estratégia de atuação empresarial, mas ainda existe hoje em dia uma forte componente política que faz com que este quadro de exclusividade permaneça, reforçado por acordos de parceria entre as duas empresas. Paralelamente, a Unipar

também é uma empresa cujas exportações têm um peso relativamente grande quando comparada a outras indústrias petroquímicas brasileiras, já que a quase totalidade da sua produção de oxoálcoois e isoparafinas é destinada ao exterior, especialmente Europa. Deste modo, foram os compromissos externos que levaram primariamente a Unipar à modernização tecnológica. A qualidade do seu produto final nunca foi questionada pelos clientes. No entanto, de acordo com informações fornecidas pela Superintendência, a crescente globalização da economia começou a empurrar a empresa para o caminho da redução de custos de produção - liderança no custo (Capítulo V) -, de modo a poder disputar no quesito preço o mercado mundial e preparar-se para um futuro acirramento da concorrência interna, resultante da abertura econômica do país. Como na composição dos seus custos a mão-de-obra tem um peso muito reduzido e a matéria prima, ao contrário, um peso extremamente elevado (Tópico VI.3), o aumento da sua competitividade passava obrigatoriamente pelo aumento da produtividade e da qualidade do seu processo produtivo.

Isto é evidenciado a partir da definição dos objetivos traçados pela Unipar a serem alcançados com a implantação do CIM e do Sistema de Garantia da Qualidade (Tópico VI.4). Nota-se claramente que a agilização das tarefas do dia-a-dia causa grande preocupação. Isto pode ser explicado pela antiga estrutura organizacional da empresa, que contava com duas Superintendências sem áreas de influência explícitas, dando a algumas reuniões decisórias um caráter de colegiado. A reestruturação ocorrida lhe conferiu um aspecto mais enxuto. Por exemplo, a passagem da área comercial para outra empresa do grupo eliminou uma atribuição que não fazia parte daquilo que é considerado o interesse principal da empresa.

A partir daí, é possível verificar que o projeto de modernização da Unipar observa as três correntes de apoio ao CIM descritas na primeira parte do trabalho: utilização de equipamentos e sistemas baseados na tecnologia da informação, adoção de nova prática gerencial - o Sistema de Garantia da Qualidade, que prevê a adoção do Gerenciamento da Qualidade Total - e reestruturação organizacional.

Ao trocar a instrumentação de campo remanescente, com tecnologia analógica, por outra, com tecnologia digital, a Unipar deu o passo decisivo para a interligação da rede produtiva (SDCDs) com a rede admi-

nistrativa numa rede corporativa geral. Só com esta atitude a empresa já alcançará um ganho significativo no aspecto agilidade, pois conseguirá melhorar o fluxo de informação no seu maior gargalo, de acordo com a Superintendência: a troca de dados entre a Sala de Controle e o Laboratório de Controle e Desenvolvimento. Na sua área produtiva a Unipar possui aproximadamente 500 pontos de coleta de produto para análise. Existe um planejamento que estipula quando as amostras devem ser coletadas e quando os resultados devem ser encaminhados aos operadores da Sala de Controle que, de acordo com estes resultados, devem promover as ações cabíveis. Atualmente todos estes relatórios são gerados manualmente, através do preenchimento de planilhas específicas. O problema ocorre porque, não raro, os resultados chegam com atraso. Isto gera uma série de conflitos entre operadores e laboratoristas. A intenção é que os resultados das análises fiquem sempre disponíveis na rede para serem acessados tanto pelos operadores como pela gerência em tempo real.

Um aspecto importante a ser observado é que a nova rede do SDCD irá gerar uma necessidade de treinamento em três áreas diferentes: Operação, Manutenção e Engenharia de Projetos. A Operação receberá treinamento *on-the-job*, pois a nova console de operação e seu funcionamento são similares aos do equipamento antigo - dado que influenciou bastante a sua aceitação. Já a Manutenção e a Engenharia de Projetos deverão receber treinamento específico, fornecido pela Unicontrol, já que existe uma diferença significativa entre as duas gerações de sistemas no computador central, em termos de arquitetura (Tópico II.2).

Quanto ao Sistema de Garantia da Qualidade, ele será um dos grandes beneficiados com a introdução do CIM, devido à sua estrutura fortemente procedimental. Como já foi mencionado, o objetivo da Unipar não é melhorar a qualidade do seu produto, considerada boa pelo mercado, mas aprimorar a qualidade do processo produtivo e do controle do processo produtivo, elevando a produtividade da planta. O passo inicial já foi dado com a certificação da norma ISO 9000, primeiro objetivo traçado para o Sistema de Garantia da Qualidade (Tópico VI.4.2). Ela está criando condições para o desenvolvimento das funções internas da empresa em termos qualitativos, pois, no lugar de garantir a qualidade do produto propriamente dito, ela cria um sistema que assegura o deflagramento de ações corretivas sempre que um evento inaceitável ocorrer durante a operação da fábrica (Tópico

III.2.1). O CIM vai criar facilidades no armazenamento do conjunto de procedimentos corretivos e os manterá disponíveis para toda empresa em tempo real, evitando atrasos na sua execução.

A reestruturação organizacional é o passo decisivo para que a Unipar possa aproveitar a agilidade oferecida pelo CIM. O principal objetivo, segundo a holding, é flexibilizar a estrutura hierárquica, redefinindo tarefas e atribuições de modo a evitar conflitos de autoridade e ainda conferir rapidez às decisões, que passarão a ser auxiliadas pelo novo sistema. Com isto, foi inevitável a permanência de apenas uma Superintendência. No âmbito funcional todas as tarefas que não estejam diretamente ligadas ao negócio da empresa - produção de petroquímicos intermediários - serão terceirizadas por determinação da holding Unipar. Se enquadraram nesse caso toda parte de comercialização e vendas dos produtos e alguns serviços de manutenção não essenciais à continuidade operacional, como limpeza, ar condicionado, conservação de jardins e pintura (Tópico VI.3). Alguns setores estão agregando outras funções. A Engenharia de Processos está se incumbindo, com o auxílio de uma equipe da Unipar Comercial, pelo planejamento comercial da empresa. Um dos engenheiros de processo comentou que agora, além de engenheiro, ele também é economista. Esta situação, no entanto, foi bem assimilada pela equipe. Segundo outro engenheiro de processo, atualmente é mais interessante, pois um novo campo de atuação está sendo aberto, e eles estão podendo aplicar seus conhecimentos numa área completamente diferente da que eles conheciam. Cada turno de operação passou a contar com um técnico em manutenção eletrônica, para executar pequenos serviços corretivos na instrumentação digital (SDCDs e equipamentos de campo). Um dos operadores não acha necessária a presença do técnico no turno, já que raramente acontece algum problema que eles não possam contornar. O objetivo da empresa, no entanto, é, no médio prazo, criar equipes em que os operadores tenham condições de também realizar serviços de manutenção de menor complexidade, maximizando o tempo de uso dos equipamentos. De acordo com a Gerência de Operações Industriais, isto já está sendo realizado em algumas plantas no Japão e no Oriente Médio. Nestes dois casos a tecnologia da informação está tendo um papel fundamental para seu sucesso. A Engenharia de Processos está ligada, via rede de comunicação, a agências nacionais e internacionais, o que permite a obtenção de informações necessárias às suas novas atribuições, tais como: tomada de preços de produtos no exterior, demanda dos produtos comercia-

lizados pela Unipar, entre outros. Já a manutenção dos novos equipamentos foi facilitada pela integração da tecnologia digital, que permite uma simples substituição dos cartões que apresentam defeito, sem a necessidade de tirar o instrumento de uso.

Quando o CIM estiver consolidado operacionalmente a Unipar pretende criar os mecanismos necessários para agilizar suas atividades com seus clientes e fornecedores. Transações com a Rhodia e Unipar Comercial serão processadas através de EDI, tendo em vista a diminuição do tempo para concretização de negócio. Fornecedores de matéria prima e insumos serão incentivados a formar parcerias. Isto facilitará a tomada de preços e o processo de compra destes bens.

A Unipar constituiu o CIM de forma modular. Inicialmente, houve um grande investimento em tecnologia da informação, com a implantação de SDCDs para controlar o processo produtivo e de uma rede de comunicação para assuntos administrativos. A seguir, precisou introduzir o Sistema de Garantia da Qualidade para conseguir a certificação ISO 9000. Na mesma época deu início ao projeto do CIM. E, pouco tempo depois, implementou a reestruturação organizacional. Deve ficar claro, no entanto, que não houve um planejamento específico para que esta seqüência ocorresse. Não havia por parte da alta gerência da empresa uma idéia clara da necessidade de modificações específicas para se explorar ao máximo o potencial das novas tecnologias. O projeto do CIM não teve, a princípio, nenhuma imbricação com o projeto do Sistema de Garantia da Qualidade ou com a reestruturação organizacional. Com o decorrer do tempo esta situação vem se modificando. Graças a maior experiência adquirida através de contatos com outras empresas, artigos e livros sobre o assunto, a Unipar se conscientizou de que todas estas inovações devem obedecer a um objetivo comum, ditado por uma estratégia de atuação empresarial. Hoje em dia já existe um movimento na alta gerência para se tratar inovações tecnológicas como uma entidade única, englobando desde o Sistema de Garantia da Qualidade até modernização de equipamentos de controle de processos.

As alterações que estão ocorrendo dentro da fábrica acarretarão, naturalmente, grandes conflitos por causa da acumulação de funções que vem ocorrendo em todos os setores da empresa - com exceção da operação, que manteve o mesmo número de funcionários. Houve uma forte

intensificação da quantidade de trabalho, o que intensificou também as responsabilidades dos envolvidos, gerando a necessidade de novas qualificações (Tópico VI.3). Esta tendência ao descontentamento dos funcionários, fruto de uma estrutura cultural há vinte anos incrustada na Unipar - onde existia um grande número de departamentos que se responsabilizavam por cada detalhe do negócio - já é esperado pela alta gerência da empresa, que desde o primeiro momento se preocupou em estimular a participação dos trabalhadores, para que os efeitos do processo de mudança pudessem ser amenizados. Além das palestras explicativas (Tópico VI.4.1), a Unipar conferiu a cada departamento autonomia para estabelecer sua própria configuração dentro da rede corporativa - telas, capacidade pretendida, etc. Somente após esta definição foram especificados os requisitos do sistema. Assim, foram os próprios operadores que desenharam as telas de operação dos novos SDCDs. De acordo com um deles, que trabalha na empresa desde sua inauguração, isto não havia ocorrido em 1985, quando foi instalada a primeira rede, gerando grande insatisfação e desconforto, tornando necessárias inúmeras reconfigurações, até ser atingido um estágio de apresentação e funcionalidade satisfatório.

Seguindo a idéia das palestras para apresentação do CIM, a Superintendência vem promovendo reuniões diárias com grupos de funcionários para apresentar o novo organograma e dirimir dúvidas existentes. Estes encontros estão se realizando durante o almoço, com o intuito de criar um caráter informal para a ocasião. A grande preocupação é formar uma estabilidade interna, eliminando expectativas que possam ser frustradas. Ainda nesta linha, a Unipar criou uma campanha de sugestões anual, com o objetivo de envolver todos os trabalhadores. A empresa premiará o autor da sugestão que trazer a melhor relação custo / benefício e também o autor do maior número de sugestões. São aceitas sugestões em todas as áreas, operacional ou não, e não precisam gerar economia para a empresa para serem aceitas. As sugestões são submetidas a uma comissão, formada pelos gerentes e coordenadores de cada área, que avaliam a sua exeqüibilidade e o retorno que trará para a empresa. Portanto, não há garantia quanto a execução de uma sugestão, situando a participação dos funcionários no âmbito das resoluções da empresa. O prêmio estipulado foi de mil reais nas duas categorias. Na primeira campanha, iniciada em setembro e finalizada em dezembro de 1994, foram recebidas 474 sugestões, índice considerado satisfatório pela Superintendência, por ter alcançado uma média maior que uma sugges-

tão por funcionário. Para 1995 é esperada uma média de três sugestões por funcionário. A Superintendência incluiu a campanha de sugestões no Sistema de Garantia da Qualidade, e agora ela faz parte do procedimento de trabalho de todos os departamentos da Unipar Divisão Química, sendo um requisito necessário para a certificação da ISO 9000.

O CIM representa para a Unipar não só uma melhoria interna, mas também um reforço na sua imagem. O Engenheiro de Projetos que faz parte do grupo-tarefa encarregado de levantar as especificações do CIM explica que na época do lançamento do primeiro SDCD a Unipar recebia uma média de três visitas - outras indústrias e grupos de estudantes - por mês para conhecer este tipo de instalação, inédita no Brasil. Depois disto ela perdeu terreno em relação a outras empresas no que diz respeito a automação do controle de processo produtivo, e perdeu o caráter de empresa pioneira, o que também é uma forma de marketing. Com o CIM em funcionamento a Unipar estará recuperando o terreno perdido.

Uma conclusão do caso Unipar é que a necessidade da empresa em otimizar a sua estratégia competitiva gerou uma urgência na implantação daquilo que se pode chamar de duas estratégias de apoio: uma estratégia produtiva, o CIM; e uma estratégia de marketing, o Sistema de Garantia da Qualidade, representado pela ISO 9000 em sua primeira fase. Ainda é muito cedo para avaliar os ganhos de produtividade e qualidade, até porque o projeto do CIM não está concluído - apesar de já ser possível verificar algum progresso nesta área com a certificação da ISO 9000, do Sistema de Garantia da Qualidade. A participação dos trabalhadores nestes dois projetos se deu simplesmente no nível operacional, com a alta gerência tomando para si a prerrogativa de comandar todo o processo decisório. Tampouco houve qualquer resistência ou reclamação por parte dos trabalhadores na época do lançamento dos dois projetos, ao contrário, as expectativas eram favoráveis à sua execução. As resistências se concentraram basicamente durante o primeiro corte de funcionários, realizado ainda na gestão Odebretch, mas não encontrou um campo propício ao seu desenvolvimento.

O acúmulo de funções resultante dos dois cortes vem gerando alguma insatisfação, e este será um dos maiores problemas a ser enfrentado pela Unipar - o caso do Laboratório de Controle, que teve o número de funcionários reduzidos em mais de 50% (Tópico VI.3) ilustra esta situação. A

discussão da revisão das formas de remuneração está descartada pela alta gerência, que seguirá as decisões do sindicato patronal ou do governo. Graças à reserva de mercado e pelo fato de ser uma empresa não intensiva em mão-de-obra a Unipar tem, historicamente, uma política salarial consideravelmente flexível, levando-se em conta outras empresas do setor. Paga 14 salários por ano, além de dar participação nos lucros aos empregados, assistência médica integral e plano de previdência privada. Com isto, pode faltar flexibilidade no debate de métodos alternativos de remuneração. O sindicato da categoria também não parece ter a força necessária para pressionar a Unipar, tanto que a maioria dos acordos entre empresas e trabalhadores no pólo de Capuava são fechados a sua revelia. A situação se mantém em relativa estabilidade graças a um trabalho de relações industriais que é mantido na fábrica. A exceção do breve período de controle da Odebretch, quando houve uma queda de qualidade nesta área, a política da Unipar sempre foi manter um bom relacionamento com os funcionários de modo a mantê-los estimulados. Isto é importante para a empresa visto que numa indústria de processo contínuo é necessário um engajamento constante, principalmente na área produtiva, para a manutenção das especificações dos produtos. Uma das alternativas está no investimento direto nos trabalhadores. Por exemplo, os membros da Engenharia de Processos, que passarão a cuidar do planejamento comercial, deverão receber treinamento adequado e estímulo para se desenvolver nesta disciplina, através de cursos de extensão, intercâmbio com outras firmas e instituições e prêmios individuais por mérito.

VII- CONCLUSÃO.

Este trabalho procurou discutir o tópico da Automação Industrial - especialmente no setor petroquímico - levando em consideração as novas tecnologias que permitem o pleno aproveitamento de todo o potencial existente na fábrica: a tecnologia da informação, para controle e supervisão dos processos produtivos e administrativos; a tecnologia gerencial, que surge como facilitadora da execução das tarefas da empresa; e a tecnologia organizacional, para a reestruturação da organização do trabalho visando um ganho de agilidade operacional. Diferenciou-se a partir daí as formas como uma indústria pode se automatizar. No processo chamado substitutivo há uma introdução isolada da tecnologia da informação, com seus equipamentos e sistemas realizando o mesmo trabalho que já vinha sendo efetuado antes, apenas de forma mais eficiente e que, mesmo observando algum aumento de produtividade inicial, tende a se estagnar com o decorrer do tempo. Já o processo integrativo, aquele onde as três correntes tecnológicas acima descritas são inseridas na empresa - mesmo que em diferentes momentos, como no caso da Unipar -, é o que pode levar a um efetivo aumento de competitividade. Este modelo representa a configuração ideal de um sistema CIM.

O CIM, como foi enfatizado, não deve ser tratado como um produto definido, mas como uma estratégia que, considerando a capacitação tecnológica e os recursos humanos de cada empresa, consegue levá-la a estabelecer uma vantagem competitiva dentro do seu nicho de atuação. A transformação da economia mundial e o aumento da competição entre as empresas por diferentes mercados foram os principais fatores que impulsionaram as mudanças ocorridas no seio do setor secundário, acelerando a crise do fordismo (Tópico I.1). O CIM serve como uma ferramenta que permite o aumento da flexibilidade da indústrias, num momento em que não mais a escala de produção, mas a qualidade e a produtividade regem o padrão de sucesso empresarial. A implementação do CIM requer uma avaliação e um planejamento cuidadosos. Castro [14] diz que: “Mais do que nunca, precisamos critérios sólidos para avaliar a viabilidade dos investimentos e direcionar sua implantação, de modo que a automação seja efetivamente um apoio para os negócios saírem da crise e não um peso a arrastá-los inexoravelmente para o fundo do poço”. A organização da empresa tam-

bém é importante, de acordo com Valle [59]: “Não adianta informatizar o caos organizacional”.

A partir daí pode-se tentar explicar o motivo pelo qual tantas vezes a automação de processos industriais não trouxe o resultado esperado pelas empresas. O contraste entre os investimentos maciços em tecnologia da informação - não somente na indústria, mas também no setor terciário -, com seu evidente potencial transformador, e os lucros auferidos a partir destes investimentos contribuíram para uma percepção crescente de que é preciso reexaminar muitos dos pressupostos fundamentais quanto à estruturação e uso da informação e de sua tecnologia. Os investimentos em tecnologia da informação eram apregoados por vendedores, consultores e jornalistas como ferramentas que criariam uma revolução no mundo produtivo. A tecnologia da informação criaria escritórios e fábricas sem papéis, onde todos os funcionários, de uma forma igualitária, teriam acesso aos meios necessários para fazer contribuições mais criativas e significativas, de modo que suas empresas pudessem alcançar seus objetivos. No entanto, muito pouco desta utopia se realizou. Foi criada a expectativa de que os investimentos em tecnologia da informação eram estratégicos, capazes de criar uma vantagem competitiva substancial, quando na verdade, numa era de globalização e acirramento da concorrência na economia, é a informação propriamente dita que possui todo o potencial estratégico para as organizações. Apesar de óbvia, esta afirmativa encerra a característica do ritmo alucinante de novidades que a indústria da tecnologia da informação fornece quase que diariamente (Tópico I.1), o que faz com que as atenções se concentrem muito mais naquilo que a tecnologia é capaz de fazer do que na criação de meios mais eficazes para a obtenção e o tratamento das informações, agregando valor ao processo produtivo.

Williams e Edge [62] tentam explicar o motivo de tantos insucessos nesta área: “Apesar de tecnologias integradas serem promovidas como algo interligado com uma visão da transformação de organizações, na prática são as próprias tecnologias as mais imediatamente transformadas. Sistemas integrados são, na verdade, configurações complexas de elementos tecnológicos e organizacionais que precisam ser customizados para se adaptarem às condições produtivas na qual são introduzidos. (...) Por esta razão, sistemas integrados baseados na tecnologia da informação como CAPM foram estigmatizados pelas suas falhas na Grã-Bretanha, na Europa

e nos Estados Unidos; apesar de níveis de investimentos substanciais realizados por organizações que esperavam dramáticas transformações, estes sistemas não forneceram o tipo de ganho de produtividade que se esperavam deles”. Corbett *et alli* [19], por sua vez, atribuem importância ao des-caso com a organização do trabalho e a motivação dos funcionários: “Na maioria dos casos as abordagens orientadas para a técnica⁴ falharam na produção dos resultados desejados. Cada vez mais se torna óbvio - mesmo entre cientistas da computação, mas essencialmente no círculo dos gerentes industriais - que as razões para isto encontram-se na carência de se tratar em profundidade da realidade da organização do trabalho e da educação dos usuários finais. Graças a uma educação insuficiente e talvez também uma motivação insuficiente, os usuários finais foram continuamente tomados como sendo insuficientemente ‘disciplinados’ para lidar corretamente com os sistemas. Além disso, estruturas tradicionais de organização do trabalho criaram restrições inesperadas e desperdício de recursos”. É necessário que sistemas que se baseiam na flexibilização da produção não sejam aplicados de um modo rígido (Tópico V.1.2).

Apesar deste aspecto, a automação das indústrias é um caminho natural para o aumento não só da competitividade como também da segurança do trabalho. Zaccolo [64] aponta os grupos de atividade que deveriam ser os principais alvos dos esforços de automação:

- Trabalhos que não agregam valor: movimentações, transportes, esperas, inspeções visuais, armazenagens aguardando operações, tempo de espera para receber componentes, entre outros.
- Trabalhos de risco ou perigo: operações realizadas pelo homem em áreas com atmosfera tóxica, com temperaturas extremamente altas ou extremamente baixas, material muito pesado para o manuseio, proximidade de equipamentos rotativos ou pressurizados e ambientes com alto índice de radiação.
- Trabalhos repetitivos: trabalhos que exigem movimentos repetitivos realizados freqüentemente, onde não é requerido qualquer tipo de julgamento ou perícia.

Todos eles são casos onde é desejável a substituição do trabalho humano, pois a sua presença pode influenciar o desenvolvimento do serviço, devido a lentidão ou a acidentes. Entretanto, a substituição total de

⁴ N.A.: Technique-oriented approaches.

trabalhadores por máquinas não pode mais ser encarada como algo factível, apesar de ter sido idealizada durante um bom período, como nos diz Williams [61]: “Por exemplo, um conjunto de novas tecnologias (robótica, CAD, CNC, etc.) foi inicialmente concebido e apresentado como causador direto de deslocamento das habilidades do chão-de-fábrica. Esta abordagem é fruto de uma visão (mítica?) da Fábrica Automática”. O corpo de funcionários da empresa, desde o mais graduado até o mais simples, faz parte de um sistema produtivo, que inclui ainda equipamentos, clientes, fornecedores, meio ambiente, e outros.

A este respeito, Lipietz e Leborgne [38] colocam: “Antes de mais nada, as virtudes imputadas às máquinas (supõe-se que elas jamais se cansem ou façam greve) são contrabalançadas pelo fato de elas estarem sujeitas a panes. Ainda que um robô padrão tenha uma pane provável de apenas 1%, não se pode esquecer que uma cadeia de robôs pode compreender de 30 a 50 máquinas, onde a pane de uma delas acarreta a interrupção de todo o processo. Assim, a taxa de disponibilidade do conjunto se reduz de 30% a 50%, a menos que, em campo, operadores manuais sejam capazes de compensar as operações interrompidas, ou que a equipe de manutenção possa intervir em tempo real, ou ainda, que programas de emergência modifiquem o funcionamento automático do conjunto dispensando a máquina em pane”. Vê-se, assim, que a flexibilidade pretendida localiza-se muito mais nas mãos de trabalhadores devidamente preparados do que puramente na capacidade de equipamentos e sistemas, por mais poderosos que estes sejam. Esta idéia também contempla um aspecto de qualidade e produtividade como dependentes da participação direta dos trabalhadores. Os próprios Lipietz e Leborgne [38] completam mais a frente: “(...) a implantação dessa flexibilidade (isto é, de uma modificação rápida nas regulagens do dispositivo) é uma operação bastante complexa que requer uma extensa atividade em tempo real, implicando no mesmo instante a concepção, a manutenção e o pessoal da fabricação. Mais amplamente, a instalação de novas tecnologias implica num processo de aprendizado que concerne ao mesmo tempo aos equipamentos e seus modos de gestão, e que mobiliza uma força de trabalho qualificada relativamente importante”.

A própria automação em massa, prevista na década de 1960 com o desenvolvimento cada vez maior da microeletrônica, continua cada vez mais afastada da realidade. Castro [14], a este respeito, escreve:

“Esperava-se uma explosão no mercado de equipamentos: comandos numéricos, controladores programáveis, robôs, computadores industriais, redes de comunicação e sistemas digitais de controle distribuído. Essa explosão não aconteceu. A automação ficou bem longe das expectativas otimistas e as decepções foram muitas. Fábricas ultra-modernas, totalmente automatizadas, deram prejuízos e mostraram-se menos eficazes que instalações mais antigas, onde o ritmo de produção ainda estava nas mãos dos trabalhadores e não das máquinas”.

Deste modo, a participação efetiva de todos trabalhadores se torna essencial num projeto de modernização tecnológica - seja ele o CIM, onde se faz necessária a utilização de equipamentos e sistemas baseados na tecnologia da informação, seja ele o Gerenciamento da Qualidade Total, onde investimentos deste tipo não são absolutamente imprescindíveis. Vários autores têm exposto este ponto de vista. Paracone e Uberto [42] colocam como características da nova força profissional a interpretação e a decisão, habilidades inerentes a qualquer ser humano, mas que podem ser postas em prática ou não, dependendo do grau com que cada empregado se sente envolvido no sistema e da forma de organização do trabalho. Mais uma vez nota-se uma crítica ao modelo fordista, onde o trabalho se apresenta extremamente parcelizado, banalizado e sem autonomia. Brödner [10] enfatiza que “(...) em lugar de buscar as possibilidades da técnica e os limites do homem, é necessário achar uma divisão de funções e uma forma de interação entre o homem e a máquina que leve em conta os pontos fortes e fracos de um e outro. Para isso é preciso partir de uma imagem do homem adequada”. Segundo Townsend [55], “(...) existe um modelo desenvolvido para se chegar à qualidade que funciona muito bem: dispersar o poder e envolver 100% dos funcionários”.

Assim, surge a necessidade de se redefinir o papel de dois fatores decisivos para que se consiga a participação desejada. O primeiro deles trata das relações industriais. Numa era em que o papel do homem na busca da produtividade e da qualidade é essencial, Zamberlan e Lianza [65] colocam a democratização das relações industriais “(...) como um tema imperativo na agenda da modernização industrial, seja por seu valor ético, seja por ser um parâmetro intrínseco a várias abordagens sobre os novos modelos de organização da produção e do trabalho”. Sindicatos patronais e trabalhistas devem procurar encontrar a melhor forma participativa para

cada empresa e o modo como os trabalhadores serão estimulados a tomar parte deste processo, levando em consideração que atualmente a concorrência não reside mais no âmbito nacional, mas se espalhou por todo mundo.

O outro ponto decisivo acerca de todo este processo de mudança faz referência a parte da discussão apresentada neste trabalho, que determinou, implícita ou explicitamente, a necessidade de empresas e indivíduos desenvolverem seu potencial, capacitando-se na realização de suas tarefas, assimilando novas tecnologias e utilizando cada informação adquirida neste processo de aprendizagem na realimentação da performance global.

Um modo de se encarar as empresas é considerando-as como organismos vivos, que interagem com seu ambiente, e tentam sobreviver e se desenvolver. Este modelo, fazendo uma analogia ao desafio que as indústrias estão enfrentando atualmente, implica na constante necessidade de adaptação e de exclusão. De acordo com Gallota [30], qualquer falha de apreciação num ambiente altamente competitivo e turbulento pode levar a uma perda de competitividade e possibilitar o desaparecimento da empresa, enquanto que outras, mais ajustadas e ágeis, se adaptam melhor. Mas o desafio não se resume a uma simples adaptação, seguindo-se de acomodação. Ao invés disto, existe a necessidade da construção de um sistema de renovação contínua, correspondente ao ambiente de mudança, com estabilidade interna suficiente para manter a empresa em operação. Assim, qualquer solução tecnológica não deve ser vista como um remendo de curto prazo, mas sim como um processo de melhoria contínua - e não importa a extensão de suas qualidades, sempre existe espaço para melhorias futuras.

Isto mais uma vez realça a definição de Organização Total. Se estamos nos transferindo de uma era onde predominou a intensividade do capital para outra, na qual o conhecimento e a habilidade na resolução de problemas se tornam tão importantes quanto os equipamentos, então a habilidade em se tornar uma *learning organization* - empresa com alta capacidade de absorver aprendizado num sentido generalizado, a partir da experiências dos seus funcionários, termo encontrado em autores como Bessant [8] e Bell [5] -, constantemente criando e desenvolvendo conhecimento, torna-se essencial. Mas, mesmo com o avanço da Inteligência Artificial, a criatividade e o conhecimento tácito não podem ser incorporados a máqui-

nas num nível suficiente. Significativamente, isto marca uma mudança de perspectiva no processo de trabalho tradicional, que culminou com o fordismo e visou marginalizar e posteriormente eliminar o trabalhador, substituindo-os por máquinas onde possível. Como explica Segre [49]: “A partir da análise das mudanças tecnológicas e organizacionais e das novas exigências para o trabalho fica claro que os modelos tayloristas / fordistas baseados na separação radical entre concepção e execução do trabalho, sendo este composto por tarefas superparcializadas realizadas por uma mão-de-obra desqualificada, não satisfaz mais para o desenvolvimento dos setores produtivos hoje”. Na *learning organization* são os seus Recursos Humanos, em todos os níveis, que vão contribuir para a vantagem competitiva ao introduzirem as capacidades de flexibilização e aumento de qualidade no processo produtivo. Segundo Bell [5], “(...) uma empresa sofre o processo de desenvolvimento da sua capacitação tecnológica quando as pessoas envolvidas nesse processo adquirem as habilidades e os conhecimentos necessários”.

Num país como o Brasil, com problemas no campo educacional insolúveis no curto prazo, isto se torna um problema complexo, diferentemente do que ocorre nas economias industriais avançadas, onde, de acordo com Segre [49], os requisitos de qualificação levaram a exigências maiores do grau de escolaridade da força de trabalho: “A partir de algumas experiências européias e asiáticas pode-se relacionar um maior nível de educação básica e profissional da sua mão-de-obra à uma transição mais rápida aos novos sistemas de produção. Em particular é ilustrativo o exemplo das economias asiáticas que investem na universalização de uma boa educação de 1º e 2º grau como requisito para acelerar a adoção, adaptação e absorção da tecnologia”. A Coréia do Sul, por exemplo, que tinha um quadro educacional pior que o brasileiro e hoje conta 92% dos jovens com primeiro e segundo graus completos, gastou mais de vinte anos para atingir este nível. Algumas indústrias brasileiras começam a tentar amenizar esta situação, incorporando salas de aula ao seu chão-de-fábrica e investindo maciçamente em treinamento e educação. Outras, como a Unipar Divisão Química - ainda que ela especificamente não siga uma norma estrita a este respeito -, têm a necessidade imediata de mão-de-obra especializada, e exigem uma escolaridade mínima já na contratação do funcionário. Segre [49], a este respeito, comenta: “Os empresários mais modernos estão hoje aumentando as exigências de escolaridade, e demonstram preocupação com

o treinamento de sua força de trabalho obtido seja em cursos técnicos de aperfeiçoamento profissional, seja em cursos de formação básica de primeiro e segundo grau que promovam capacidade de abstração, pensamento lógico, destreza, rapidez, confiabilidade e desempenho de tarefas variadas. Paralelamente eles estão mudando as relações industriais implementando tentativas de estabilização do emprego para reduzir a rotatividade e para obter um maior envolvimento dos trabalhadores com os novos modelos de produção”.

Um dos casos que exemplifica esta atitude está acontecendo atualmente com a Calçados Azaléia, a maior fabricante nacional de calçados femininos - faturamento previsto para 94 de 300 milhões de dólares -, e tradicionalmente uma grande exportadora. A indústria de calçados brasileira é primordialmente intensiva em mão-de-obra. Em 1990 foi realizada uma pesquisa dentro da Azaléia, e constatou-se que 80% dos seus 8.500 funcionários não tinham sequer o primeiro grau completo. A partir daí foi lançado pela empresa um projeto com o objetivo de fornecer educação básica a todos os seus trabalhadores, de modo a dar-lhes as condições necessárias para impulsionar a produtividade da fábrica. A expectativa é que até 1996 todos os funcionários tenham terminado no mínimo o primeiro grau. A grande preocupação da Azaléia reside na concorrência chinesa, que desde meados da década de 1980 vem conquistando o mercado internacional graças ao achatamento dos seus preços, via custo reduzido da sua mão-de-obra. Desde o lançamento do projeto houve uma diminuição do retrabalho das peças: de 2 pares por 1000, em 1989, para 0,8 hoje em dia, e com uma expectativa de chegar a 0,4 nos próximos dois anos.

No entanto, as empresas sabem que este não é o tipo de problema que possa ser enfrentado com soluções paliativas, tanto que a exigência de uma escolaridade mínima na admissão de novos funcionários já se tornou um procedimento normal em grande parte delas. Ainda que a participação da sociedade seja desejável, esta discussão pertence visivelmente à esfera governamental. Este é um setor que também deve sofrer uma reestruturação completa de modo a se concentrar exclusivamente em assuntos de interesse de âmbito geral, dentre eles a educação e a saúde. A inserção do país numa economia de escala global passa necessariamente pela capacitação dos seus trabalhadores, de modo a desenvolver todo potencial competitivo das suas empresas.

Para terminar, cabe lembrar que o estudo desenvolvido neste trabalho tratou apenas da conceituação do CIM para que ele pudesse ser implantado como uma ferramenta produtiva, atendendo a uma estratégia de negócio mais geral da empresa. Foi enfatizado que o CIM não é a simples introdução de uma rede de comunicação comum, unindo a rede produtiva à rede administrativa, e este é o principal motivo para que investimentos deste tipo não alcancem os objetivos idealizados. A reestruturação de toda a organização e a utilização de novas técnicas gerenciais são importantes para que se possa aproveitar todo o potencial oferecido pela evolução da tecnologia da informação. Neste contexto, ressaltou-se a importância da participação de todos os trabalhadores envolvidos num processo de modernização tecnológica, já que eles são, na verdade, a fonte de toda a flexibilização que o novo ambiente industrial requer. Entretanto, a implementação do CIM propriamente dita foi aqui tratada de forma apenas superficial, e, apesar da grande quantidade de trabalhos já existente, é interessante retomar o assunto e pesquisar a implantação das quatro camadas do CIM de forma estratégica.

Mesmo dentro da Unipar não foi possível aprofundar a análise da modernização tecnológica promovida pela empresa, devido não só ao atraso do cronograma interno como também porque este tipo de projeto requer um prazo alongado para sua execução e estabilização. A caracterização destas dificuldades resultou num cumprimento qualitativo dos itens listados como objetivos deste trabalho (Tópico I.2). Portanto, um novo estudo de caso, quando já estiverem consolidados tanto o projeto de CIM quanto o de Sistema de Garantia da Qualidade, seria extremamente interessante, ainda mais se comparado com os dados e as expectativas levantados na pesquisa aqui apresentada.

BIBLIOGRAFIA.

- [1] ABREU, Romeu. CCQ - círculos de controle da qualidade. Edição do Autor. 1987.
- [2] ANTUNES JÚNIOR, José. Considerações sobre a concorrência inter-capitalista, a filosofia justo-a-tempo e o controle sobre os trabalhadores. PUC / RS. 1989.
- [3] ANTUNES JÚNIOR, José & Pires, Márcio. Indicadores de produção em ambientes JIT / TQC de manufatura. in Anais do 14º ENEGEP. 1994.
- [4] BADHAM, Richard. CAD / CAM and Human-Centered design. Department of Science and Technology Studies. Science and Technology Analysis. Working paper No. 6. University of Wollongong. 1991.
- [5] BELL, Martin. “Learning” and the accumulation of industrial technological capacity in developing countries. Science Policy Research Unit, University of Sussex. 1987.
- [6] BERNARD, John. CIM in the process industries. Instrument Society of America. 1989.
- [7] BERNARDES, Roberto. Novas tecnologias e modernização conservadora na Indústria Brasileira. São Paulo em Perspectiva. Vol.5, nº 3. Julho / Setembro. 1991.
- [8] BESSANT, John. Fifth wave manufacturing. Centre for Business Research. Brighton Business School. Brighton Polytechnic. 1990.
- [9] BRASIL, Haroldo. A empresa e a estratégia de terceirização. Revista de Administração de Empresas. Março / Abril. 1993.
- [10] BRÖDNER, Peter. La fábrica en la encrucijada: entre los caminos “tecnocéntrico” y “antropocéntrico”. Revista Sociología del Trabajo. Nº 2. Editora Siglo XXI. Invierno. 1987 / 1988.

- [11] BRUNSTEIN, Israel & Suzuki, Shirley. Neotoyotismo - tendências observadas. in Anais do 14º ENEGEP. 1994.
- [12] CARO, Richard *et alli*. Why are there three would-be fieldbus standards? Chemical Processing. February. 1994.
- [13] CARVALHO, Ruy. Why the market reserve is not enough: lessons from the diffusion of industrial automation technology in brazilian process industries. 1990.
- [14] CASTRO, Durval. As quatro qualidades da automação. in Anais do 5º CONAI. 1992.
- [15] CASTRO, Nádia & Guimarães, Antônio. Competitividade, tecnologia e gestão do trabalho: a petroquímica brasileira nos anos 90. 1991.
- [16] CHRISTIE, David. Improve plant performance with automation studies. Hydrocarbon Processing. November. 1993.
- [17] CLARK, Jon. New technology and industrial relations. New Technology, Work and Employment. Vol. 4, nº 1. Spring. 1989.
- [18] Confederação Nacional das Indústrias. Estado atual da gestão pela qualidade e produtividade nas indústrias brasileiras. Pesquisa. 1992.
- [19] CORBETT, Martin *et alli*. Crossing the border - the social and engineering design of computer integrated manufacturing systems. Springer-Verlag London Limited. 1991.
- [20] CROSBY, Andrew. Criatividade e desempenho nas organizações industriais. Editora Atlas. 1972.
- [21] DALCOL, Paulo & Miranda, Letícia. Implantação de células de manufatura: uma extensão para produtos discretos específicos. in Anais do 14º ENEGEP. 1994.
- [22] DAVENPORT, Thomas. Saving IT's soul: Human-Centered Information Management. Harvard Business Review. March - April. 1994.

[23] DUARTE, Aníbal *et alli*. Custos relacionados com a qualidade - plano para difusão de métodos de gestão. in Anais do 5º Congresso Brasileiro de Petróleo. 1994.

[24] EGREJA, Luiz. Preenchendo a lacuna entre o planejamento e o chão de fábrica. in Anais do 2º Congresso Anual da Sobracon. 1994.

[25] FERRARIS, Pino. Desafio tecnológico e inovação social: sistema econômico, condições de vida e de trabalho. Editora Vozes. 1990.

[26] FERREIRA, José. Custo / benefício para implantação de sistemas de produtividade. Controle da Qualidade. Nº 29. Outubro. 1994.

[27] FLECK, James. The development of Information-Integration: beyond CIM? Programme on Information & Communication Technologies. Working paper No. 9. University of Edinburgh. 1990.

[28] FREYSSINET, Michel. Dos formas sociales de automación. Revista Sociología del Trabajo. Nº 10. Editora Siglo XXI. Otoño. 1992.

[29] FURTADO, João. Ecocertificação de produtos e serviços. Controle da Qualidade. Nº 29. Outubro. 1994.

[30] GALLOTA, Alexandre & Tazza, Maurizio. Proposta de um ambiente computacional para análise de custos em Sistemas Flexíveis de Manufatura (FMS). in Anais do 2º Congresso Anual da Sobracon. 1994.

[31] GARIBALDO, Francesco. Antropos come soggetto. Spazio Imprensa. Nº 13. 1990.

[32] GRAHAM, John. Understand ISO 9000's application and requirements. Hydrocarbon Processing. May. 1992.

[33] GUIMARÃES, Antônio & Castro, Nádia. Inovação tecnológica, subjetividade operária e ação sindical na indústria petroquímica brasileira. UFBA. 1989.

- [34] GUIMARÃES, Antônio & Castro, Nádia. Tecnologia microeletrônica e reorganização do trabalho na petroquímica básica - caso "A" - relatório de pesquisas. UFBA. 1990.
- [35] HALL, Gerald. 30 years of Control Engineering and 25 years of computer control. Control Engineering. September. 1984.
- [36] IBANEZ, Álvaro. Automação da qualidade segundo a ISO 9000. Controle da Qualidade. Nº 27. Agosto. 1994.
- [37] JURAN, Joseph. Manual de controle da qualidade. McGraw-Hill. 1986.
- [38] LIPIETZ, Alain & Leborgne, Daniele. O pós-fordismo e seu espaço. Revista de Estudos Regionais e Urbanos. Ano VIII, nº 25. 1988.
- [39] MARTINS, Marcos. Convivências e rupturas - estudo da relação entre o modelo clássico e os novos sistemas de produção: estudo de caso no setor metal-mecânico do Rio de Janeiro. Tese de Mestrado. COPPE / UFRJ. 1992.
- [40] NORMS, Henry. Is anyone interfacing process control and management computers? Control Engineering. June. 1985.
- [41] PASINO, Ralph. Computer spurs profitability at General Chemical. Chemical Processing. November. 1990.
- [42] PARACONE, Corrado & Uberto, Franco. La tecnología en la fábrica de alta automatización. Revista Sociología del Trabajo. Nº 1. Editora Siglo XXI. Otoño. 1987.
- [43] PARADELA, Thales & Vidal, Mário. Negociando a implantação de programas de Qualidade Total com foco nos recursos humanos. Uma visão macroergonômica. in Anais do 14º ENEGEP. 1994.
- [44] PLACHTA, Isaak. Diagnósticos e perspectivas do setor petroquímico. Revista Petro&Gás. Maio. 1993.

- [45] PORTER, Michael. Estratégia competitiva. Editora Campus. 1986.
- [46] PORTER, Michael. Vantagem competitiva. Editora Campus. 1989.
- [47] RODRIGUES, Maria & Antunes Júnior, José. *Just-in-time*: nova forma de organização do trabalho. in Anais do 11º ENEGEP. 1991.
- [48] SEEMAN, Dick. An approach to an integrated manufacturing strategy. Fisher Controls International, Inc. 1988.
- [49] SEGRE, Lidia. Mudanças tecnológicas e organizacionais e seus impactos sobre a qualificação profissional. Congresso Internacional de Didática. La Coruña, Espanha. Setembro. 1993.
- [50] SEGRE, Lidia. Técnica para substituir o Homem ou para potencializar suas capacidades? Nuevamerica. Nº 56. Diciembre.1992.
- [51] SIMA, Arnaldo et alli. Centros CIM (“*Computer Integrated Manufacturing*”) - a experiência comparada entre brasileiros e europeus. in Anais do 2º Congresso Anual da Sobracon. 1994.
- [52] SOUZA, Libânio. Fieldbus. Instec. Maio. 1993.
- [53] STOUT, James. Develop a strategic automation plan. Hydrocarbon Processing. May. 1992.
- [54] TAKASE, Cláudio. Tendências futuras do controle de processos. Instec. Dezembro. 1992.
- [55] TOWNSEND, Patrick. O que Deming não viu. Revista Qualidade Total. Setembro. 1993.
- [56] TROUVÉ, Phillipe. Management de las flexibilidades o flexibilidades del management. Revista Sociología del Trabajo. Nº 7. Editora Siglo XXI. Outono. 1989.
- [57] TRUDEL, David & Goodwin Craig. How to manage automation projects. Intech. May. 1990.

[58] VALENTINA, Luiz & Oliveira, Ricardo. Sistemas de custeio no ambiente da manufatura integrada. in Anais do 2º Congresso Anual da Sobracon. 1994.

[59] VALLE, Rogério. Critérios de projeto e de gestão de sistemas CIM: a célula de manufatura integrada COPPE / SENAI Euvaldo Lodi. in Anais do 2º Congresso Anual da Sobracon. 1994.

[60] WILDER, Robert. How practical is CIM? It's a matter of plant-by-plant analysis. Modern Plastics International. February. 1991.

[61] WILLIAMS, Robin. The development of models of technology and work organisation with information and communications technologies. Programme on Information & Communication Technologies. Working paper No. 7. University of Edinburgh. 1990.

[62] WILLIAMS, Robin & Edge, David. The social shaping of technology: a review of UK research concepts, findings, programmes and centres. Mitteilungen. Nº 8. 1991.

[63] YERGIN, Daniel. O petróleo: uma história de ganância, dinheiro e poder. Scritta Editorial. 1993.

[64] ZACCOLO, Artemio. Automação para melhoria da qualidade. Controle da Qualidade. Nº 16. Setembro. 1993.

[65] ZAMBERLAN, Fábio & Lianza, Sidney. CIM versus CHIM. Flexibilidade, formação profissional e relações industriais. COPPE / UFRJ. Outubro. 1992.