

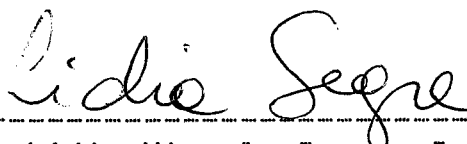
PROPOSTA DE UMA ESTRUTURA HIERÁRQUICA DE COMPONENTES
INFORMÁTICOS.

ESTABELECIDA A PARTIR DA AUTOMATIZAÇÃO DOS PROCESSOS DE
TRABALHO NA INDÚSTRIA DE PROCESSO CONTÍNUO.

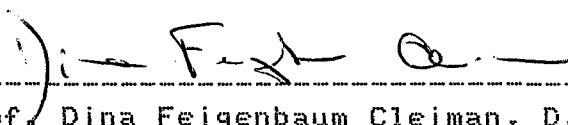
HECTOR RICARDO ACEVEDO ALMONACID.

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

Aprovada por :



Prof. Lidia Micaela Segre, D. Sc.
(presidente)



Prof. Dina Feigenbaum Cleiman, D.Sc.



Prof. Cesar Gonçalves Neto, Ph.D.

RIO DE JANEIRO, RJ-BRASIL

AGOSTO DE 1990.

ACEVEDO, HECTOR RICARDO

Proposição de uma estrutura hierárquica de componentes informáticos. Estabelecida a partir da automatização dos processos de trabalho na indústria de processo contínuo [Rio de Janeiro] 1990.

XI,222 p. 29,7 cm (COPPE/UFRJ, M.SC., Engenharia de Sistemas e computação, 1990).

Tese - Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE

i. Modelagem e estruturas hierárquicas de instrumentos informáticos. I. COPPE/UFRJ II. Título (série).

AGRADECIMENTOS

AOS PROFESORES:

LIDIA MICAELA SEGRE

DINA FEIGENBAUM

SILVIO TAVARES

RICARDO NAVEIRO

pelo apoio e ensinamentos transmitidos durante o curso
do mestado.

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

PROPOSTA DE UMA ESTRUTURA HIERÁRQUICA DE COMPONENTES INFORMÁTICOS.

ESTABELECIDADA A PARTIR DA AUTOMATIZAÇÃO DOS PROCESSOS DE TRABALHO NA INDÚSTRIA DE PROCESSO CONTÍNUO.

HECTOR RICARDO ACEVEDO ALMONACID

AGOSTO, 1990

Orientador: Lidia Micaela Segre.

Co-orientador: Silvio R. Souza Tavares.

Programa: Engenharia de Sistemas e Computação.

O propósito geral deste estudo é oferecer uma visão de conjunto do "controle" enquanto fenômeno organizacional, a partir da análise do controle de processos industriais baseado na utilização da Micro-eletrônica e da Informática.

No específico, interessa mostrar que o "controle", tem manifestações estruturais explícitas concordantes com o caráter hierárquico das estruturas organizacionais e com os instrumentos que elas utilizam. A partir desta visão, o objetivo do trabalho é formalizar

um modelo de controle que facilite a incorporação dos instrumentos informáticos.

Para isso é preciso, primeiro, identificar os elementos do processo de controle, sua hierarquia, e os escopos da utilização da Micro-eletrônica e da Informática e, segundo, descrever as organizações em função de conformações estruturais modeladas como redes hierárquicas de processos.

O análise inicia-se com o estudo do controle de processos, concentrando-se na indústria de processos contínuos, dada a grande difusão do uso de instrumentos automatizados de controle neste setor. A automatização na indústria de tipo discreto tem uma problemática diferente, recebendo não obstante, ultimamente um grande impulso com a integração do controle numérico, os robôs e a informática industrial.

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

PROPOSAL OF A HIERARCHICAL STRUCTURE OF INFORMATICAL COMPONENTS.

PUTTING OUT FROM THE AUTOMATION OF WORK PROCESSING IN THE CONTINUOUS PROCESS INDUSTRY.

HECTOR RICARDO ACEVEDO ALMONACID.

AUGUST, 1990

Thesis Supervisor: Lidia Micaela Segre.

Thesis Co-supervisor: Silvio R. Souza Tavares.

Department: Systems and Computer Engineering.

This work presents a study of control process in organizations specially in the Microelectronics and Informatics perspective. It offers a systems view as well as content and boundaries of the control process.

Specifically the work shows that the control in the organizations process deal whit the hierarchical structures. It is emphasised the role of the informatics instruments.

In order to accomplish the purposes, is necessary, in a first step to identify the control

process elements, its hierarchy and the boundaries of use of Microelectronics and Informatics. On the second step, it is necessary to describe the organizations facing the structures and the hierarchical nets of the process.

The analysis has its start with the study of process control, focuses the analysis on the continuous process, mainly because discrete process has a different problematics due to the impulse given to the integration of numerical control, robots and industrial informatics.

INDICE.

I.-	INTRODUÇÃO.....	1
I.1.-	Considerações gerais.....	1
I.2.-	Objetivo.....	2
I.3.-	Importância do trabalho.....	4
I.4.-	Revisão de literatura.....	5
I.5.-	Conteúdo do trabalho.....	6
II.-	NOVAS TECNOLOGIAS, AUTOMATIZAÇÃO E CONTROLE DE PROCESSOS.....	8
II.1.-	As novas tecnologias.....	8
II.1.1.-	A aplicação de Novas tecnologias.....	10
II.1.2.-	As novas tecnologias e a Informática.....	13
II.1.3.-	O âmbito da utilização das Novas tecnologias.....	14
II.2.-	As Novas tecnologias na indústria de processo contínuo.....	18
II.3.-	O objetivo da automatização na indústria de processo.....	19
II.4.-	Controle de processos mediante computador.....	22
II.4.1.-	Tipos de controle.....	22
II.4.2.-	Configurações.....	24
II.4.3.-	Funções num sistema de controle de processos.....	31

II.4.4.- Elementos de um controle distribuído	34
II.5.- Aspectos fundamentais da Teoria geral da regulação.....	41
III.- A UTILIZAÇÃO DA AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL NO SETOR PETROQUÍMICO.....	46
III.1.- A indústria Petroquímica.....	46
III.2.- A Petroquímica no Brasil.....	50
III.3.- A Petroquímica como atividade econômica.....	54
III.4.- Organização da atividade produtiva na Petroquímica.....	58
III.5.- A microeletrônica e sua utilização na Petroquímica.....	59
III.6.- Sistemas de controle de processos.....	63
III.7.- As técnicas de controle de processos....	69
III.7.1.- Instrumentos pneumáticos.....	71
III.7.2.- Instrumentos eletrônicos.....	74
III.7.3.- SDCD.....	78
III.7.4.- Vantagens técnicas do SDCD....	92
IV.- OS PROBLEMAS DA IMPLEMENTAÇÃO DA AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL E A INFORMÁTICA.....	96
IV.1.- Os problemas da condução em paralelo das atividades de automação e informatização.....	96
IV.2.- A experiência de Camaçari.....	101

V.-	UM MODELO PARA A IMPLEMENTAÇÃO DA INFORMÁTICA NA INDÚSTRIA PETROQUÍMICA.....	108
V.1.-	A noção hierárquica do controle.....	110
V.2.-	Os elementos do processo de controle na petroquímica.....	123
V.3.-	O caráter hierárquico do controle.....	126
V.4.-	A relação automação industrial e informática.....	137
V.5.-	A centralização do controle.....	143
V.6.-	Os alcances do modelo.....	147
VI.-	FORMALIZAÇÃO DE UM MODELO GLOBAL DE CONTROLE BASEADO NO USO DE INSTRUMENTOS INFORMÁTICOS.....	149
VI.1.-	Dimensão hierárquica da estrutura organizacional.....	149
VI.1.1.-	Nível estratégico.....	150
VI.1.2.-	Nível de gestão.....	152
VI.1.2.1.-	Sub-nível gestão global.....	152
VI.1.2.2.-	Sub-nível processos operacionais.....	156
VI.2.-	Dimensão estrutural dos processos.....	159
VI.2.1.-	O papel das transformações.....	163
VI.2.2.-	O papel da condução.....	164
VI.2.3.-	O papel das variáveis de controle.....	165
VI.2.4.-	Vetores de controle.....	167

VI.3.- Os sistemas de informação.....	171
VI.3.1.- Os sistemas de informação estratégicos.....	177
VI.3.2.- Os sistemas de informação de gestão.....	177
VI.4.- Os sistemas de bases de dados organizacionais.....	183
VI.4.1.- Agregação das bases de dados.....	186
VI.5.- Considerações sobre o escopo e limites do modelo.....	194
VI.5.1.- Os níveis de integração.....	194
VI.5.2.- Os sistemas informáticos.....	198
VII.- OS PROBLEMAS DE IMPLEMENTAÇÃO DO MODELO.....	201
VII.1.- Duas posições respecto à incorporação de instrumentos informáticos nas organizações.....	201
VII.2.- As barreiras à implementação do modelo.....	204
VIII.- CONCLUSÕES.....	211
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	217

CAPITULO I

INTRODUÇÃO.

I.1.- Considerações gerais.

O controle pode-se considerar como um fenómeno organizacional que tem manifestações estruturais explícitas decorrentes do carácter hierárquico e recursivo das estruturas organizacionais. Se caracteriza por não ser um fenómeno isolado, é parte de uma rede hierárquica que cobre toda a estrutura organizacional.

Quando se incorporam instrumentos informáticos -sistemas de informação, bases de dados, bases de conhecimento- aos processos de controle, eles tornam-se subordinados às instancias de "regulação" e "controle" e assumem também o carácter de uma rede hierárquica que se projeta verticalmente na estrutura organizacional.

I.2.- Objetivos.

O propósito geral deste estudo é oferecer uma visão de conjunto, conteúdo e alcances do "controle" enquanto fenômeno organizacional hierárquico com base na Micro-eletrônica e na Informática.

Em particular, interessa mostrar que o "controle", enquanto fenômeno organizacional, tem manifestações estruturais explícitas decorrentes do caráter hierárquico das estruturas organizacionais. A partir destas estruturas será formalizado um modelo de controle destacando o papel dos instrumentos informáticos.

Para isso é preciso, primeiro, identificar os elementos do processo de controle, sua hierarquia, e os alcances da utilização da Micro-eletrônica e da Informática e segundo, descrever as organizações em função de conformações estruturais modeladas como redes hierárquicas de processos.

O análise tem seu início no estudo do controle de processos, o qual se centrou nos processos contínuos, não abordando os de tipo discreto, que tem uma problemática diferente, e cuja automatização está recebendo, ultimamente, um grande impulso com a integração do controle numérico, os robôs e a informática industrial. Finaliza com um análise das barreiras a

serem superadas para que o modelo possa ser implementado.

I.3.- Importância do trabalho.

Até hoje poucos trabalhos, no âmbito da Informática e da Teoria das Organizações, tem apontado que o controle é um fenômeno organizacional com manifestações estruturais explícitas decorrentes do caráter hierárquico e recursivo das estruturas organizacionais.

Estudos que consideram a incorporação estrutural dos instrumentos informáticos aos processos de controle - e as dimensões verticais da organização - são ainda menos frequentes. Mesmo aqueles instrumentos, como o conceito de controle, são frequentemente analisados isoladamente, e não numa perspectiva integral.

Esta situação aparece claramente na revisão da literatura apresentada. Portanto a importância do trabalho reside no enfoque organizacional-estrutural-hierárquico no qual se consideram os elementos de análise.

1.4.- Revisão de literatura.

Em primeiro lugar analisam-se as Novas Tecnologias, a automatização e o controle de processos enfatizando a importância dos instrumentos informáticos na indústria de processo contínuo. Destacam-se os trabalhos de MONTERO (1988), CORIAT (1988), RADA (1980), CARVALHO (1987), BRUNO e SACCARDO (1986), ABRAMO (1988), PELIANO et AlII (1987), OGATA (1984), SCHOEFFLER (1984), NO (1987), entre os mais relevantes.

Em seguida aborda-se o estudo da utilização das Novas Tecnologias especificamente na Indústria petroquímica. As publicações consideradas, entre as mais relevantes, foram as de CATTANI et alII (1989), TEIXERA (1985), HAGUENAUER (1986), CARVALHO et alII (1988), SUAREZ (1986), GUERRA FERREIRA (1984), CASTILLO e LAQUES (1985), NACIT (1988).

Os aspectos relativos ao modelo global de controle, explicitando em sua estrutura o papel dos instrumentos informáticos, estão baseados principalmente no aporte de ASHBY (1972).

I.5.- Conteúdo do trabalho.

O estudo consta de sete capítulos além desta introdução que corresponde ao Capítulo I.

O Capítulo II, aborda o conteúdo e os alcances das Novas Tecnologias em relação à Indústria de processo contínuo, sua relação com a Informática e o controle de processos por computador.

O Capítulo III se refere especificamente à utilização das Novas Tecnologias no controle de processos na Indústria petroquímica, destacando sua evolução desde as etapas menos automatizadas.

O Capítulo IV trata dos aspectos relativos aos problemas da implementação da automação industrial e a informática. Apresenta também a estratégia de implementação da automação industrial em uma empresa petroquímica.

O Capítulo V, trata dos aspectos conceituais e estruturais do controle baseado na Micro-Eletrônica e Informática na Indústria de processo contínuo, destacando seus elementos e seu caráter hierárquico

O capítulo VI apresenta um modelo global de controle que explicita em sua estrutura o papel dos instrumentos informáticos, tomando a forma de uma rede

hierárquica de processos.

O Capítulo VII se refere aos problemas da implementação do modelo. Apresentam-se as principais posições em relação à incorporação de instrumentos informáticos nas organizações e as barreiras que devem superar-se.

O estudo finaliza com as conclusões obtidas em relação à visão do controle como um processo organizacional de características hierárquicas que assume perspectivas específicas na medida que utiliza instrumentos informáticos.

CAPÍTULO II.

NOVAS TECNOLOGIAS, AUTOMATIZAÇÃO E CONTROLE DE
PROCESSOS.

Algumas das chamadas "Novas Tecnologias" apontam conceitual e operacionalmente para a automatização de base microeletrônica. Entende-se por Automatização ao conjunto de tecnologias que permitem a substituição do trabalho humano, que incide diretamente no processo de trabalho como nas formas de organização das empresas. A automatização baseada na microeletrônica, é utilizada hoje no mundo industrial, particularmente das empresas de fluxo contínuo, como a petroquímica, que é objeto de análise neste estudo.

II.1 - As Novas Tecnologias.

Todas as mutações tecnológicas derivadas da utilização da microeletrônica se denominam "Novas Tecnologias", e falar de "Novas Tecnologias", é falar de equipamento ou máquina que realiza um processamento automatizado de dados.

Segundo MONTERO (1988a, p.8), "Se considera então como Nova Tecnologia toda maquinaria que tem e está ligada a uma calculadora. A principal característica destes equipamentos é que são programáveis, seja de

maneira direta ou em forma automática por um computador central".

CORIAT (1988), coloca que em geral os equipamentos que incorporam calculadoras são capazes de autoregular-se (mudança automática de operações em função dos parâmetros programados, retorno à normalidade depois de haver corrigido os erros, etc...).

Um documento do BID (1988) expressa que as Novas Tecnologias são a expressão desta revolução tecnológica, isto é, do grande progresso realizado na microeletrônica e informática. O conceito de informática abrange as tecnologias, atividades e serviços utilizados no armazenamento e processamento de informação, e o suporte lógico - software - utilizado para esse fim.

Falar de microeletrônica e informática é falar de computadores. E nesse contexto, o estado atual do controle de processos por computador é produto da longa evolução de um conjunto amplo de tecnologias.

A automatização é a aplicação da Automática a qualquer tipo de processo, e a Automática, a ciência que trata dos métodos e procedimentos cuja finalidade é a substituição do operador humano por um operador artificial na execução de uma tarefa física ou mental previamente programada, NO (1987).

Na década dos 40, a Teoria de controle automático e a Eletrônica vem revolucionar a indústria, cuja automatização até então se apoiava na mecânica, a hidráulica, a pneumática e a eletromecânica. Com os primeiros computadores consegue-se um salto qualitativo na indústria. O mesmo ocorre, posteriormente, com desenvolvimento da eletrônica digital. No início dos 70, a difusão da informática e a aparecimento dos microprocessadores gera um novo impulso que permite a aplicação da automatização a novas tarefas e a potencialização de máquinas extraordinariamente necessárias, como os controladores lógicos programáveis, os reguladores multilaço e os robôs, entre outros.

II.1.1 - A Aplicação de Novas Tecnologias.

Como expressa MONTERO (1988a, p.8) "... a aplicação de Novas Tecnologias nas atividades produtivas é muito extensa. Abrange desde a concepção dos produtos até a gestão da produção. Na indústria, as Novas Tecnologias podem-se classificar em função do tipo de operações que realizam, seja no desenho dos produtos - tecnologias de produto -, na forma de fabricá-los - tecnologia de processos - ou na gestão da produção - informática de gestão -, mas, por outra parte o conceito de novas tecnologias se utiliza para referir-se à introdução de equipamentos microeletrônicos, seja nas atividades produtivas propriamente (automatização) ou na administração e gestão daquelas atividades

(informatização); trata-se portanto de processos que mesmo que complementando-se, tem diferentes dinâmicas e conseqüências”.

Os estudos sobre as mudanças tecnológicas apontam frequentemente para as tecnologias de base microeletrônica, aplicadas à indústria manufatureira.

Por esta razão, quando se fala do impacto das “Novas Tecnologias”, se pensa, geralmente nos equipamentos tipo robôs e máquinas ferramentas de controle numérico (MFCN), que substituem o trabalho de equipes ou linhas de trabalho em cadeia.

Neste contexto, pela utilização da microeletrônica, a automatização própria das “Novas Tecnologias”, orienta-se principalmente para sua utilização em todas as fases da produção. Seus propósitos gerais são a otimização dos tempos de operação e de circularização, melhoria da qualidade e a possibilidade de adaptação dos produtos frente às variações da demanda.

MONTERO (1988a), especifica as tendências atuais da utilização das “Novas Tecnologias”. Ela destaca como as mais relevantes:

1.- a concepção do produto: a concepção assistida por

computador (CAD) é a atividade que permite racionalizar o desenho de novos produtos a partir de elementos fabricados anteriormente na empresa (memorização das etapas e procedimentos de fabricação) e a partir de novos dados (preços, matérias-primas). O CAD é um sistema gráfico que opera com uma unidade central de processamento e múltiplos postos de trabalho que permitem modificar o desenho. Alguns sistemas CAD estão ligados à fabricação assistida por computador (CAM) na qual se utilizam computadores para programar a produção em base à informação sobre insumos gerada através do desenho CAD.

ii.- a transformação do produto: são os procedimentos automatizados de fabricação nos quais se utilizam robôs, máquinas ferramentas de controle numérico (MFCN), controles lógico programáveis (CLP). Enquanto as MFCN são uma tecnologia destinada à substituição de trabalhadores qualificados, os robôs utilizam-se sobretudo para substituir trabalhadores não qualificados que realizam atividades repetitivas.

iii.- a manipulação do produto e matérias-primas: procedimentos automáticos de carga e descarga das máquinas; automatização e informatização do armazenagem, transportadores aéreos, máquinas "transfer". Não intervém no processo de transformação direto, apenas no movimento de peças de um posto para outro na armazenagem ou embalagem.

Se a análise se centra-se nesta perspectiva é possível constatar que através dela pode-se conseguir não só aumentos quantitativos, mas também saltos qualitativos, e ainda redução dos custos derivada da produtividade crescente das máquinas.

II.1.2 - Novas Tecnologias, Automação Industrial e Informática.

Uma característica importante no que se refere à incorporação da microeletrônica nas atividades produtivas, é que ela se aplica não só às tarefas do processo de transformação de matérias-primas ou insumos em geral, mas também às tarefas de gestão ou de toma de decisões, que são aquelas que, em última instância determinam as características, conteúdo e alcances de todas as atividades da organização.

Quando algumas das tarefas, ligadas às atividades de apoio a produção, tais como contabilidade, suprimento, pessoal, se realizam mediante a utilização dos dispositivos da microeletrônica, especificamente, computadores, normalmente se fala de Processamento de dados, atividade intimamente ligada à Informática.

Quando se utiliza o processamento automatizado de dados, mediante computadores digitais, para gerar informação de apoio à tomada de decisões se fala de Informática.

Quando se utiliza a automatização a nível industrial e mais especificamente em termos de controle de processos, se fala de Automação industrial.

A tendência atual é que elas apareçam interligadas, e a razão daquilo é que a informação gerada a nível de processos tem grande importância para as decisões gerenciais.

II.1.3 - O Âmbito da Utilização das Novas Tecnologias.

Há dois tipos de processos de fabricação diferenciados nos quais a automatização evoluiu de maneira diferente. Por um lado, a indústria de processo contínuo, que se caracteriza por seu trabalho por fluxo, onde estes processos são basicamente químicos. Por outro, se tem a indústria de tipo descontínuo, nas quais se trabalha sobre peças discretas, independentes entre si, e que depois se ligam para obter produtos equipamentos ou sistemas.

Na indústria de processo contínuo, os materiais que se manipulam são geralmente gases ou líquidos, operando-se sobre um fluxo de produto. Esta diferença é essencial com relação aos processos descontínuos, e a ela se deve que a automatização de ambos tipos tenha até hoje rumos e ritmos diferentes. Somente com a utilização dos robôs e da automatização flexível é possível incorporar a automatização de uma tarefa concreta com uma máquina

particular para uma peça determinada, dentro do conjunto das operações de uma instalação para uma gama de peças relativamente ampla, e baseado no servocontrol de posição para controlar os movimentos.

No quadro (II.1) se apresenta uma tabela, segundo NO (1987, p.17), com as diferenças mais importantes para uma serie de características de ambos tipos de indústria.

Quadro II.1

	Indústria de processo contínuo	indústria de serie.
característica	processo contínuo	processo descontínuo
entrada por sensores	fonte principal de informação, valores das variáveis	fonte secundaria de informação, de tipo acontecimento ou tempo.
entrada origem humano	fonte secundaria de informação, consignas.	fonte principal de informação, desenhos, ordens, estado de trabalhos.
base de dados	escaça	grande, crescente e chave do sistema.
técnica de controle	realimentação, prealimentação, laço, dinâmica muito importante	manipulação de dados, atualização e fornecimento de grandes volúmens de informação.
equipe de controle	reguladores.	controladores lóg. programáveis.
interfaces de saída	estações de consigna, válvulas.	plotters, robôs máquina-ferramenta equipamento de ensaio automático.
impacto socio/econômico e no trabalho	pequeno.	grande.
desenvolvimento	1960-1975.	1975-1990.

É interessante ressaltar o que expressa L. ABRAMO (1988), citando um trabalho de PELIANO, (PELIANO et alii (1987, p.3)):

"... até agora a incorporação das Novas tecnologias de controle de processo, tem-se concentrado nas grandes empresas do setor metal mecânico (bens de capital, partes e componentes, aeronáutica, armamentos, etc.), automotriz, petroquímica e siderurgia. A incorporação é seletiva, feita em pontos estratégicos ou problemáticos da produção, desde o ponto de vista da qualidade do produto ou do controle do processo produtivo. O trabalho manual e as máquinas eletromecânicas coexistem com os equipamentos automatizados de base microeletrônica (EAME). Só em algumas etapas específicas do processo produtivo de algumas montadoras automotrizes (pintura, soldagem, estampagem) há uma integração com algum grau de sofisticação".

Todas as transformações produzidas pela a microeletrônica atingem à indústria de processo contínuo mesmo que, à indústria de série. Para a indústria de processo contínuo, os sistemas anteriores, baseados em tecnologias eletromecânicas, eram mais rígidos. Os "chips" vieram aumentar a velocidade no processamento de informações, além de assegurarem maior eficiência nos mecanismos de controle e de regulação que, por sua vez, incidem sobre a agilidade e segurança na tomada de decisão. E ainda, segundo TOLEDO et alii (1987, p.59), "aumentaram os níveis de continuidade e controle global do processo".

Para a indústria de série, a instalação de robôs e outros automatismos, reduzem sensivelmente os pontos de estrangulamento no processo de trabalho, principalmente nos postos em que as operações de alimentação ou de transformação dependiam basicamente do ritmo de trabalho como aponta B. CORIAT (1988). Esse avanço abre a possibilidade de que o processo de trabalho na indústria de série venha a se tornar mais próximo dos sistemas de processo contínuo. Naturalmente, como comentam TOLEDO et alii (1987, p.59), guardadas as diferenças essenciais em termos de processo e produto.

II.2 - As Novas Tecnologias na Indústria de Processo Contínuo.

Segundo MONTERO (1988a, p.13) a indústria de processo contínuo se caracteriza por "uma transformação do produto mediante procedimentos físico-químicos, por um fluxo contínuo do produto durante o processo de fabricação (refinarias de petróleo, fábricas de cimento, de vidro, parte da siderurgia, centrais elétricas, petroquímica)". O uso das "Novas Tecnologias" neste tipo de indústria se expressa através da passagem da regulação automática e centralizada das ordens na sala de controle a uma automatização caracterizada pela introdução de um dispositivo de controle assistido por computador. O dispositivo microeletrônico recolhe e processa a informação sobre a operação e assegura seu controle a distância. As informações são acessíveis só através do

teclado de cada terminal. Os autômatas programáveis asseguram o funcionamento das instalações, a correção de falhas e as condições de seguridade.

II.3 - O objetivo da automatização na indústria de processo contínuo.

O objetivo da automatização na indústria de processo contínuo, agrega MONTERO (1988a, p.13). "...não é a substituição de operadores, senão obter economia de insumos ou matérias-primas, economia de tempo (melhoramento dos fluxos produtivos) ou bem poder realizar tarefas perigosas ou de difícil acesso (como na forja, ou as centrais nucleares)". E acrescenta depois:

"... as principais transformações nestas indústrias se referem à relação do trabalhador com a máquina, pela introdução de controles lógico-programáveis e a instalação de terminais para o seguimento do processo. Se antes o conjunto do dispositivo de controle era acessível simultaneamente a toda a equipe de trabalho, o controle por computador se realiza através de uma sucessão de vistas parciais que cada operador chama desde seu terminal. O controle informatizado do processo permite a detecção de um funcionamento anormal, a normalização do processo depois de um incidente, e a otimização do processo em termos da qualidade e quantidade de produto que ocorrem em função das variações

físico-químicas e/ou de composição dos insumos.

Vale salientar, em relação a isso, o que expressa CORIAT e DE TERSAC (1984):

"... A automatização da indústria de fluxo contínuo não significou até agora a supressão das funções realizadas pelos operadores, por enquanto não se contempla uma automatização integral do processo de fabricação com dispensa dos operadores..."

Um documento da ONU/CEPAL (1983) expressa que neste tipo de indústria o impacto das Novas Tecnologias é menos espetacular. As linhas de produção já tinham uma automatização baseada na microeletrônica. O problema reside no custo que representa a automatização deste tipo em áreas de atividade capital-intensivas e que requer uma racionalização rápida.

Nesta perspectiva resulta interessante reproduzir o que expressa MONTERO (1988b), num artigo da publicação mexicana "Argumentos", em relação à indústria siderúrgica. Nela assinala: "... o mercado internacional é decisivo, por exemplo, na siderurgia, aquelas plantas que aplicaram a tempo um programa de modernização, como Usiminas no Brasil, tem hoje uma boa posição no mercado internacional. Pelo contrário, aquelas que enfrentaram muito depois a necessidade de aumentar a produtividade, como é o caso da siderurgia

para-estadual mexicana, estão agora obrigadas a associar-se ao capital estrangeiro para obter os recursos requeridos pela modernização."

Nesta indústria, não obstante, existe um nível mais elevado de automação e também um uso intenso de tecnologia eletrônica tradicional.

Neste contexto o que interessa é a produtividade do trabalho e não a intensificação do trabalho.

CORIAT (1979) diz a respeito:

"... Ocorre um aumento de produtividade do trabalho quando, dentro de um mesmo ritmo de trabalho, a mesma quantidade de trabalhadores dá uma produção maior, devido à maior eficiência técnica dos meios de produção."

Mas, de fato, na indústria de processo contínuo não há uma dependência estrita do ritmo de trabalho para maior eficiência do processo, o que se deve às peculiaridades dessa indústria. Nela, a plena integração dos fluxos e o uso da automação estão relacionados à natureza do material processado.

II.4 - Controle de processos mediante computador.

Com o surgimento de computadores se procura utilizá-los para o controle em geral e, especialmente, para o de processos. Deste modo, hoje, qualquer fábrica está equipada com um sistema de controle de processos baseado no computador, cuja importância é extraordinária, já que, embora represente menos do 5% da inversão total, é crucial para a utilização e o aproveitamento do resto dos componentes. Além disso, sua utilização influi não só sobre o desenho da fábrica, como também sobre seu gerenciamento.

II.4.1 - Tipos de controle.

Os níveis nos quais se decompõe um controle por computador, os tipos de controle que podem ser realizados e as funções comandadas a um computador, são três aspectos intimamente ligados. Estes são:

1.- Computador de vigilância.

É a forma mais elemental do uso do computador. Além da aquisição e armazenamento de dados, que inclui sua manipulação e tratamento, elaboração de relatórios de sua evolução e sua comparação com os parâmetros fixados, gerando os correspondentes sinais de alarme em caso de ser ultrapassados. Não intervém no laço do qual é independente.

ii.- Controle de supervisão básica.

Este tipo de supervisão supõe uma intervenção no bucle de controle. A partir das medidas que realiza das variáveis e das ordens superiores, elabora as consignas dos controladores, que podem continuar sendo analógicas.

iii.- Controle digital direto.

Neste tipo de controle o computador tem a responsabilidade direta pela aquisição dos dados, elaboração de ordens de controle e de seu envio aos atuadores. Neste caso, o computador é o centro do laço de controle, executando os algoritmos e estratégias estabelecidas. As estratégias já não se limitam ao PID (Proporcional-Integral-Derivador), (1), que fazia o

(1) O PID (Proporcional-Integral-Derivador), é um dos tipos de controle mais utilizados nos controladores industriais. Está conformado pelos três tipos de ações e, portanto, sua saída é a soma de três termos: Proporcional ao erro; à integral do erro e à derivada do erro. A expressão que liga a saída do controlador, "A", com o erro "e(t)" que tem como entrada, é então:

$$A = K * e(t) + i \int e(t) * dt + Td * de(t) / dt.$$

controlador analógico, podendo-se agora dispor de outros algoritmos e incluir tomada de decisões lógicas e correções complexas. Deve-se ressaltar os tipos de componentes que aparecem no laço de controle por mandato da incorporação do computador são : os conversores e os multiplexadores. Os primeiros mudam os sinais analógicos dos sensores em digitais para seu manejo pelo computador e os sinais digitais do computador, em analógicos para o mando de motores e válvulas. Os multiplexores de entrada e de saída, permitem ao computador distribuir sua potência e seu tempo entre varios bucles de controle, ligando sequencialmente o computador aos diferentes laços a seu cargo. Na Figura (II.1) pode-se apreciar esta situação aplicada a um laço de controle.

II.4.2 - Configurações.

Existem dois modelos do uso do computador para a operação e gestão da fábrica.

II.4.2.1 - Controle centralizado.

A Figura (II.1) representa a forma de controle centralizado. O computador, com todos os componentes auxiliares (conversores, multiplexadores, console, indicadores), estão na sala central de controle e não junto ao processo. Nesta sala se concentra toda a instrumentação de controle: controladores analógicos e/ou digitais e computador supervisor, estando este núcleo de

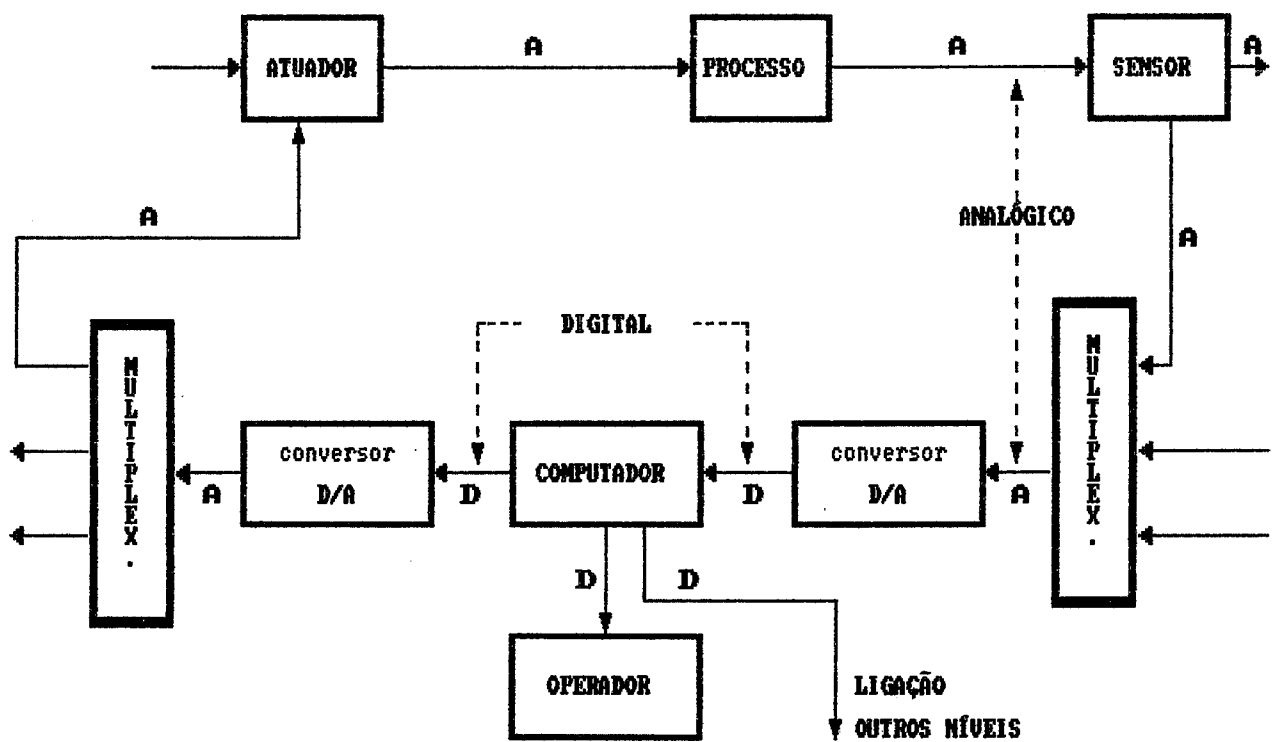


FIGURA II.1

ESTRUTURA DE CONTROLE DIGITAL DIRETO

controle ligado individualmente a cada sensor e atuador situados no campo.

Em alguns casos, o sistema de controle digital central pode dispor de um controlador analógico de reserva por motivo de segurança. Este tipo de configuração aparece por duas razões :

- Porque se quer realizar um controle conjunto de toda a fábrica, já que cada laço do processo depende dos demais e é preciso que o operador tenha uma visão global e a possibilidade de atuar sobre cada um tendo presente os outros.

- Porque a tecnologia de computadores disponível nos anos 60 impele à utilização de um computador de grande porte para todas as funções do processo sendo o equipamento colocado num local apropriado do ponto de vista climático (temperatura e humidade).

Este tipo de instalações, satisfatórias porque podem resolver o controle de forma correta, apresentam muitos inconvenientes, o mais importante dos quais é o complexo e grande sistema de comunicações, que leva todas as sinais da fábrica à sala de controle e devolve a aquela todas as sinais de controle. É um sistema oneroso que requer de muita atenção e experiência para seu desenho e instalação, tanto para diminuir seus custos,

como para evitar os problemas de ruídos elétricos ou erros na transmissão que podem provocar a quebra total da fábrica.

A solução passa pela descentralização progressiva dando origem a uma configuração totalmente descentralizada, quando se dispõe de "micros" instalados na base do processo, que se encarregam de muitas das tarefas antes realizadas pelo equipamento central. O primeiro passo para esta descentralização é a instalação de multiplexadores em campo e a concentração neles das sinais de sensores e atuadores.

II.4.2.2 - Controle distribuído.

Consiste em distribuir os recursos de cálculo e controle por toda a fábrica, aproximando-os aos pontos de operação. Não obstante, estes recursos não devem ser independentes e devem entregar informação ao lugar de mando geral do processo que, além disso, é responsável do armazenamento geral da informação, da supervisão e coordenação geral e da comunicação com os centros de controle de outros processos ou outras seções da fábrica. A rede de comunicação entre os diferentes recursos locais e a sala central de controle é um elemento fundamental neste tipo de configuração. As vantagens de uma instalação deste tipo são muitas: a proximidade do controle aos processos; maior flexibilidade; o aumento da potência do controle; o incremento da modularidade; a

redução da complexidade do conjunto facilitando o desenho, a instalação, o início e funcionamento normal; a proteção das comunicações e a possibilidade de adotar medidas de redundância e atuações em caso de quebras e seu reparo ou conserto.

II.4.2.3 - Controle integral hierarquizado.

O controle direto ou supervisor de um processo é simplesmente uma parte do controle por computador. O resultado é um sistema de controle global de todas as atividades de uma fábrica, mediante uma estrutura de diferentes tipos de computadores, controladores de regulação, controladores lógico-programáveis, minicomputadores e computadores de grande porte, e ainda mais, "micros" tipo PC e estações de trabalho inteligentes, ligados por diferentes tipos de comunicação e organizados por níveis com uma estrutura hierarquizada, como aparece na Figura (II.2), segundo NO (1987, p.64).

O nível mais baixo, de controle local, tem como objetivo o controle por retroalimentação. O computador deve realizar a aquisição de dados dos sensores e sua correção e acondicionamento, a comparação com os limites e geração de alarmas que se enviam ao nível superior, e sobre tudo, a determinação do sinal que se deve enviar aos atuadores de acordo com os resultados do algoritmo de controle selecionado por este nível superior e de acordo

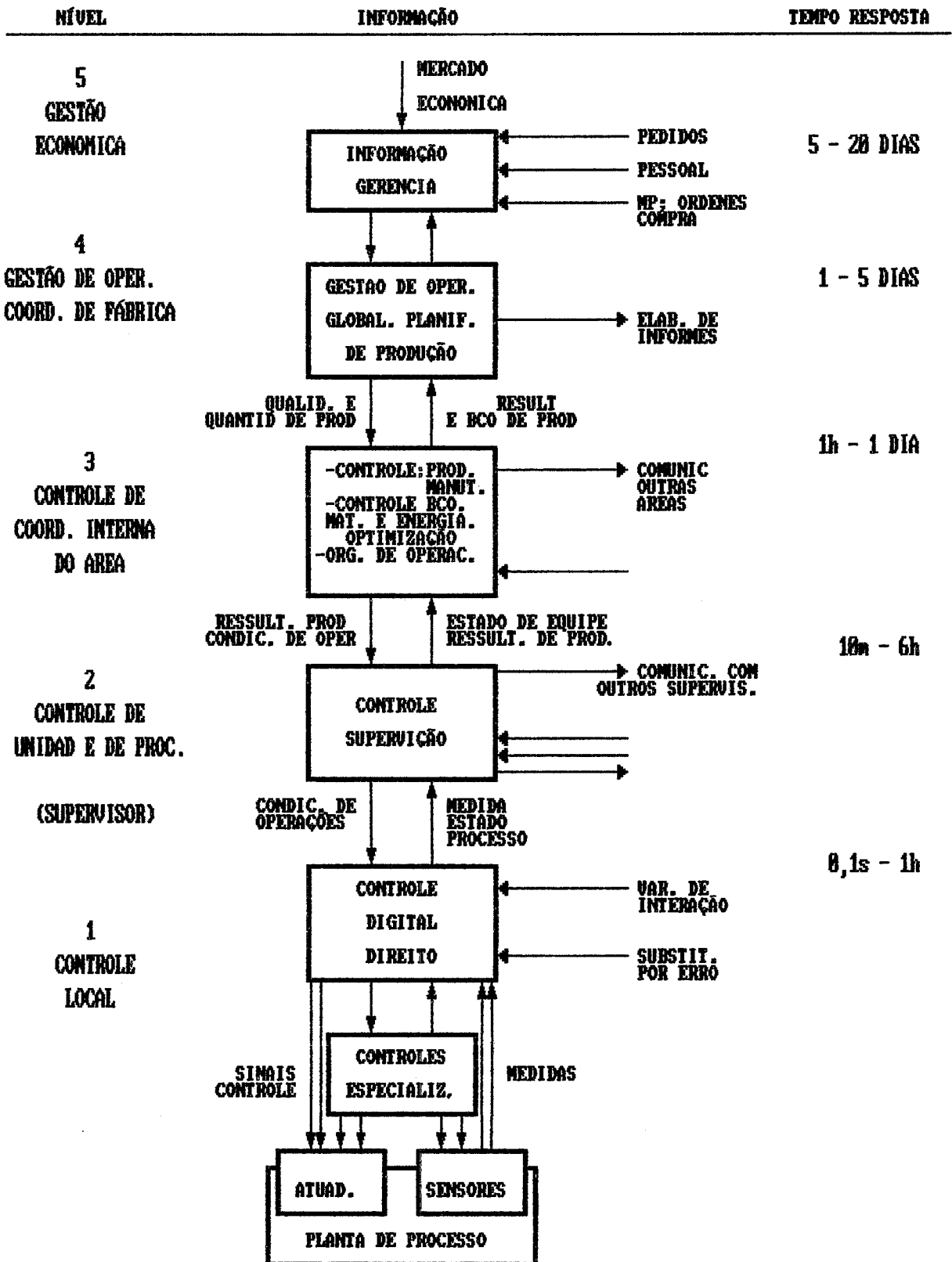


FIGURA II.2

NÍVEIS E TAREFAS SISTEMA CONTROLE DE PROCESSOS INTEGRAL

com a consigna fixada por este. Este computador pode controlar, simultaneamente varios laços, realizar controles em cascata ou de outros tipos e pode comandar a partida ou parada de operações.

O nível de supervisão comprova também os valores das variáveis e suas tendências, gerando alarmes quando são ultrapassados os valores fixados, e realiza as ações corretivas necessarias para eliminar as tendências anômalas. Tem, além disso, que coordenar varios controles diretos de nível inferior.

O tercer nível, de coordenação de área, tem como finalidade o controle da produção de toda a área mediante um balanço de materiais e energia que se encarrega de otimizar. Desta forma, se estabelecem as condições de operação de cada um dos processos da área, que envia ao correspondente controle supervisor.

O quarto nível, de gestão da fábrica, integra todas as áreas e planeja a produção do conjunto, com a sequência apropriada para as diferentes seções, organizando deste modo a colaboração necessaria entre elas.

O nível superior, finalmente, parte de uma informação econômica: custos, demanda, de mercado, estabelecendo os planos de produção e a política a implantar.

II.4.3 - Funções num sistema de controle de processos.

Um sistema de controle de processos integral deve realizar os três tipos de ações seguintes sobre o sistema de forma automática:

i.- funcionamento contínuo da fábrica, mantendo as condições de emergência, detectando a aparição destas, e ainda mais, prevenindo-as e atuando de forma apropriada.

ii.- realização de correções, geração de alarmes de diferentes graus e, também, a parada automática, e

iii.- mudança das condições operacionais, em função do mercado, das características dos produtos e do critério económico correspondente.

Destas três ações, as primeiras se executam entre os dois níveis inferiores de todo sistema de controle de processos e são o objetivo dos sistemas distribuídos, a terceira, a que corresponde às tarefas dos níveis superiores, é realizada por computadores de grande porte com pacotes apropriados.

As funções que realiza um sistema de controle de processos nos dois níveis inferiores são as que se apresentam nas secções seguintes.

II.4.3.1 - Aquisição de dados.

Os sinais fornecidas pelos sensores nem sempre podem ser utilizados pelo sistema para o controle, sendo necessário realizar diversas transformações. Em primeiro lugar, os sinais analógicos devem ser objeto de amostra e serem digitalizados de maneira periódica. Os digitais podem atacar o sistema de interrupções ou também ser objeto de amostra. Posteriormente, devem submeter-se a um pre-tratamento que compreende: a adequação de unidades, filtragem, estimação de gradientes e utilização dos valores obtidos para estimar outros que não podem medir-se diretamente. Pode incluir-se a compactação de dados para seu armazenamento e a agrupação dos valores e parâmetros medidos no mesmo instante, de forma a reunir todos os que definem o estado de um processo em cada momento. O armazenamento dos dados também está dentro desta função.

II.4.3.2 - Controle das variáveis de processo.

É o núcleo de todo sistema. Involucra o tratamento da informação obtida pela aquisição de dados e trabalha através de algoritmos, uns complementares e outros mutuamente exclusivos. A base de dados correspondente deve dispor dos dados e parâmetros que precisa cada algoritmo para operar, os que podem estar disponíveis previamente ou ser obtidos mediante outros programas a partir de medidas realizadas, como ocorre com

a identificação ou estimação de parâmetros.

II.4.3.3 - Comunicação com o operador.

Esta comunicação é possível mediante dispositivos específicos: telas, teclados funcionais alfanuméricos e bola para desplazar na tela um ponteiro indicador. Se encontram normalmente na sala de controle, que fornece, centralizadamente a informação que procede do resto dos componentes do sistema distribuído, depois de algum tratamento. O sistema deve ser capaz de apresentar ao operador, toda a informação que possam conter as diferentes bases de dados, mas também o estado de funcionamento do processo nesse instante, as condições de alarme e as tendências de evolução das variáveis, tanto em detalhe como em forma global.

Além disso, o operador deve poder realizar uma série de ações sobre o sistema:

- Inicialização ou alteração dos valores de consigna.
- Modificação dos parâmetros dos algoritmos (constantes dos PID).
- Modificação dos algoritmos (tanto de aquisição como de controle), agregação de outros novos e seleção do qual se precisa utilizar em cada momento.

- Mudança das supervições de controle.

II.4.3.4 - Supervisão.

O sistema está conformado por um conjunto de processadores numa estrutura hierárquica. As funções mais rápidas são ordenadas aos níveis mais baixos. As mais complexas, porém menos críticas no tempo, aos níveis superiores. Destas últimas se encarrega normalmente um computador grande que está ligado ao sistema distribuído. A estrutura hierárquica é concebida e programada de forma específica para cada caso em linguagem de alto nível. Em alguns casos, este computador de controle supervisor se encarrega também da comunicação com o operador.

II.4.4 - Elementos de um controle distribuído.

Os diferentes recursos e as comunicações, devem ser capazes de admitir a máxima carga de trabalho, sem degradação de suas funções. Isto leva ao desenvolvimento de um conjunto de produtos normalizados chamados "módulos" que podem interligar-se de diferentes formas para satisfazer as necessidades dos processos de qualquer tamanho. Cada módulo se apresenta num cartão de circuito impresso e para sua comunicação utilizam-se protocolos específicos ou buses comerciais. Para conjuntos de módulos utilizados em processos diferentes, se utilizam protocolos comerciais normalizados.

As funções que deve realizar um sistema de controle estão ligadas a um ou varios módulos. Os módulos que realizam uma função, como ocorre na aquisição de dados e controle de variáveis, se agrupam em unidades físicas denominadas "nos". Estes estão ligados entre si e com o computador supervisor mediante um sistema de comunicação baseado normalmente num cable coaxial capaz de transmitir informação a 2 MBPS (Megabits/s) a uma distância até 3Km, tipo rede local.

Este sistema se conhece como "Data highway". Na Figura (II.3) se apresenta um esquema de um sistema de controle de processos distribuídos com três nos com diferentes funções, ligados por linhas de comunicação (Data highway) normais e de reserva (1A e 2A), cada uma com sua paralela de emergência (1B e 2B).

Na Figura (II.4) se apresenta a estrutura de um nó de aquisição de dados e controle. Está formado por um conjunto de módulos reconfiguráveis segundo as necessidades de cada ponto da instalação, comunicando-se os módulos entre si por um bus local. O nó se comunica com o resto dos módulos através da linha de comunicação redundante, a que acede por módulos de comunicação. A Figura (II.5) apresenta a estrutura de um módulo de n entradas analógicas. Além dos conversores A/D e a interface para o bus local do nó, inclui um microprocessador e uma memoria RAM de dados onde se

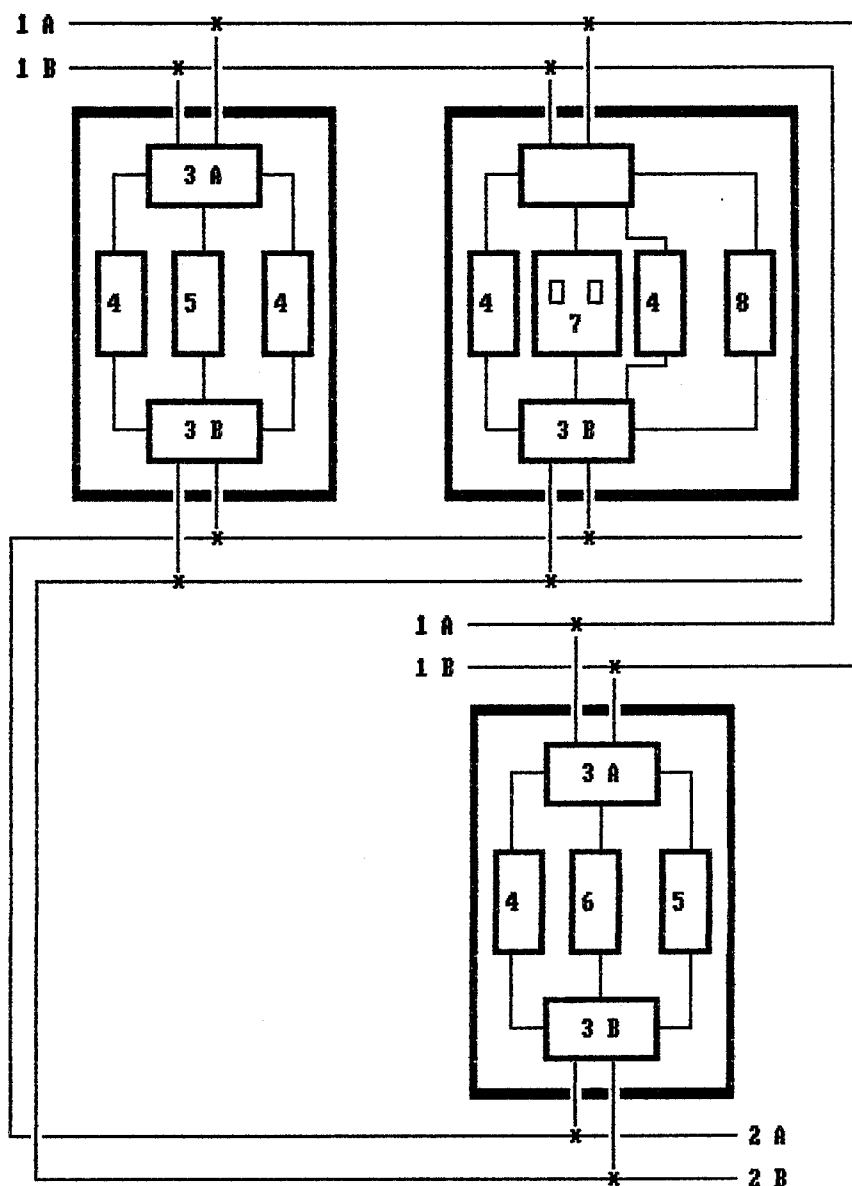


FIGURA II.3
ESTRUTURA FISICA
SISTEMA DISTRIBUÍDO

1,2 : LINHAS COMUNICAÇÃO
 NORMAL E DE RESERVA
 3 : MÓDULO COMUNICAÇÃO
 4 : MÓDULO CONTROLADOR
 5 : MÓDULO TOMA DE DADOS
 6 : MÓDULO TOMA DE DADOS
 E ATUAÇÃO
 7 : PAINEL DE OPERADOR
 8 : COMPUTADOR

A : PRIMARIA
 1,2
 B : ALTERNATIVA
 DE EMERGENCIA
 A : PRIMARIA
 3
 B : ALTERNATIVO
 RESERVA

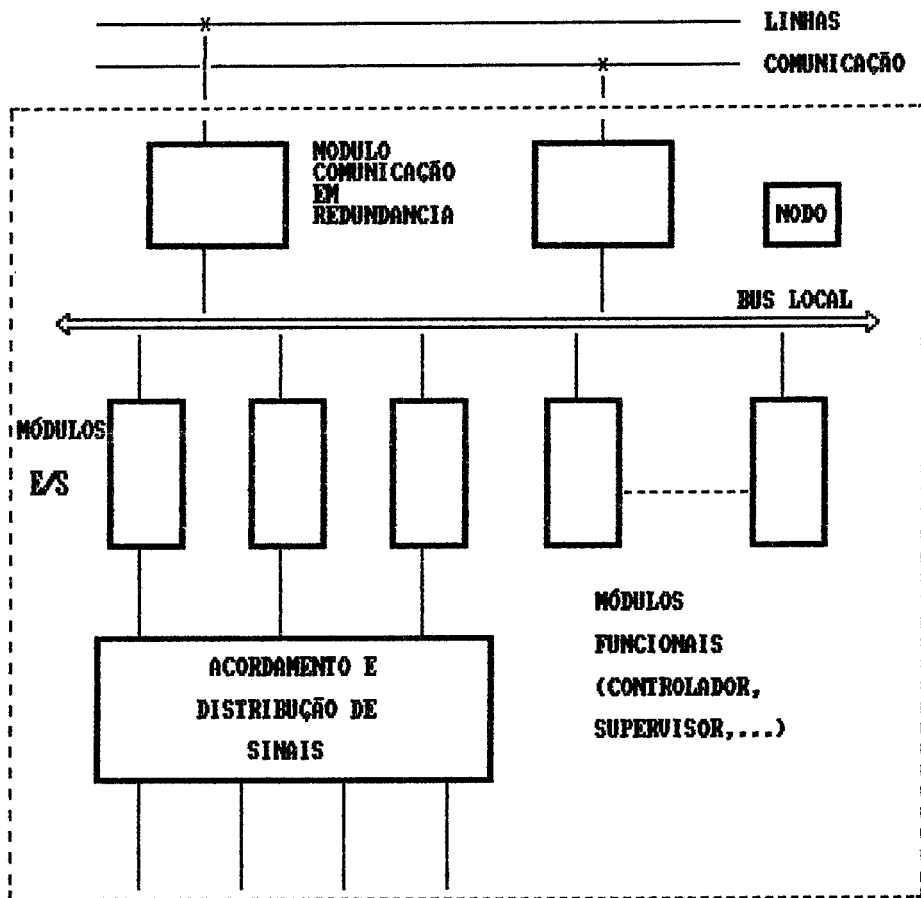


FIGURA II.4

**ESTRUTURA NODO DE ADQUISIÇÃO
DE DADOS E CONTROLE**

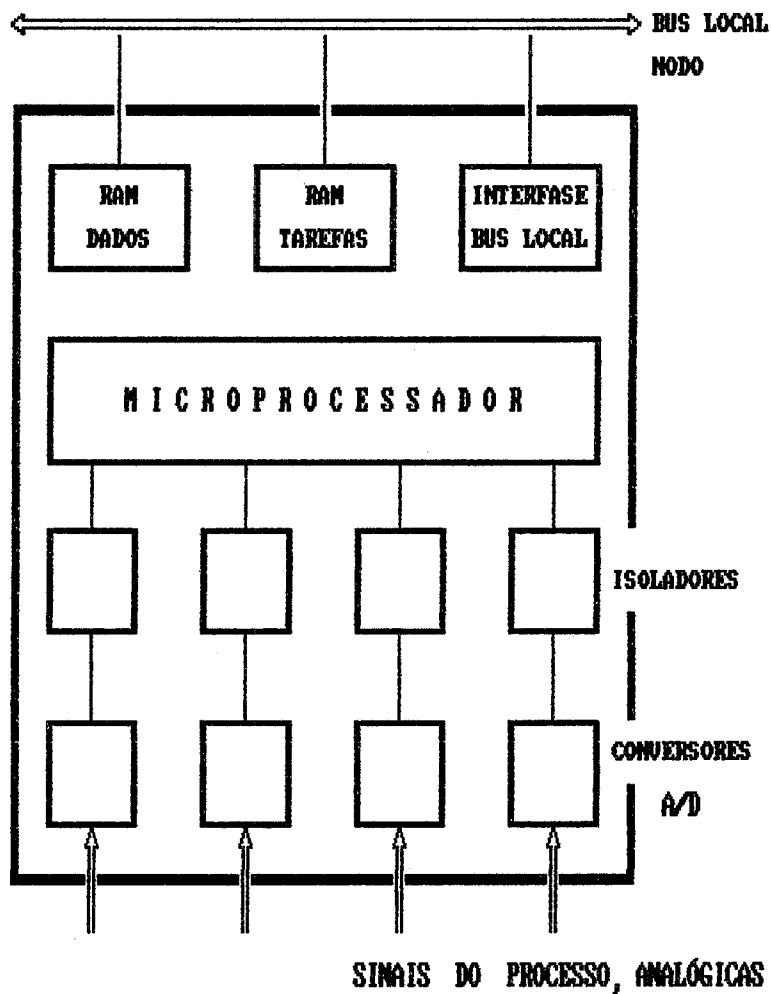


FIGURA II.5
MÓDULO ENTRADAS ANALÓGICAS

armazenam as medidas, que, quando são requeridas pelo controlador, se enviam através do bus local, geralmente de tipo paralelo, para permitir uma rápida transmissão.

Os nós do sistema se caracterizam por sua flexibilidade para adaptar-se a cada aplicação, por seu manejo das redundâncias e pela capacidade para a recuperação de erros, reconfigurando-se por erros.

Esta redundância, que ocorre na comunicação, pode estender-se a qualquer dos módulos quando seja necessário, obtendo uma confiabilidade máxima. Também pela incrementação da capacidade dos cartões de E/S com a incorporação de microprocessadores e memória de dados, pode-se reduzir o custo da infraestrutura de cabos aos sensores, substituindo os cabos dedicados para cada sensor por um elemento emisor/receptor trabalhando com estações remotas de medição com seu próprio microprocessador, ligadas mediante uma linha digital seriada, que além de reduzir o custo, reduz também a possibilidade de perturbações exteriores sobre os sinais. A comunicação do nó com a linha de comunicação ocorre através de um módulo de comunicação redundante, encarregado de todo o processo de envio e recepção de mensagens, e que realiza a introdução de formatos, elaboração de protocolos e resposta a eles, detecção de erros de transmissão, etc, tudo segundo o modelo de comunicação adotado.

Outros elementos de um sistema distribuído são a estação de operador e o computador central, com suas funções supervisoras. A estação do operador, é um módulo especial susceptível de integrar com outros para formar um nó, e consiste de uma ou varias telas, teclados especializados de tipo funcional, um ou varios processadores e uma memoria local secundaria. Nela se armazena uma copia, atualizada continuamente, da base de dados do processo que pode-se encontrar distribuída nos nós, para facilitar sua apresentação, modificação, elaboração de dados estatísticos e seu emprego na etapa de inicio do processo. Esta estrutura do lugar do operador permite ao sistema operar sem necessidade de um computador supervisor.

Num controle distribuído o exito do controle do sistema, depende de seu sistema de comunicações. Deve permitir configurações muito diferentes, uma base de dados distribuida entre os nodos e garantir as prestações adequadas, inclusive casos de máxima sobrecarga. Pelas variedades existentes nos nós, o sistema de comunicação deve ter um controle distribuído de se mesmo, de forma que não exista um controle único e fixo da comunicação e as mensagens não devem ter formato fixo. A estrutura nestos casos de envio de mensagem é:

[cabeçalho (fonte, destino, controle), corpo da mensagem (comprimento variável),comprovação].

onde a comprovação consiste num código de redundância, normalmente cíclico. A comunicação entre duas estações de uma rede qualquer tem que ajustar-se a umas regras denominadas "protocolo".

11.5 - Aspectos fundamentais da teoria geral da regulação.

Uma das características dos processos automatizados de controle, dos sistemas de informação e dos instrumentos informáticos em geral, é que fornecem as bases para ajudar às organizações onde eles são implementados, para aumentar seu carácter homeostático, isto é, para aumentar sua capacidade de enfrentar com eficiência e eficácia, as diversas perturbações mantendo certas variáveis críticas dentro de limites fisiológicos e operacionais, BEER (1982).

A homeostase é o tipo de autocontrole que opera nos sistemas ultraestáveis, onde a existência de circuitos de retroalimentação permite que aquele autocontrole seja alcançado.

A retroalimentação, por sua vez, é um conceito que forma parte da Teoria geral da regulação.

Hoje é constatável, como diz MASER (1975), a transição da técnica de regulação para uma Teoria

geral da regulação e para as aplicações dessa teoria a processos biológicos, sociais, económicos, de comunicação, etc.

Portanto, e pensando nas organizações sociais, a Teoria geral da regulação pode-se constituir em uma base adequada para avançar na concepção e desenho de organizações com algum grau de carácter homeostático. Interessa, então, revisar os aspectos mais relevantes dessa teoria.

O controle, como função orgânica, aparece quando se quer que uma propriedade ou variável, que caracteriza uma operação ou um processo, assuma um determinado valor ou um conjunto de valores dependendo dos valores que, por sua vez, assumam outra variável, ao existir entre aquelas uma determinada relação de dependência que se representa por um modelo. Ao variar uma delas, pode-se controlar os valores da outra e determiná-los. A variável que se deseja assumir uns valores determinados, é a variável de saída, e a outra é a entrada ou sinal de controle.

Quando se conhece a relação entrada-saída e esta não muda é suficiente com que a entrada assumam os valores correspondentes, o qual se consegue diretamente ou mediante o controlador apropriado. Este tipo de controle -sistema de controle- se conhece como "controle de cadeia aberta", no qual não se aplicam os princípios

da autoregulagem. Esta forma de ação direta apresenta, além disso, muitos problemas derivados do fato que, ao elaborar as instruções, não se conhece se o processo alcançará na sua saída os valores desejados.

É possível que o comportamento do processo se represente mediante uma expressão matemática que se conhece como modelo, o qual não é uma representação exata. É uma simplificação do comportamento real, válida sempre que o processo funcione sob determinadas condições. Isto é, sem considerar outros fatores que podem afetar o comportamento do processo e que tem-se considerados invariantes no momento de seu desenho. Estes fatores se denominam perturbações, mas o que representa o trabalho a realizar pela operação ou processo, e que pode sofrer variações -o volume de líquido contido em um depósito de aquecimento, por exemplo- se denomina carga do processo. Tudo isto pode fazer que o valor real de saída não seja o desejado.

A forma de conseguir que a saída não seja afetada pelas perturbações, as variações de carga ou as inexatitudes ou simplificações na modelagem, é utilizar a saída para gerar as ordens ou valores de entrada ao sistema de controle e corrigir os desvíos para alcançar efetivamente a referência ou valor desejado. Aparece então o controle de cadeia fechada.

A saída do processo se mede através de um dispositivo adequado e seu valor se compara com a "referência". A diferença entre ambos valores é o erro existente, que por sua vez, é a sinal de entrada a um dispositivo que calcula o valor que deve ter a entrada ou controle para cada erro. Este dispositivo se denomina "regulador". A sinal que gera se envia ao atuador, que é o encarregado de que aquela entrada ocorra.

Num círculo de regulação o sistema total se autocorrige dos possíveis desvios, mediante a introdução de um retorno e um dispositivo controlador. Este retorno se conhece como retroalimentação. Esta pode ser negativa ou positiva.

Quando os dados contribuem para acelerar os comportamentos no mesmo sentido que as condutas precedentes, trata-se de um laço de retroalimentação positiva, já que seus efeitos são acumulativos. Agora, se os dados atuam num sentido oposto aos comportamentos anteriores, trata-se de um laço de retroalimentação negativa e seus efeitos estabilizam o sistema.

Na prática a retroalimentação ocorre sempre, mesmo que o controlador seja um dispositivo ou um homem.

Esta ação corretiva da retroalimentação é o principio em que se baseia o controle automático. Mas os processos de controle ocorrem em organismos e

organizações que se caracterizam pela dimensão hierárquica de sua estrutura, BEER (1982). Portanto o controle, que é uma instância componente dessa hierarquia, que se projeta sobre toda a estrutura, deve necessariamente responder a aquela hierarquia.

Portanto é necessário observar o controle nessa perspectiva a partir dos elementos da Teoria da regulação.

Ao observar os elementos do controle de cadeia fechada, é possível constatar a existência de três elementos essenciais: processo a controlar ou transformação; processo de coleta e manipulação de dados para determinar o erro e processo decisional que aplica as medidas corretivas.

Se o processo de controle se assume numa perspectiva hierárquica, onde a hierarquia é uma estrutura de níveis na qual cada um deles fica determinado pela rede de componentes do nível imediatamente inferior, então cada vez que se produz um conjunto de processos a controlar, aparece necessariamente, uma nova instância de controle que atua agora sobre a rede conformada por aqueles processos a controlar. Pode-se observar que nesta última hierarquia aparecem dois níveis estruturais e também dois níveis de controle.

CAPITULO III.

III.- A UTILIZAÇÃO DA AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL NO SETOR
PETROQUÍMICO.

A petroquímica é um dos setores industriais mais recentes, derivado da indústria do petróleo no início do século XX.

Pode-se dizer que é um tipo perfeito de indústria de processo contínuo, indústria que representa o estágio mais elevado da automação industrial.

III.1 - A Indústria Petroquímica.

A Petroquímica é caracterizada como parte da indústria química orgânica, que obtém seus produtos através do processamento de frações e sub-produtos do petróleo e gás natural. Seu universo de produção compreende de 1.000 produtos individuais, que podem ser distribuídos na seguinte classificação:

i.- produtos básicos: olefinas (eteno, propeno e butadieno) e aromáticos (benzeno, xilenos, etc) e metanol;

ii.- produtos intermediários: estireno, caprolactama e monômeros em geral;

iii.- produtos finais: subdivididos em outros segmentos básicos - fertilizantes, resinas plásticas, fibras, elastômeros e detergentes, NACIT (1988, p.19).

A unidade de transformação dos produtos petroquímicos básicos, a partir da nafta ou do gás natural, produz o eteno, o butadieno e o propeno. Desses produtos básicos derivam outros, já processados em instalações diferenciadas ou em outras plantas de processo encadeadas em complexos de empresas e de produção. Cada uma dessas plantas é geralmente monoprodutora, dedicando-se basicamente a um só produto.

Seria praticamente impossível descrever um protótipo de produção petroquímica, dada a diversidade de seus produtos, dos processos adotados e da instrumentação utilizada. Entretanto, pode-se dizer que, baseada nas leis da física, mecânica, físico-química e ciências similares, essa indústria opera através de uma grande variedade de processos básicos, ou "converções químicas". Pela listagem do quadro (III.1) é possível avaliar essa diversificação.

Quadro III.1

Principais Processos Básicos da Indústria Química

Alquilação	Fermentação
Alcoolise	Halogenação
Aminação	Hidrogenação
Aromatização	Hidrólise e Hidratação
Calcinação	Troca Iônica
Carboxilação	Isomerização
Caustificação	Neutralização
Combustão	Oxidação
Condensação	Polimerização
Desidratação	Pirólise/Craqueamento
Diazotação	Redução
Eletrólise	Sulfonação
Esterilização	

FONTE: GROGGINS, P.H., citado por NACIT (1988), p.9

Uma característica importante da indústria petroquímica é que os seus processos produtivos podem ser descontínuos ou contínuos. Os processos descontínuos, ou em bateladas, são muito usados em projetos de pequena escala ou por questão de segurança operacional. Já os processos contínuos são aplicados aos projetos de grande escala e, nesse caso, faz-se necessário o uso de

controladores automáticos aplicados na correção de desvios dos parâmetros pré-estabelecidos para temperaturas, pressões, volumes etc. (NACIT (1988, p.12-13)).

A Petroquímica é uma indústria capital-intensivo, caracterizada pelo alto volume de investimentos por unidade de produto. A magnitude desses investimentos traz a tona três aspectos desse setor, comentados por TEIXEIRA (1985), que merecem ser destacados:

i.- a importância das economias de escala nos investimentos da indústria. As economias técnicas são frutos principalmente das reduções dos custos relativos de capital, uma vez que o aumento da capacidade produtiva é proporcionalmente maior que o investimento realizado. Por outro lado, o aumento nos custos variáveis, depois da crise do petróleo, diminuiu o peso dos custos de capital e, conseqüentemente, a importância das economias de escala nos investimentos petroquímicos;

ii.- a intensidade de capital refere-se ao potencial econômico resultante do encadeamento da petroquímica com suas indústrias supridoras: as empresas químicas e petrolíferas, além das firmas de engenharia e produtores de equipamentos;

iii.- a necessidade de operar a planta eficientemente,

com altos níveis de utilização da capacidade. A obtenção de altos níveis de eficiência não é uma função apenas da qualidade do projeto das plantas e dos equipamentos, mas também da mão-de-obra de operação, que apesar de ser relativamente pouco numerosa, deve ser altamente qualificada. O pessoal de operação e manutenção está sempre trabalhando sob grande pressão e responsabilidade, dada a complexidade tecnológica e os altos investimentos comprometidos nas plantas. Por isso, existe a necessidade de aprimoramento constante da força de trabalho, através de programas de treinamento bem definidos.

III.2 - A Petroquímica no Brasil: Configuração do Setor Petroquímico.

Existe uma grande integração entre as empresas do setor configurando, diferentemente de outros ramos de atividade industrial, uma estruturação de grandes investimentos articulados em alguns poucos complexos industriais os quais no Brasil estão localizados nos três grandes pólos de São Paulo, Camaçari/Bahia e Triunfo/Rio Grande do Sul (CATTANI et alii (1989)).

Esta elevada articulação tem raízes na modalidade técnica de organização da atividade haja vista a natureza concreta do processo de transformação industrial.

Nesse sentido, a atividade de produção petroquímica configura um sistema altamente integrado em diferentes níveis.

O primeiro, e mais óbvio, como expressa M. SUAREZ (1986, p.36), se refere à integração requerida entre os diversos tipos de produção industrial envolvidos à montante e a juntante do processo, englobando desde a articulação com a indústria petrolífera até a interconexão com outras indústrias de transformação, na medida em que a sua dinâmica está estreitamente atrelada ao desempenho da economia como um todo; e não poderia ser de outra forma para uma indústria cuja demanda inter-industrial equivale a dois terços do total (CATTANI et alii (1989)).

O segundo nível em que se manifesta esta elevada integração está expresso na constituição de complexos petroquímicos, forma pela qual tem-se caracterizado a implantação dos parques produtivos no setor, "especialmente quando a matéria prima é a nafta (...) como resultado da necessidade permanente de reduzir o investimento por tonelada de capacidade instalada e de minimizar custos de produção" (CATTANI et alii (1989, p.138)).

Esta tendência geral à adoção do modelo locacional de complexos integrados também se expressa no desenvolvimento da petroquímica brasileira. Considerando

a possibilidade de periodizá-lo em quatro grandes fases, verifica-se que na fase preliminar de constituição das primeiras implantações entre 1955 e 1965, o crescimento do parque petroquímico brasileiro deu-se pela via da multiplicação de plantas isoladas, até porque frequentemente voltadas para a produção de bens finais. Mesmo nesse período, entretanto algum tipo de nucleação era exercido pela rede de refinarias da PETROBRÁS, especialmente a Refinaria Presidente Bernardes, em Cubatão (RPBC). A ultrapassagem dessa fase deu-se exatamente com a construção da primeira grande central de matérias-primas - A Petroquímica União (PQU) - em torno da qual se estabelece todo um conjunto de empresas de 2ª geração (1), produtoras de petroquímicos intermediários, com o que se inaugura o segundo ciclo de investimentos no parque brasileiro; entre 1965 e 1972 processa-se a implantação do primeiro grande complexo nacional em torno da PQU.

(1) Petroquímicos de 3ª geração são os polietileno, PVC, polipropileno, poliéster, resinas, metalminicos etc...

Petroquímicos de 2ª geração são óxido de eteno, óxido de propeno, estireno, DMT, formoldeido, etc.

Petroquímicos de 1ª geração são eteno, propeno, buteno, benzeno, tolueno e xilenos.

Daf em diante os novos ciclos, e correspondentes fases de implantação da indústria petroquímica, estarão sempre associados à constituição de um novo complexo; entre 1972 e 1978 transcorre a implantação do II.º Polo, sediado em Camaçari/Bahia e organizado em torno da segunda grande central de matérias-primas, a COPENE, que "parte" em 1978; entre 1978 e 1982 tem lugar a implantação do III.º polo em Triunfo/Rio Grande do Sul, em torno da terceira grande central de matérias-primas, a COPESUL, que "parte" em 1982 (CATTANI, et alii (1989)).

Nesses complexos integrados toda uma rede de tubovias interliga as plantas e promove a circulação de matérias-primas, de utilidades e de insumos em geral, a um só tempo estabelecendo nexos técnico-operacionais entre empresas de diferentes gerações e criando uma base material para interligar processos de trabalho e circuitos de atividade humana, adensados pela escala da concentração espacial em um fluxo hierarquizado de interdependência (CATTANI et alii, (1989)).

O modelo locacional de complexos integrados é, ademais, a expressão de uma outra característica peculiar à indústria petroquímica: o elevado volume de investimento por unidade de produto. Vale dizer, a alta participação dos custos de capital na estrutura de custos conduz à necessidade de operação em regime de economia de

escala, particularmente nas indústrias de 1ª e 2ª gerações, promovendo uma estreita interligação com as empresas de engenharia e produtoras de equipamentos e requerendo a obtenção de altos níveis de utilização da sua capacidade (CATTANI, et alii (1989)).

III.3 - A Petroquímica como Atividade Econômica.

A Petroquímica é por definição, uma indústria baseada essencialmente no desenvolvimento científico, onde o permanente avanço e aperfeiçoamento da sua tecnologia é condição para assegurar a competitividade (TEIXEIRA, (1985)).

Em escala mundial esses atributos fazem com que a produção petroquímica seja dominada por grandes empresas multinacionais organizadas num mercado de corte oligopolístico (CATTANI et alii (1989)).

A indústria petroquímica, juntamente com a extração e refino de petróleo, constitui a base do complexo químico instalado no Brasil e sua parcela mais integrada e consolidada (HAGUENAUER (1986, p.20-34)).

Sua contribuição para a produção industrial, em termos de valor da produção, coloca-a como uma das indústrias mais importantes. Em 1980, o valor da produção petroquímica correspondia a aproximadamente 8,1% do PIB industrial brasileiro. Em relação ao complexo

químico, a participação da petroquímica era de 16,8% no mesmo ano, só ficando atrás do setor de refino de petróleo. Tudo indica que esta participação tenha crescido, já que durante a década de 80, com a inauguração do pólo petroquímico do sul e a abertura para o mercado externo, o setor apresentou taxas de crescimento maiores que as da indústria como um todo (HAGUENAUER (1986, p.38)).

A participação estatal no setor é altíssima, tanto no que respeita à dinâmica empresarial como no que se refere à regulamentação do mercado. Esta participação confunde-se com a própria história da implantação da indústria petroquímica no Brasil (CARVALHO et alii, (1988)).

A partir da força política e econômica acumulada pela PETROBRÁS, numa situação política em que o capital estrangeiro se mostrava receioso e/ou desinteressado em investir pesadamente no setor, organizou-se um modelo de associação entre o capital estatal - representado pela PETROQUISA, subsidiária da PETROBRÁS - capitais privados nacionais e capitais multinacionais, que marcou a constituição da maior parte das empresas de primeira e de segunda gerações e de um número significativo das de 3.^a geração. Este modelo, ao se definir de maneira em que nenhum dos sócios isoladamente detém o controle da maioria absoluta das

ações com direito a voto estabelece uma situação original para essas empresas: a participação estatal é forte, sem contudo deixarem de se caracterizar como privadas: a presença do sócio multinacional, cujo aporte de capital se realizou pelo licenciamento da tecnologia, é influente, sem contudo deixarem de se caracterizar como empresas nacionais (SUAREZ, (1986)), (CARVALHO et alii, (1988)).

Não obstante, todas as grandes multinacionais do setor químico estão presentes no país. Embora o grosso de suas atividades se concentrem na produção mais refinada de produtos de 4.^a e 5.^a gerações de processamento petroquímico e em indústrias finais (farmacêutica, têxtil, filmes), algumas delas tem participação não desprezível na produção de petroquímicos de 3.^a geração. Também é a nível de 3.^a geração, onde as exigências de escala para alguns produtos são menores, que se concentra o maior número de firmas de capital privado exclusivamente nacional (CARVALHO et alii, (1988)).

Tão importante quanto sua participação como empresário é a participação do estado na regulamentação do mercado. A implantação dos pólos petroquímicos, onde se concentram a maior parte das empresas do setor, obedeceu a um planejamento e controle estatais restritos, em que o Conselho de Desenvolvimento Industrial - CDI, a PETROQUISA e a SEPLAN foram as agências mais influentes. Isto foi particularmente válido para os casos do pólo

Nordeste e pólo Sul. A concepção dos pólos, a definição do balanceamento entre os diversos tipos de produtos, a interrelação com as fontes de matérias-primas, a negociação com os sócios privados e a aprovação dos projetos ocorreram no interior dessas agências. Até a última expansão aprovada, que consubstancia o atual programa petroquímico nacional, a instalação de novas empresas ou a expansão das existentes foi condicionada a aprovação pelo CDI. O dimensionamento, da expansão possível pautou-se pelo critério de crescimento da demanda. Desta forma, a indústria foi dimensionada para que, em condições normais de crescimento da economia, houvesse mercado para todas as empresas (CARVALHO et alii, (1988)).

Assim, embora a estrutura de mercado da indústria petroquímica possa ser caracterizada como oligopólio concentrado, devido s altas escalas de produção requeridas (HAGUENAUER, (1986), deve-se levar em conta que a forte regulação exercida pelo Estado no caso brasileiro introduz um elemento que particulariza sua situação. Sobretudo no que respeita as empresas da 1.^a e 2.^a gerações, não há efetivamente concorrência no mercado, mas uma partilha negociada do mesmo (CARVALHO et alii, (1988)).

III.4 - Organização da Atividade Produtiva na Petroquímica.

A indústria petroquímica engloba uma imensa gama de produtos individuais, cerca de um milhar. Produzidos em gerações sucessivas, o primeiro estágio corresponde aos petroquímicos básicos ou de 1.^a geração. As empresas deste estágio produzem, a partir do processamento de derivados do petróleo ou do gás natural, as matérias-primas básicas da indústria petroquímica: eteno, propeno, buteno, benzeno, tolueno e xilenos. Estas matérias-primas alimentam às indústrias da 2.^a geração, que produzem os petroquímicos intermediários, como o óxido de eteno, a acrilonitrila, o óxido de propeno, o estireno, o DMT, o formoldeido, etc... os produtos finais, ou de 3.^a geração, como o polietileno, o PVC, o polipropileno, o poliéster, as resinas melaminicas, etc... são produzidos a partir do processamento dos anteriores e constituem insumos para as mais variadas indústrias de transformação e para indústrias de especialidades químicas (CARVALHO et, alii (1988)).

Embora as rotas de processamento para se chegar a um produto final possam variar, os produtos petroquímicos podem ser agrupados em "correntes de processamento", a partir da sua origem em termos de matéria-prima. Assim, das correntes do eteno e do propeno saem os termoplásticos (PVC, polietileno,

poliestireno); das correntes do benzeno, do xileno e do tolueno saem os intermediários para fibras como a resina de poliester e o nylon, etc. (CARVALHO et alii, (1988)).

III.5. - A Microeletrônica e sua Utilização na Petroquímica.

Pode-se dizer que em termos gerais, o processo de produção, na indústria petroquímica já ostentava graus significativos de automatização nos períodos prévios à introdução da microeletrônica.

Essa tendência há sofrido agora uma modificação que tem não somente significação quantitativo, também qualitativo, ao introduzir, pela informática, relações estruturais mais explícitas na relação operação controle dos processos-gestão gerencial.

Hoje, pode-se constatar pelos trabalhos de CARVALHO (1988) uma forte tendência para a inovação tecnológica, sobretudo no que diz respeito ao uso da microeletrônica no controle de processos.

ANTONIO CATTANI (1989), fala de "cultura da informatização", isto é, de uma base para a organização do processo de trabalho, que se baseia em um contingente relativamente pequeno de trabalhadores, com elevada qualificação, todo elo considerando como a condição para

que a operação petroquímica torne-se eficaz e a menores custos.

ABRAMO (1988) expressa respeito à utilização da microeletrônica na indústria petroquímica:

"O processo de modernização com base na microeletrônica, é parte do ajuste dessa indústria às novas condições do mercado, inauguradas com a presente crise. Um esforço de racionalização, entre 1979 e 1985, logrou reduzir o consumo de energia por tonelada produzida em aproximadamente 25%, e otimizar o uso de matérias-primas (dados de ABIQUIM - Associação Brasileira da Indústria Química - citados por (CARVALHO et alii, (1988))."

A maioria dos pesquisadores concordam em que as aplicações básicas das "Novas Tecnologias" na petroquímica apontam para os sistemas digitais de controle de processos e outras equipes de apoio à produção.

Segundo ABRAMO (1988) "... o processo de produção já era bastante automatizado antes da introdução da microeletrônica. Na fabricação de produtos padronizados não havia uma brecha tecnológica significativa em relação à indústria mundial. Atualmente há uma presença incipiente, mas significativa, das Novas Tecnologias nas empresas petroquímicas brasileiras, no

futuro essa difusão deve acelerar-se."

Em 1980, uma pesquisa realizada pela ABIQUIM, citada por CARVALHO (1988), abrangendo a maioria das empresas petroquímicas de grande porte, apresenta os seguintes resultados:

- 39% das empresas usavam algum tipo de controle digital, mesmo que aplicado só ao 6,1% do total de malhas do parque instalado.

- A proporção dos usuários de sistemas mais complexos como os sistemas digitais de controle distribuídos (SDCD), era maior que a dos sistemas mais simples (instrumentos digitais, "single-loop", ou seja, que controlam um número menor de malhas).

- Mesmo que todos os usuários são empresas grandes (mais de 500 empregados), capital-intensivo, bastante automatizadas e integradas, entre as 11 usuárias, só duas plantas eram totalmente controladas por SDCD. Em três delas, só SDCD controlava 50% das malhas, e em 6, menos de 10%.

CARVALHO et alii (1988) ao comentar estas cifras expressa:

"... estes números refletem o padrão de difusão

no setor: as Novas Tecnologias estão sendo introduzidas em novas plantas, na expansão das plantas antigas ou na substituição da instrumentação convencional que torna obsoleto."

Além disso, ABRAMO (1988), chama a atenção para o fato que o SDCD é abrangente, ou seja, controla todas as malhas automáticas existentes no setor onde é instalado, mesmo que parte das plantas continuem sob controle convencional.

As Novas Tecnologias introduzem a automatização e a integração num nível mais elevado na indústria petroquímica: o controle de processos. A instrumentação digital não amplia significativamente o número de malhas automaticamente controladas. Mas, pode automatizar um conjunto de rotinas de supervisão que absorvem a maior parte do tempo e a atenção dos operadores nos sistemas convencionais de controle. Teoricamente, pode liberar ao operador para realizar tarefas menos rotineiras, mas também pode aumentar muito o controle sobre seu trabalho: todas suas intervenções e omissões, são registradas pelo sistema digital, CARVALHO et alii (1988).

Assim o controle digital de processo permite aumentar muito a precisão das operações, isto quer dizer mais qualidade, eficiência e economia de matérias-primas e flexibilidade ou redução do tempo de adaptação da

planta para mudanças nas características dos produtos.

Em sistemas convencionais, segundo CARVALHO et alii (1988), o processo de adaptação pode levar até três semanas, durante as quais a planta tem que estar parada. O SDCD reduz o período de interrupção a 3-5 dias, devido a que sua mudança de configuração implica só alterações no "software". Nos sistemas convencionais implica trabalho a nível de "hardware", ou seja, a reforma dos painéis de controle. E agrega: "... no atual estado de difusão, a dimensão da aprendizagem é muito importante para as empresas usuárias. A diferença, a respeito do que ocorre na indústria de série, é que nesta, a automatização é menos seletiva."

III.6 - Os sistemas de Controle de Processos.

A tecnologia dos sistemas para controle de processos, adotadas pelas indústrias de processo contínuo, evoluiu principalmente na direção da informática. A necessidade de informações em tempo real, de maiores níveis de flexibilidade e consumo racional de energia e matérias-primas tornou-se um ponto crucial para o crescimento da indústria de processo.

Os produtos químicos e petroquímicos são processados, predominantemente, através de reações físico-químicas que requerem o uso de elevada temperatura

e pressão. As matérias-primas e os produtos tem, em geral, características tóxicas ou corrosivas e, por isso, recorre-se à operação em sistemas fechado de processamento, onde não há intervenção direta sobre o material. As plantas são constituídas por equipamentos e tubos resistentes às condições de elevada temperatura, pressão e corrosão, e a presença humana está ligada às atividades de controle, realizadas a distância, através de instrumentação própria, conforme o apresenta a Figura (III.1).

O controle de processos é uma função básica nas indústrias que se caracterizam pelos processos contínuos de produção. Neles como se expressa no "Relatórios da Comissão Especial de Controle de Processos" (SEI (1981)), a relação homem-produto praticamente desaparece e passam a prevalecer as relações homem-máquina e máquina-produto, restringindo a atividade humana às atividades de monitoração e controle dos equipamentos, por onde se conjuga um conjunto de variáveis, tais como: temperatura, pressão, níveis, vazões, tensões, corrente, potência, velocidade de rotação, entre outros. A essência do trabalho é fazer com que essas variáveis interajam de uma maneira ordenada, mantendo-se o mais próximo possível dos valores considerados ideais, durante o tempo necessário à consecução do processo.

A atividade de controle consiste em medir o valor real de uma variável, compará-la com um valor pré-

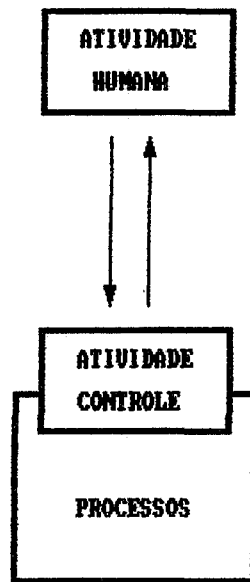


FIGURA III.1
CONTROLE DE PROCESSOS

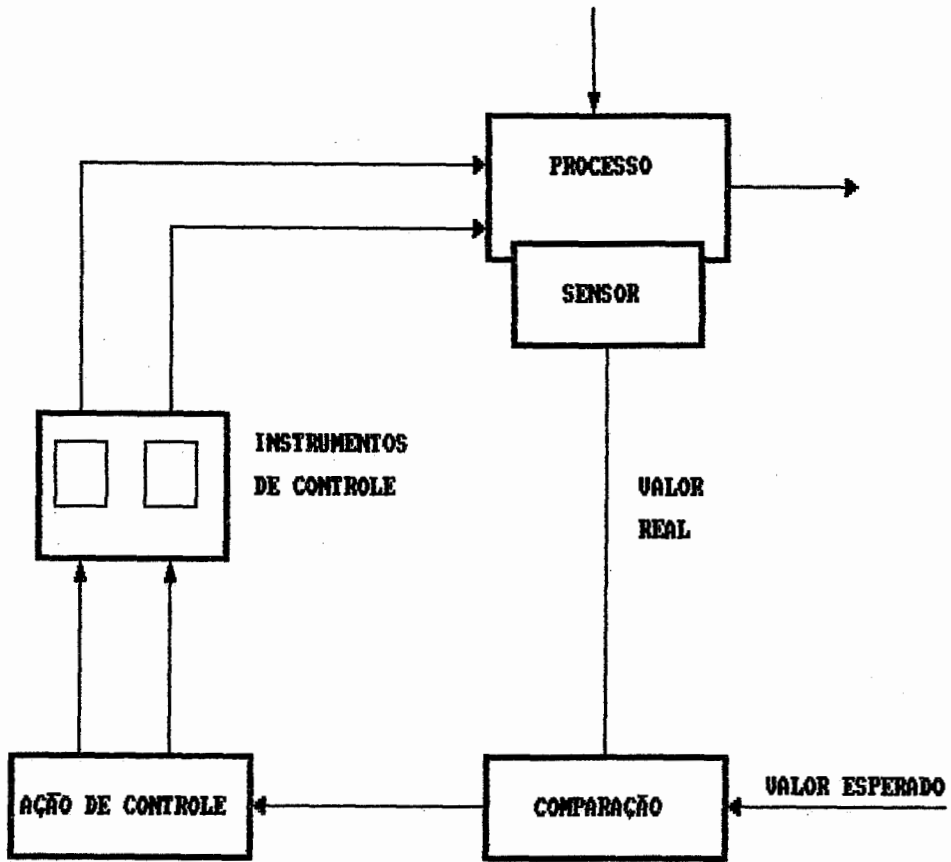
determinado, e se há diferença, exercer uma ação de controle, através dos mecanismos de controle, como aparece na Figura (III.2).

Um exemplo é o que ocorre se determinada temperatura necessita se manter num nível pré-especificado. Isso aparece na Figura (III.3).

Em caso de se trabalhar gases, aumenta-se ou diminui-se o gás para manter a temperatura ideal do processo. Esse é um exemplo de instrumentação e controle de processo. Os instrumentos utilizados são os termômetros, manômetros, válvulas.

Durante o processo, a atividade humana é de vigilância e controle, para que se possa intervir rapidamente, sobre os instrumentos, caso haja a ocorrência de alguma anormalidade. Por isso, há maior deslocamento físico do operário, pois, ao contrário do que se possa imaginar, os eventos imprevistos fazem parte da rotina dessas plantas e, com o objetivo de eliminá-los ou reduzi-los, investe-se em dois fatores básicos: aperfeiçoamento da instrumentação utilizada e da mão-de-obra envolvida.

Conforme GUERRA FERREIRA (1984) comenta, a capacidade do homem intervir eficientemente, é fundamental pois na indústria de processo contínuo, dada

**FIGURA III.2****O PROCESSO DE CONTROLE**

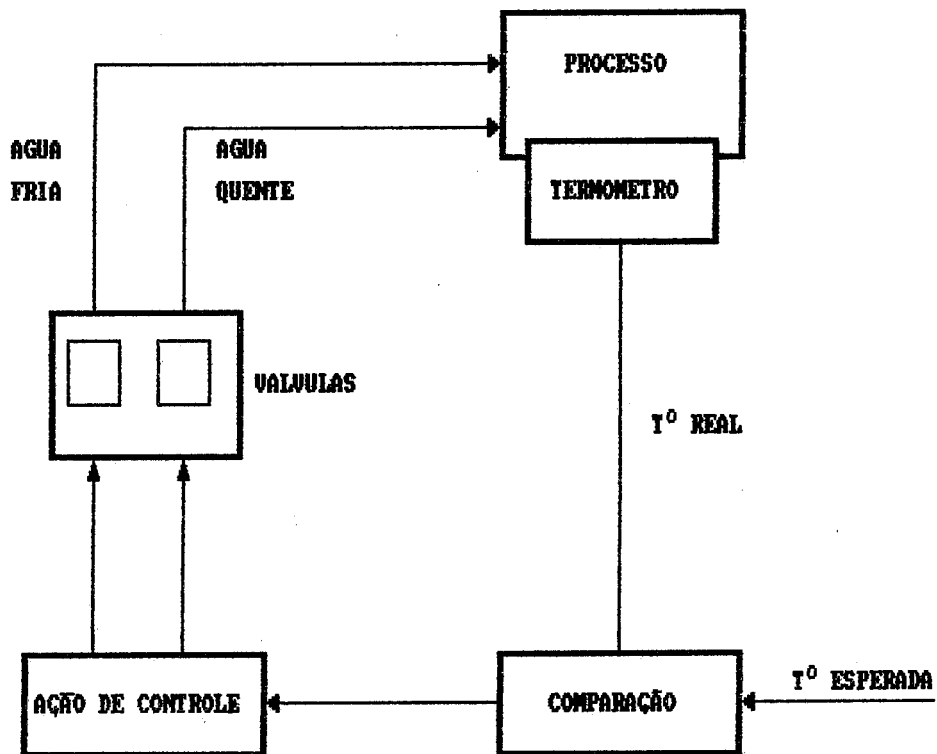


FIGURA III.3
CONTROLE DA TEMPERATURA

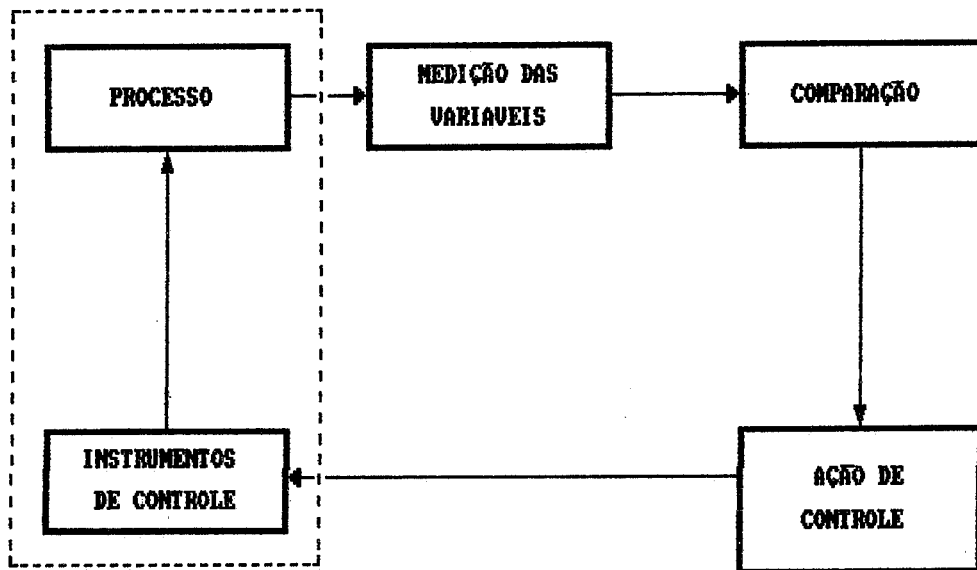
a importância dos investimentos em capital fixo, a questão crucial, que irá determinar a performance da planta, será o rendimento obtido das instalações, o que estará diretamente relacionado com a taxa de utilização da capacidade instalada.

Por outro lado, para que se eleve os padrões de eficiência do sistema de controle, é necessário aperfeiçoar os instrumentos no sentido de torná-los cada vez mais sensíveis e precisos na sua função de indicar corretamente as decisões a serem tomadas. Além do mais, as inovações vão, gradativamente, possibilitar a eliminação dos pontos de "estrangulamento" da produção e, dessa forma, expandir a capacidade produtiva além da capacidade projetada originalmente.

III.7 - As Técnicas de Controle de Processos.

Em termos de avanço do controle de processo, pode-se dizer que estes ocorreram não somente na direção das teorias que o embasam, mas principalmente em relação à tecnologia para os meios de controle. A atividade de controle permanece praticamente a mesma, envolvendo as seguintes operações essenciais: medida de uma variável, comparação desta medida com um valor desejado; ação no sentido de eliminar ou diminuir o desvio verificado, tal como aparece na Figura (III.4).

No entanto, os instrumentos se tornam mais

**FIGURA III.4****ATIVIDADES BÁSICAS DE CONTROLE**

rápidos e precisos, além de se modernizar o Sistema de informação do processo, pois a informação é vital na indústria de processamento contínuo.

Os sistemas informatizados, baseados em tecnologia microeletrônica, caracterizam o atual estágio de evolução das técnicas de controle que, antes, passaram pelos sistemas analógicos pneumáticos e eletrônicos. O transcurso dessa evolução desdobra-se da maneira que mostram os acápites seguintes.

III.7.1 - Instrumentos Pneumáticos.

Os sistemas pneumáticos são utilizados desde a fase anterior à segunda Guerra Mundial. São controladores mecânicos e funcionam através do movimento físico de um diafragma, um tubo "bourdon" ou uma coluna de líquido. Conforme à variação da grandeza medida, o movimento é amplificado, através de relés pneumáticos, de forma a posicionar a haste de uma válvula através do movimento de um diafragma ou pistão.

Os controladores pneumáticos primitivos eram fixados próximo à unidade que ele controlava, ao alcance do medidor de fluxo e da válvula de controle de fluxo. Um registrador permitia ao operador observar o comportamento do fluxo durante o período em que esteve ausente, e estimar a eficiência do processo pela

comparação com outros dados também registrados em outros pontos da planta. Esse sistema, que funcionava através de uma distribuição espacial dos instrumentos de controle, acarretava dois tipos de dificuldades: primeiro, o operador não podia concentrar todos os mostradores de uma planta, de modo a vê-los ao mesmo tempo; segundo, alguns controladores dependiam do interrelacionamento de medidas diversas, em pontos diversos, para maior eficiência do processo. Neste caso o controle assume a forma da Figura (III.5).

Segundo informações da IF (1984), a padronização das linhas pneumáticas em 3 a 5 PSIG (medida de pressão no padrão Inglês) e o desenvolvimento de aplicadores pneumáticos, tornaram possível a concentração dos instrumentos indicadores do processo em um único local.

O uso de sistemas pneumáticos em ambientes inflamáveis ou potencialmente explosivos, trazia problemas em relação à segurança. Assim, acabaram surgindo as salas para controle centralizado do processo. Hoje, ainda mais de 50% dos investimentos em instrumentação de controle de processo ainda se concentram no sistema pneumático. Esta estatística reflete o panorama mundial. No Brasil, a proporção de investimentos em pneumáticos foi da ordem de 53,74%, nos anos 1980 e 1981, IF (1984).

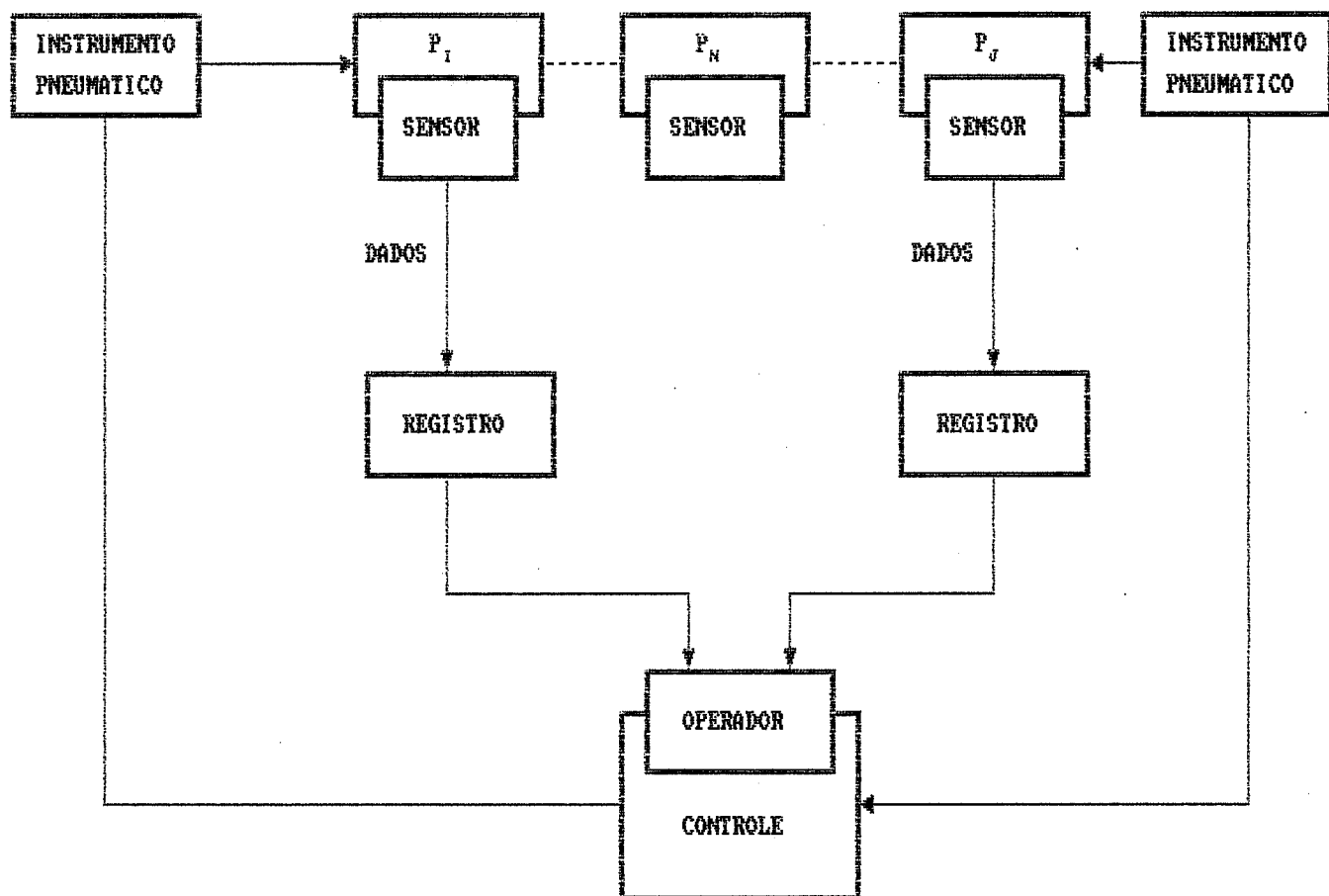


FIGURA III-6

CONTROLE (INSTRUMENTOS ELETRONICOS)

III.7.2 - Instrumentos Eletrônicos.

No final da década de 50 surgiram os equivalentes eletrônicos do controle pneumático. Sensores, transmissores, controladores e outros instrumentos avançaram no sentido de maior concentração dos dados, decisões e rapidez da informação, reduzindo consideravelmente o tempo de resposta dos equipamentos.

A Nova Tecnologia possibilitou a concentração dos instrumentos, de tal forma que a instrumentação analógica eletrônica de controle pode ser descrita como a principal ocupante de uma imensa sala de controle, dotada de painel na extensão de suas paredes. Neste painel, estão as partes aparentes dos reguladores analógicos, registradores, sistemas de alarme e chaves de acesso, centralizando, num único local, todo o sistema de controle de processo, cujas informações estão dispostas ao longo do painel, podendo-se permanentemente, verificar os valores dos principais parâmetros a serem medidos.

O coração de um sistema analógico de controle automático é o grupo de reguladores analógicos que compreendem:

i.- registradores, que recebem, processam e registram informações do campo (sobre vazão, temperatura, pressão, etc.) transmitidas pelos sensores, e

ii.- controladores, que comparam os sinais das grandezas medidas com os parâmetros ("set-points") ajustados para o processo, e interferem no mesmo através da transmissão de sinais para atuadores de campo, a fim de que as correções necessárias sejam feitas por estes (por exemplo, a abertura de uma válvula, a elevação da temperatura de um forno, etc...).

Cada variável ou ponto de controle tem sua própria malha de controle. Portanto, há um controlador/registrador para cada variável do processo controlada automaticamente.

No jargão das indústrias de processo contínuo, uma malha de controle, ou simplesmente malha, é o conjunto composto de um sensor, um registrador/controlador e um atuador. Diz-se que a malha é aberta ou de monitorização quando ela apenas capta o sinal de campo e o registra. Neste último caso, a malha apenas compreende um sensor e um registrador. Diz-se que é fechada ou de controle quando há interferência/atuação no processo.

A necessidade de coordenar as diversas malhas de controle e monitoração, imposta pela interdependência entre as variáveis, determinou o caminho para a centralização do controle nas modernas plantas petroquímicas. Enquanto os sensores e atuadores

permanecem no campo, os registradores e controladores foram centralizados em salas de controle, sendo fixados em enormes painéis ao longo das paredes. Em plantas com processos complexos, uma sala de controle pode centralizar centenas de instrumentos de controle, dispostos sobre painéis de até 20 metros de comprimento. Ao longo desses painéis, os operadores de painel fazem seu trabalho de supervisão dos controles automáticos e de intervenções manuais no processo, quando necessárias.

O modelo de controle para este caso é aquele que ilustra a Figura (III.6).

Pode-se dizer que mais especificamente o processo de operação de uma planta petroquímica de controle analógico (pneumático) consiste, basicamente, na leitura dos instrumentos de medição das variáveis (pressão, vazão, temperatura) a intervalos regulares e na manipulação de válvulas e de bombas para corrigir os parâmetros do processo. Esse trabalho é feito por operadores de campo (Operador I). Os instrumentos de controle são conectados a um painel central de controle monitorado por outro operador (Operador II ou de painel) que supervisiona todo o desempenho do processo. No caso dos pontos desprovidos de atuadores automáticos, o Operador II corrige manualmente por meio de atuadores pneumáticos ou eletrônicos os níveis do processo ou, a depender do caso, comanda o trabalho manual de correção (manipulação de válvulas) executado por um operador de

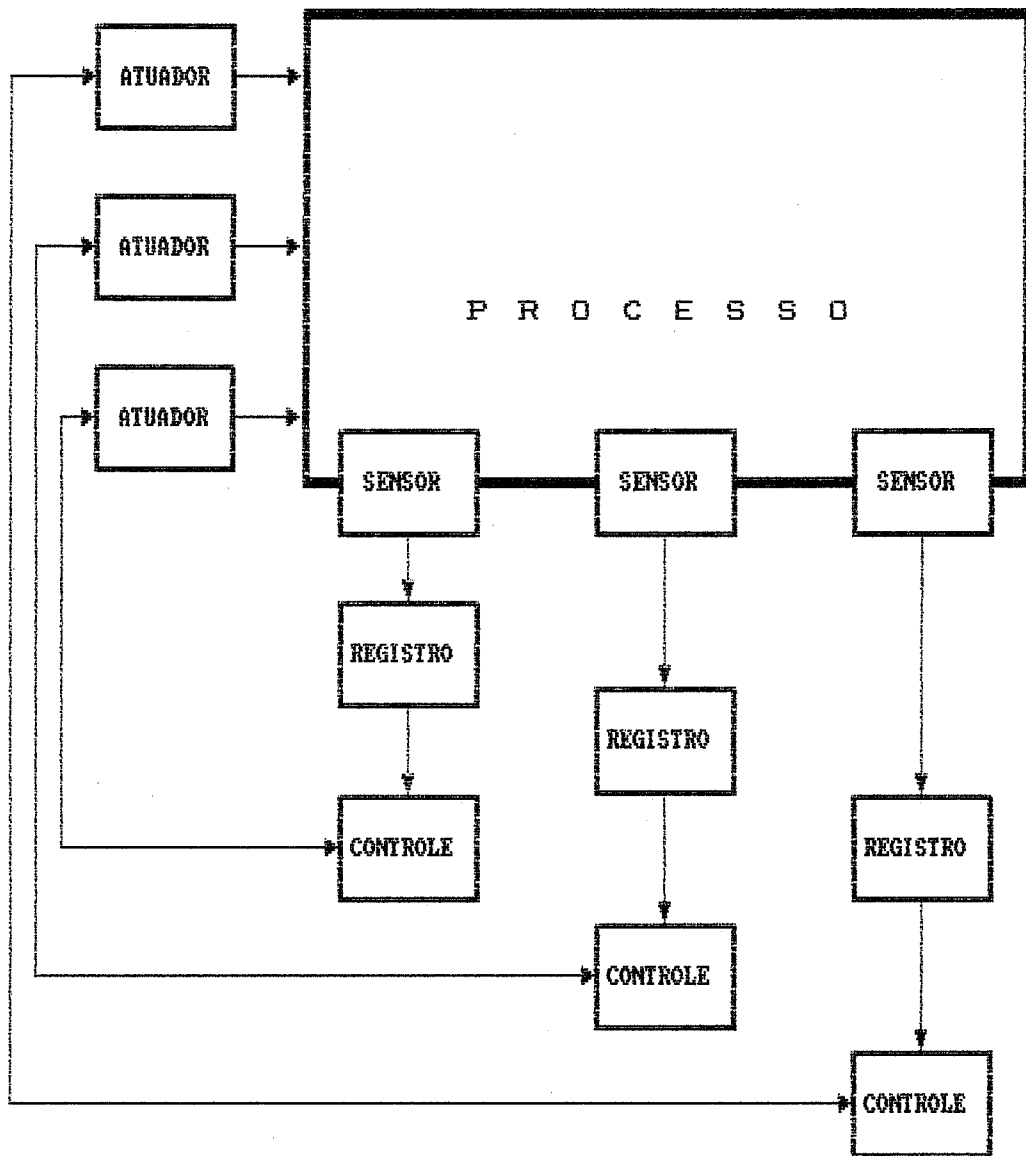


FIGURA III.5

CONTROLE (INSTRUMENTOS PNEUMATICOS)

campo. A equipe de operação se completa com um operador-chefe (Operador III) que supervisiona todo o trabalho de operação. Este modelo aparece na Figura (III.7)

A automatização, no seu estado atual, não prescinde do trabalho de supervisão humana, seja na leitura dos instrumentos, seja no monitoramento do desempenho dos equipamentos e dos processos através dos sentidos (audição, e visão), seja no cálculo mental de projecção do desempenho das variáveis que se está acompanhando.

Isto é, não todo o controle numa planta petroquímica é automatizado. Muitas operações, seja em função de necessidade técnica, ou de segurança, ainda são feitas manualmente no campo, junto aos equipamentos. Estas são parte das tarefas dos operadores de campo, que também mantêm permanente vigilância junto aos equipamentos e intervêm no processo diretamente, quando a atuação a partir da sala de controle não é possível ou não é suficiente.

III.7.3 - Sistema Digital de Controle Distribuído.

Com a tecnologia microeletrônica, vieram os computadores de processo e, conseqüentemente, sofisticou-se a atividade de controle e supervisão. A necessidade de sofisticar ainda mais o sistema, fez crescer

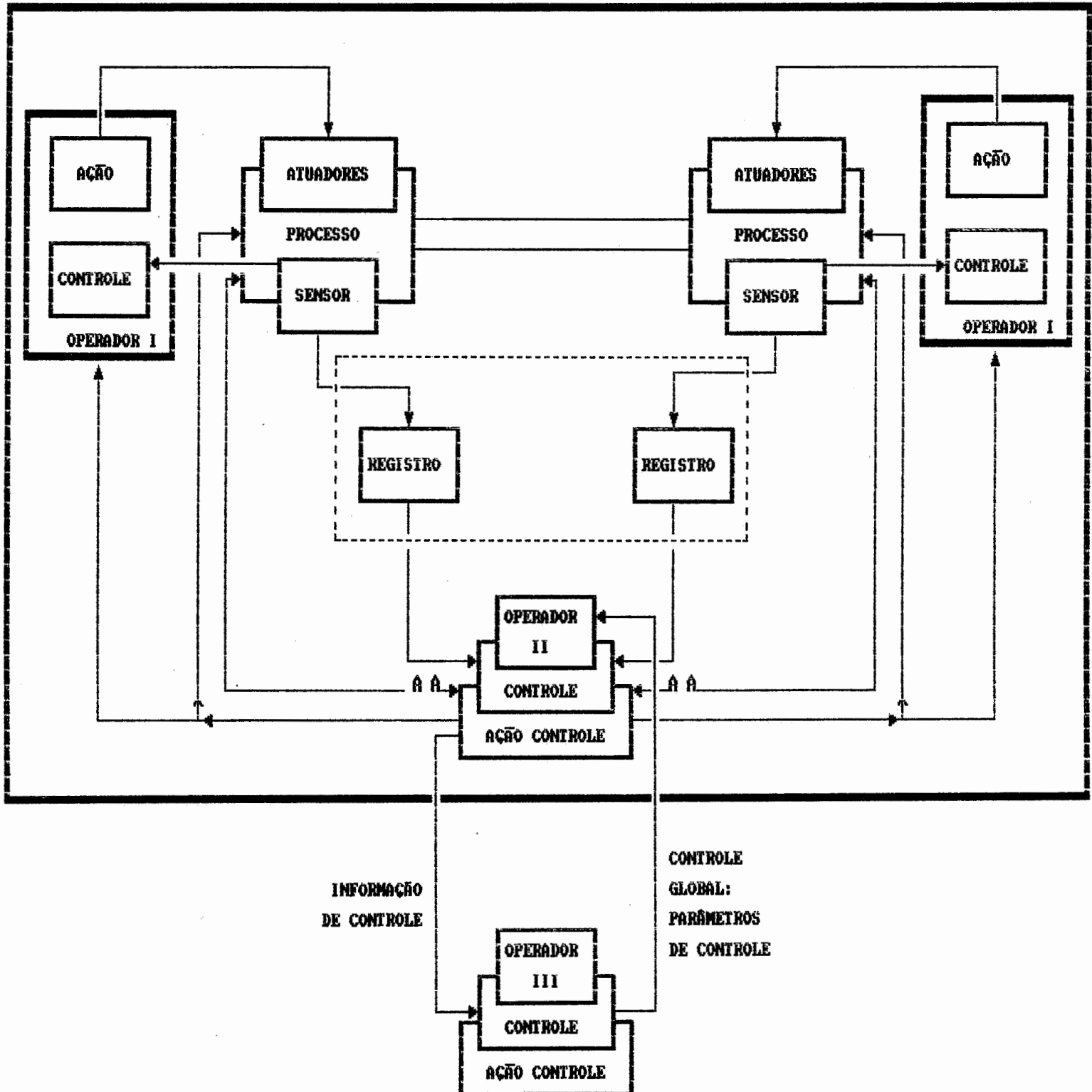


FIGURA III.7

CONTROLE ANALÓGICO (PNEUMÁTICO)
PLANTA PETROQUÍMICA

assustadoramente os painéis de controle analógico, a ponto de colocar em xeque sua própria eficiência.

Em 1975, é lançado o TDS 2.000, pela HONEYWELL, e inicia-se então a microeletrônica na área, através dos Sistemas Digitais de Controle Distribuído, os SDCD.

Um Sistema digital de controle distribuído, é aquele em que um computador "sente" cada uma das variáveis capazes de serem observadas no processo e gera, através de algoritmos implementados por software, os sinais de controle necessários à manutenção dos valores de referência estabelecidos e necessários.

O SDCD é composto de estações de controle local, substituindo os controladores analógicos e, enquanto sistema, está subdividido em três subsistemas. O primeiro subsistema está acoplado ao processo, e nele estão localizadas as estações de controle local que interfaceiam o processo com o SDCD. Esse subsistema subdivide-se, por sua vez, em dois tipos de estações:

i.- Estação de monitoração, que supervisiona os pontos do processo para variáveis analógicas (contínuas) e variáveis digitais (discretas);

ii.- Estação de controle, que gera regras para o controle da planta. Essas duas estações são básicas num SDCD, e compõem o seu primeiro subsistema.

O segundo subsistema, de monitorização e operação (interface homem/máquina), é composto de instrumentos de visualização em tela de vídeo, operados através de teclado, como nos micros-computadores.

O terceiro subsistema, de comunicação, dispõe de infra-estrutura que interliga os dois primeiros, permitindo a transferência de informações entre eles.

Através dos sub-sistema de comunicação, chegam ao subsistema de monitoração e operação as informações recolhidas pelas estações do subsistema de monitorização e controle, que é acoplado ao processo. As estações captam os valores no processo em si, e transmitem esses valores, sob forma digital, para a interface homem/máquina, onde se encontra o sistema de operação propriamente dito: monitores de vídeo,, teclado, impressoras, copiadora de vídeo, memória principal, unidades de disco flexível e winchester, além de outras unidades que permitem a entrada e saída dos dados.

A técnica de controle distribuído veio contrapor-se às estruturas centralizadas, como as encontradas nos grandes painéis de controle. Os processos parciais físicos estão geograficamente separados, às vezes por distâncias de alguns quilômetros. Nesse sentido, as redes locais de micro-computadores são estruturas que se adaptam bem ao controle do processo físico, pois, se determinado sub-processo físico está

associado a uma tarefa de controle que depende da informação do estado de outro subprocesso remoto deve haver troca de informação entre esses subprocessos envolvidos. Essas informações transmitidas, consistem em dados recebidos e transmitidos, que vão permitir uma visão geral do processo, a manipulação de sinóticos, o registro de tendências, a anunciação de alarmes, a manipulação de parâmetros de controle (ponto de ajuste, saídas, ações), a manipulação de variáveis do processo, supervisão global do sistema. Além da otimização do processo e gerenciamento da produção (CASTILHO & LAGES (1985)).

Em termos de atividades gerenciais, o SDCD possibilita os exercícios de simulação, que avaliam as diversas alternativas existentes, visando melhor aproveitamento da capacidade produtiva. As decisões passam, assim, a embasar-se numa massa significativa de informações, obtidas em tempo real.

Num sistema de controle digital, as funções dos registradores e controladores passam a ser realizadas por componentes microeletrônicos. Os controladores digitais se dividem em dois grupos bastante distintos quanto a suas possibilidades: os simples e os complexos.

Os controles digitais simples são os que regulam um número bastante limitado de malhas. São os

chamados controladores digitais "single-loop" (controlam apenas uma malha) e "multi-loop" (mais de uma malha). Estes instrumentos não implicam mudança do sistema de controle. Foram projetados para substituir reguladores analógicos mantendo a mesma lógica de controle: um regulador permanente para cada malha de controle. Da mesma forma que os analógicos, são fixados nos painéis de controle e permitem uma visualização direta pelo operador. Estes instrumentos representam uma solução intermediária, uma espécie de digitalização gradual do controle. Só são viáveis economicamente se apenas um número pequeno de instrumentos, dentro de um conjunto maior, devem ser substituídos. Esta situação pode-se apreciar na Figura (III.8).

Uma mudança radical na natureza do sistema de controle realmente ocorre quando todos os pontos de controle automático de uma planta (ou de toda uma área da planta) são submetidos ao controle por microprocessadores. Esta tecnologia, mais complexa, se desenvolveu no sentido de uma configuração conhecida como Sistema digital de controle distribuído. Neste sistema, microprocessadores substituem os controladores analógicos. Um único microprocessador pode controlar um grupo de malhas. Um grupo de microprocessadores pode controlar toda a planta. Esta situação pode-se apreciar na Figura (III.9).

A fim de criar uma barreira de segurança contra

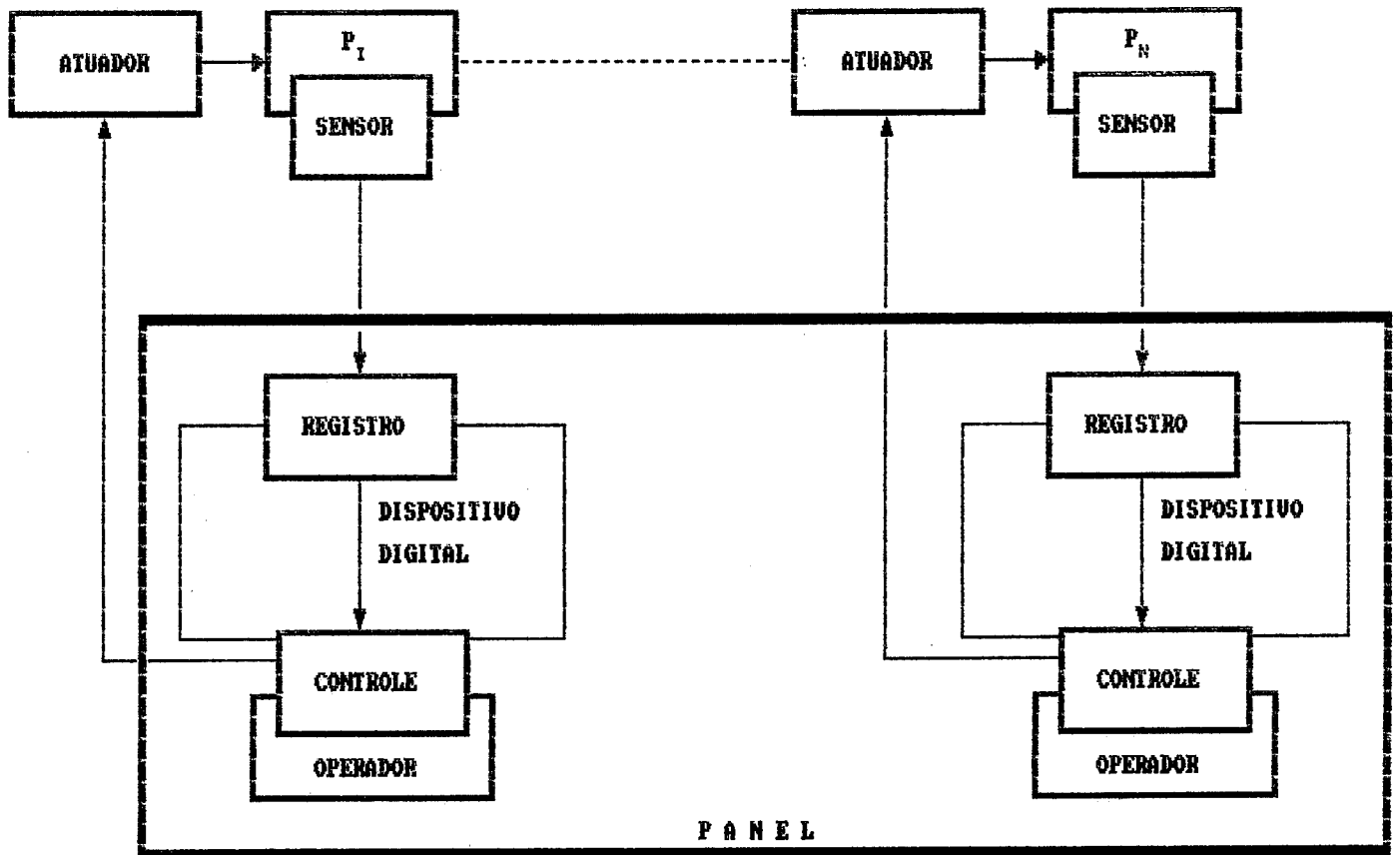


FIGURA III.8
CONTROLE (DIGITAL SIMPLE)

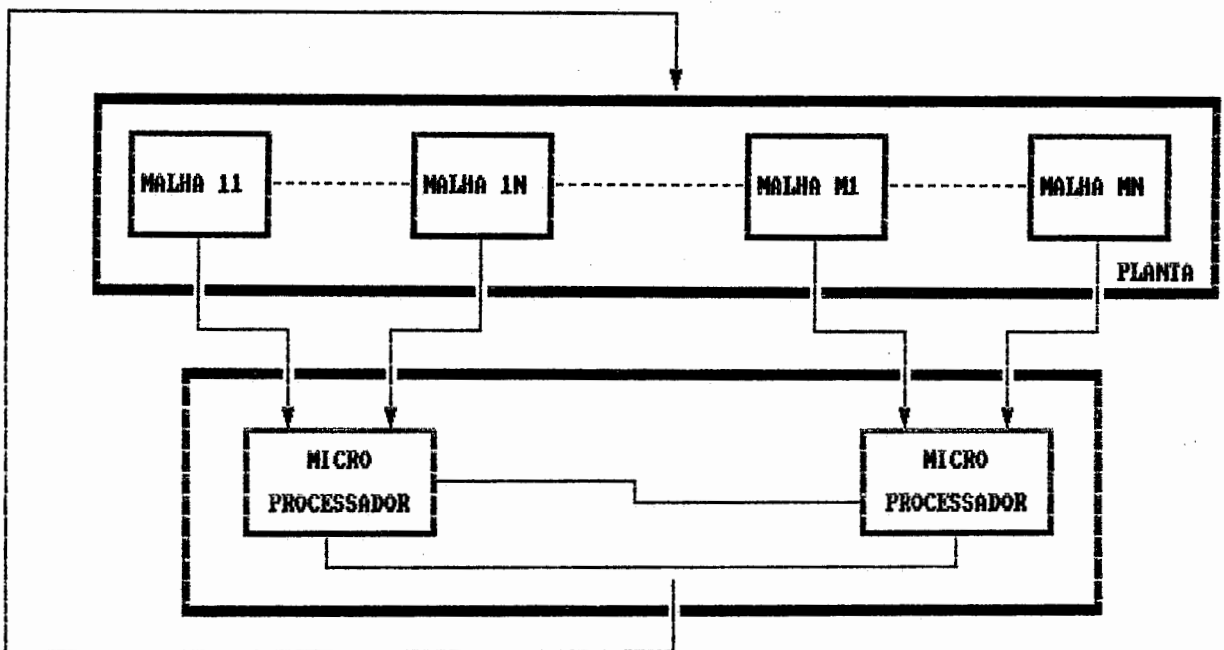
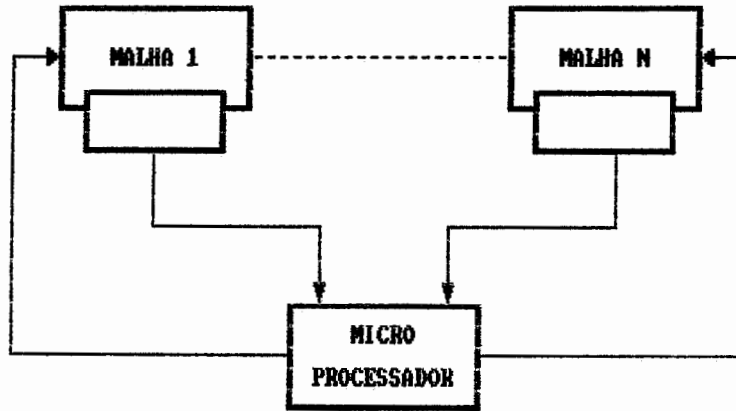


FIGURA III.9

SISTEMA DIGITAL DE CONTROLE DISTRIBUÍDO

falhas das unidades de processamento, o sistema é projetado de maneira a ser descentralizado. O controle da fábrica é dividido em partes/setores, e cada setor é alocado a um "rack" de controle. Cada "rack", à maneira de um computador, contém um conjunto de placas de circuito impresso. As funções das diversas placas são diferenciadas: algumas são controladores, baseadas em microprocessadores dedicados ao controle; outras ainda são receptoras e registradoras de informações; outras ainda são dedicadas a manter comunicação permanente com os outros "racks" de controle, etc... Uma parte deste conjunto funciona na transformação de sinais analógicos em sinais digitais e vice-versa, para possibilitar a comunicação com os instrumentos de campo. O sistema é projetado para ter redundância. Assim, cada "rack" controla seu setor da fábrica, mas também é programado para substituir um outro "rack", na área deste, se este vier a sofrer uma pane. Desta forma o sistema se torna seguro. Se o sistema fosse centralizado em uma única unidade de processamento, qualquer pane mais séria colocaria em risco toda a planta. Os "racks" de controle são em geral fisicamente descentralizados. São colocados em cabines protegidas junto às áreas da planta que lhes cabem controlar, como ilustra a Figura (III.10).

Os operadores não acessam diretamente os "racks" de controle. Estes se comunicam com uma outra unidade de processamento localizada na sala de controle.

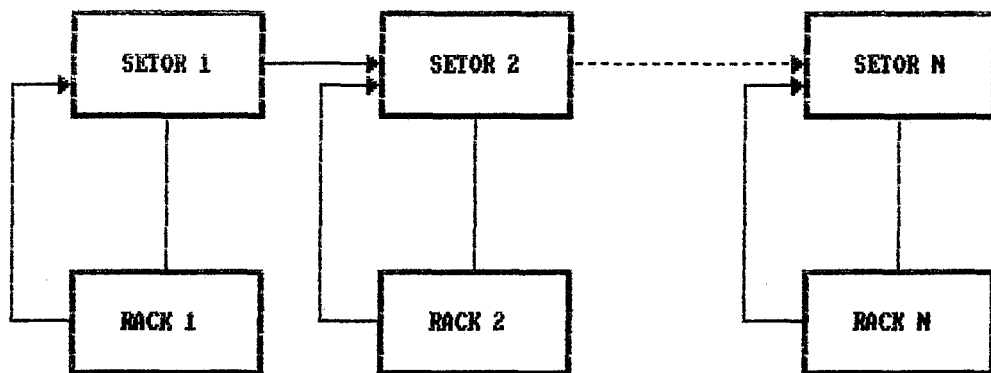


FIGURA III.10

INCORPORAÇÃO DE RACK DE CONTROLE

As funções principais desta unidade são:

- i.- prover a interface operador/sistema através da qual:
 - a) a estratégia de controle é projetada (configuração do controle) e
 - b) o sistema de controle é operado, ou seja, a fábrica é operada; a interface operador/sistema é realizada através de terminais de vídeo.
- ii.- dirigir o tráfego de informações entre os vários componentes do SDCD e
- iii.- produzir relatórios sobre o desempenho da planta baseados em registros do comportamento das variáveis.

Portanto, terminais de vídeo computadorizados substituem os grandes painéis de controle como instrumentos através dos quais os operadores "pilotam" a planta. A visualização dos parâmetros (set-points) e das medidas do processo real é realizada através de gráficos e diagramas projetados na tela. Os diagramas representam o lay-out físico da planta e os instrumentos de campo relativos a cada equipamento. Os gráficos mostram a variação das medidas comparadas aos parâmetros. Assim, os operadores podem visualizar as variações do processo no ponto exato do lay-out em que estas estão realmente ocorrendo. Os operadores intervêm no processo, seja para mudar "set-points", seja para efetuar manualmente um

determinado comando, através do teclado de terminal.

A distribuição dos pontos de controle aos diferentes controladores (placas) do sistema, a definição das medidas diretas e indiretas das variáveis e da interdependência entre elas, a definição de alarmes e rotinas automáticas de supervisão e o desenho gráfico de visualização dos controles, todas estas tarefas constituem o que se chama configuração do controle. São viabilizados através de instruções dadas via teclado ao sistema. Elas constituem um software de controle e como tal são armazenadas.

O número de interfaces operador/sistema, bem como o número de terminais, dependem de quantas malhas são controladas pelo sistema. Todos os terminais e a unidade de processamento que provê a interface são centralizados na sala de controle. Portanto, pode-se dizer que através de um SDCD o controle real (racks) é descentralizado, enquanto que a supervisão de controle é centralizada.

Tudo isso ocorre como ilustra a Figura (III.11).

Com o uso do SDCD e controle do processo se torna mais sofisticado porque:

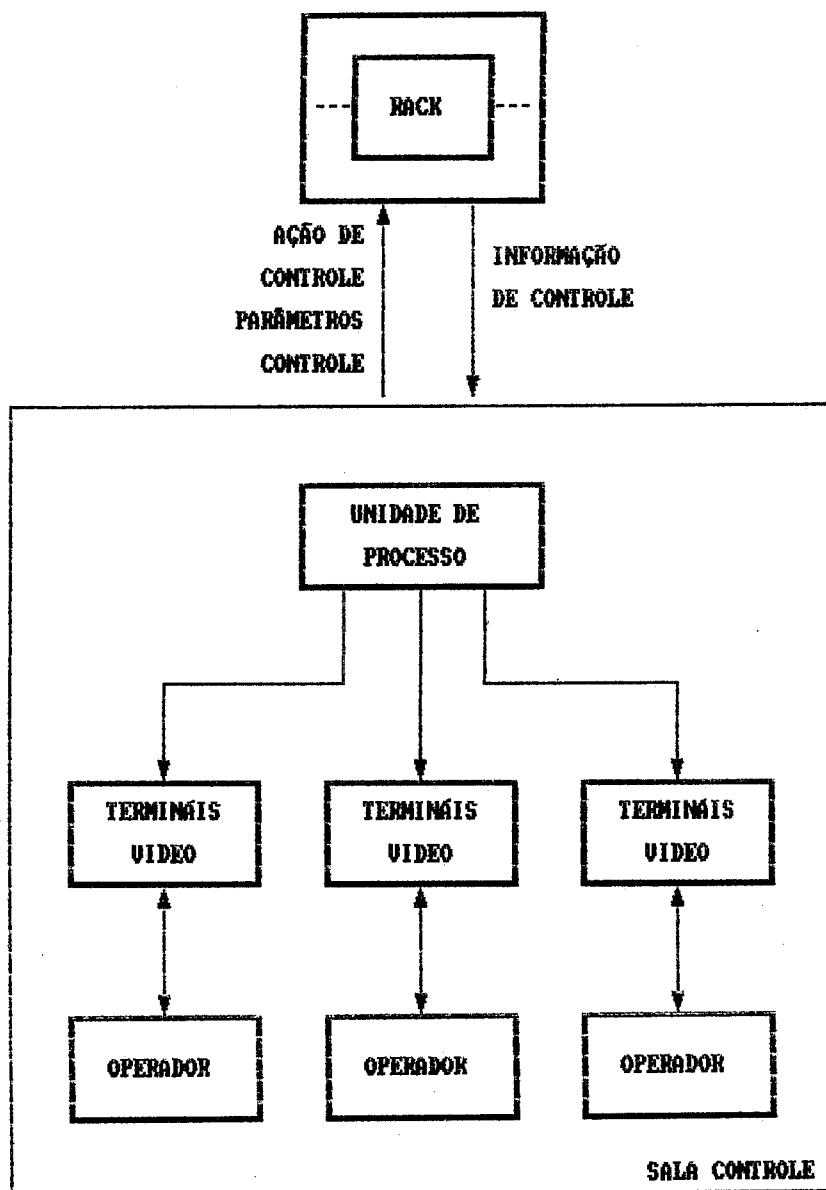


FIGURA III.11
USO DE TERMINAIS

i.- muitas das rotinas supervisórias, previamente realizadas pelos operadores, podem ser automatizadas.

ii.- uma vez que o sistema está apto para armazenar e processar informações, ele aperfeiçoa e expande os recursos de supervisão; dois exemplos: são muito maiores as possibilidades de se introduzirem alarmes em pontos críticos de controle, a fim de chamar a atenção dos operadores para desvios do processo; o novo sistema pode projetar gráficos de tendências relativas à performance de uma carta variável para um dado intervalo de tempo (o que, no controle convencional, só podia ser feito mentalmente pelo operador).

iii.- o sistema automaticamente imprime relatórios sobre o desempenho do processo; a este respeito ele pode fornecer relatórios com a frequência que a gerência e as áreas de engenharia e P & D desejarem.

No entanto, a sofisticação pode ainda ir além se um computador de processo for acoplado ao SDCD. Isto abre caminho para o uso de software de controle bem mais complexos, baseados em modelação matemática do processo. Entre esses tipos de software, estão os de "otimização de processo", desenhados para prever desestabilizações que possam vir a ocorrer no processo a partir das medidas que alimentam o sistema. Assim, evitam-se desvios futuros. O objetivo é manter a qualidade e aumentar a eficiência de custo (minimização de perdas de matéria-prima e

energia). Além disto, o computador de processo acoplado a um SDCD permite a integração entre a produção e outras áreas de gerências. Por exemplo, ele pode emitir relatórios gerenciais, com informações em tempo real, sobre o nível de estoques, a produção diária, os principais problemas de desempenho do processo, etc...

Na verdade, os computadores de processo foram introduzidos no controle da produção em fluxo contínuo ainda antes do aparecimento dos SDCD. Eles podem-se comunicar com instrumentos analógicos através do uso de multiplexadores, que transformam sinais analógicos em digitais. Todavia, são limitadas as funções que se podem realizar através deste sistema. Eles se concentram sobretudo na aquisição de dados e no controle supervisorio. Além disto, sua abrangência é sempre limitada, pois não é viável técnica e economicamente englobar todas as malhas de controle (devido a complexidade requerida para a mudança de sinal). Portanto, funções mais complexas como a otimização de processos, controle avançado e simulação só podem ser realizadas através do casamento SDCD-computador de processo.

III.7.4.- Vantagens Técnicas do SDCD.

Neste ponto vale citar, na íntegra, o quadro comparativo apresentado por BOCCHINI, no 6.^o Seminário de

Instrumentação, que é coincidente com os indicadores levantados durante a enquete. Ele compara os Sistemas digitais de controle distribuído (SDCD) com os Sistemas analógicos convencionais (SAC).

Sistema digital controle distribuído.

- Permite mudança de configuração.
- Visão global do status do controle, formateada em tela de vídeo.
- Registro todos os eventos de forma cronológica no instante da ocorrência.
- Compara até 2 registros gráficos históricos com um registro em tempo real.
- Maior confiabilidade, devido ao sistema de redundância com transferência das funções de controle automaticamente sem interrupção.
- Incorpora sistema de autodiagnose de funcionamento constante.
- Todas as informações são registráveis (gráficos, folhas, alarmes, dados de calibração, etc.) podem ser registrados os eventos anormais ou em horas pré-determinadas.
- Redução do custo de papel e de arquivo.
- A configuração das malhas, gráficos, dados de

calibração, dados de engenharia, etc., estão sempre atualizados.

- Alta flexibilidade (configuração variável, consulta de dados de de engenharia, dados de calibração, visão global do processo, alarmes, dados de produção e demandas, estocagem-volume dos tanques de armazenamento em tempo real).

- Compatível para adaptação de computador para controle supervisorio, emissão de relatórios, otimização dinâmica do processo, etc..

- Grande facilidade para expansão.

Sistema analógico convencional.

- Configuração dedicada (possui algoritmos de controle definidos por construção).

- Visão global do Status do Controle, em instrumento de 3" x 6", montados em painel de 30 a 40 m linear.

- Em caso de defeito haverá perda total ou parcial do controle do processo.

- Defeitos são detectados via processo.

- Os registradores necessitam de papel gráfico contínuo, tinta, etc, de registro e arquivo cronológico. Todos os eventos somente registrados continuamente.

- Grande consumo de papel e custos de arquivo.
- A configuração das malhas, gráficos, dados de calibração, dados de engenharia, etc., necessitam da revisão de desenhos e documentos.
- Necessita consultas de desenho, relatórios, gráficos de registradores, etc. (nem sempre atualizados).
- Interfaceamento necessário para a adaptação do computador supervisor, tendo custo maior do que toda a instrumentação.
- Difícil de expandir.

CAPITULO IV.

OS PROBLEMAS DA IMPLEMENTAÇÃO DA AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL E
DA INFORMÁTICA.

As novas tecnologias têm hoje um impacto cada vez mais crescente na atividade industrial.

Na indústria de processo contínuo em geral, e portanto na petroquímica, existem dois aspectos derivados do desenvolvimento da microeletrônica que, com orientações diferentes apontam para a mesma direção. Trata-se da automação industrial e da informática. As duas apontam para o tratamento dos dados ligados à regulação e o controle. A primeira encontra-se associada ao controle de processos e a segunda ao controle de nível gerencial. Mas a tendência atual é que elas apareçam interligadas estruturalmente. Uma razão para isto é o fato que a informação gerada a nível de processos tem grande importância para as decisões gerenciais, situação facilitada hoje pelas perspectivas que oferece o desenvolvimento do "hardware" e do "software".

IV.1 - Os problemas da condução em paralelo das
atividades de automação e informatização.

A condução em paralelo das atividades de automação e informatização se foi considerada adequada num determinado momento, hoje está sendo questionada. Ela

criou sistemas isolados e ilhas de informações não apenas em termos de sistemas técnicos de informação como também no comportamento das pessoas.

Como ocorre em algumas empresas onde se tem uma experiência importante em automação industrial, Copene, no pólo petroquímico de Camaçari, há planos para integração destas atividades principalmente em nível de hardware e software e há também um razoável consenso que a condução isolada de cada atividade já chegou ao limite de sua eficiência, OLIVEIRA (1990). Ainda mais, exige-se a integração como meio de aumentar a eficiência e o retorno sobre o capital já investido, OLIVEIRA (1990).

Portanto, qualquer que seja o desenvolvimento de uma, não pode desconhecer a importância da outra, seja a nível da necessária coerência dos modelos utilizados, seja a nível das interfaces ou a nível dos fluxos de informação.

Mas subsiste um problema, não obstante o alto desenvolvimento dos aspectos teóricos e das equipes técnicas, a sua implementação deve enfrentar barreiras significativas que ao não ser superadas colocam em perigo sua eficácia.

Hoje constata-se a contradição entre as potencialidades físicas da revolução científica-

tecnológica e a incapacidade dos sistemas sociais atualmente constituídos para abarcá-las num sentido progressivo, OMINAMI (1986).

A adaptação se torna mais complexa ao se tratar a entrada da microeletrônica, que envolve um conjunto maior de transformações na medida em que abrange todo o conjunto do sistema técnico e da organização social.

Isto ocorre no caso da automação industrial mesmo que na informática aplicada às tarefas de regulação e controle.

Não se trata, nestos casos de mudanças localizadas, já que todo o sistema social vai, progressivamente, incorporar-se ao novo paradigma, OMINAMI (1986).

Na área industrial, os sistemas de base microeletrônica, tornam a planta mais flexível e extremamente automatizada. Uma das suas principais características é a capacidade de diversificar as linhas de produção e de produzir de forma rentável as pequenas séries, reduzindo o tradicional problema de escala da indústria tradicional.

A possibilidade de subtrair-se às exigências da produção em massa assentam as bases para a superação da grande planta industrial, típica da organização fordista

do trabalho. A nova indústria se coloca tecnicamente mais ágil para responder à pluralidade de influências a que, crescentemente, estão expostos os processos econômicos.

Seria necessário, para responder a esse quadro, que não apenas as técnicas fossem mais ágeis, flexíveis e dinâmicas na transmissão de informações. Há necessidade de reformulação dos padrões atuais da organização sócio-institucional, a nível das estruturas macro e micro, OMINAMI (1986).

No plano dos sistemas de produção, Carlota Perez (1984) contrapõe as características do paradigma técnico-econômico baseado na microeletrônica às características do modelo precedente de produção em massa, nos seus aspectos técnico e organizacional. Uma consideração importante que se desprende desse estudo é que a capacidade de tornar a produção flexível às demandas de mercado, deve ser correspondida por um modelo organizacional de maior flexibilidade.

As estruturas de controle burocrático da produção em massa não condizem com a descentralização da "inteligência", típica do novo paradigma. No entanto, o que se observa, habitualmente, é a coexistência da estrutura convencional da organização "vis-a-vis" à inovação tecnológica. Isto deve-se em grande parte à lentidão das mudanças culturais, em relação às mudanças

físicas. Ainda mais, não é de se esperar que as mudanças técnicas, por si só, garantam as mudanças organizacionais.

Pode-se dizer, que um modelo organizacional flexível não se apóia unicamente nos dispositivos técnicos, mas contempla, por outro lado, uma distribuição de postos e de responsabilidades, com autonomia bastante para desenvolver soluções rápidas e adequadas para cada tipo de situação particular.

As duas formas de inovação -tecnológica e organizacional- se complementam para obter um modelo de organização da produção mais flexível.

A indústria de processo contínuo que também deve enfrentar estes novos imperativos da concorrência, que exige produtos rigidamente especificados e uma produtividade maior de todos os fatores de produção, dispõe de dois instrumentos ligados ao desenvolvimento da microeletrônica, a automação industrial e a informática.

Mas, a implementação dos dois tem-se desenvolvido a ritmos e com alcances diferentes.

A implementação de automação industrial apresenta algumas experiências interessantes que se destacam na indústria petroquímica, não assim a informática em seu estágio atual de desenvolvimento.

Uma dessas experiências é a do pólo petroquímico de Camaçari.

IV.2 - A experiência de Camaçari.

No pólo petroquímico de Camaçari aparece uma experiência que vale a pena ser ressaltada enquanto à forma de implementar a automação industrial.

Na Indústria de processo contínuo os materiais que se manipulam são geralmente gases ou líquidos operando-se sobre um fluxo de produto. Esta diferença é essencial com relação aos processos descontínuos e a ela se deve que a automatização de ambos os tipos tenha até hoje rumos e ritmos diferentes.

Desde a perspectiva da Teoria da regulação, as principais aplicações enquanto ao controle global de processos aparecem naquela. Por exemplo, nos SDCD todos os pontos de controle automático de uma planta (ou de toda uma área da planta) são submetidos ao controle por microprocessador. Nestos sistemas um único microprocessador pode controlar um grupo de malhas - conjunto composto de um sensor, um registrador/controlador e um atuador - e um grupo pode controlar toda a planta.

A tecnologia dos sistemas para controle de

processos, adotadas pelas indústrias de processo contínuo, evoluiu principalmente na direção da informática. A necessidade de informações em tempo real, de maiores níveis de flexibilidade e consumo racional de energia e matérias-primas tornou-se um ponto crucial para o crescimento da indústria de processo. A tendência é para o crescimento irreversível dos SDCD, que são um passo indispensável à tecnologia de otimização e controle avançado.

Na COPENE, empresa petroquímica, localizada no Pólo petroquímico de Camaçari, está previsto no Plano diretor de automação, que até 1991, estará instalado um modelo de Controle hierárquico na sua planta principal.

O modelo de controle hierárquico, que é típico de ambientes industriais, consiste de uma rede que pode ser comparada às redes tipo LAN - Local area network- das tarefas de escritório. Sendo, que na indústria, os SDCD funcionam como os terminais inteligentes dos escritórios. O que caracteriza as redes de automação é a necessidade de troca de informações entre os seus componentes em linha e em tempo real. Além disso, no caso do controle de processos industriais, as restrições de tempo são mais críticas, pois a necessidade de intervenção é imediata. Mas aparece uma segunda característica dessas redes que neste caso interessa particularmente: elas guardam a possibilidade de serem conectadas interligando a produção às atividades gerenciais da estrutura

organizacional.

Isto pode permitir inclusive uma nova dimensão do controle de processos, contemplada no Plano de Camaçari. Numa fase mais avançada, pode-se alcançar uma maior estabilidade dos processos, levando-os a pontos de operação mais próximos dos seus limites incorporando sistemas de otimização. Essa função pode ser realizada pelo SDCD e/ou por um supermicro.

Já na otimização encontra-se uma parte "intelectual" de todo o processo, que é constituída de modelos matemáticos de comportamento dos processos e de técnicas de otimização, que levam os processos aos seus pontos ótimos de operação. Os sistemas atuam como um banco de dados, recolhendo e processando as informações desde a base. Nos níveis mais baixos estão os sensores de campo, medidores de vazão, de temperatura, de pressão. Esses dados vão para o SDCD que os organiza numa base de dados, calcula os algoritmos para estabelecer os parâmetros -os "set-points" ou referências- e calcula depois as correções que o proprio SDCD tenha que fazer nas variáveis manipuladas para que elas se aproximem dos parâmetros. É esse, basicamente, o trabalho do SDCD.

Agora, num nível hierárquico superior, estão os supermicro, onde estão residentes os modelos de processo e o sistema de otimização. A idéia é que os supermicro

sejam ligados à rede central da empresa, onde residem os sistemas informáticos gerenciais ou de controle global.

No específico, a estratégia de implementação na empresa do pólo petroquímico de Camaçari se estrutura entorno a duas categorias de variáveis: variáveis internas e variáveis externas.

As variáveis internas são aquelas que tem sua origem na própria gestão da empresa, e as externas, as que se originam no meio que atinge à organização.

Naquele pólo petroquímico, na empresa observada, praticamente não ocorrem mudanças organizacionais. Nela convivem o sistema microeletrônico e o analógico convencional. O primeiro SDCD foi instalado em 1985, e os sistemas de controle avançados e as técnicas de otimização estão previstas para 1991.

Mas, paralelamente à entrada da nova tecnologia, o sistema organizacional permanece o mesmo. Na empresa a organização da produção sofreu pequenas modificações, todas voltadas para consolidar a entrada da automação industrial. Não se teve notícias da implantação de programas que pudessem alcançar inovações substantivas na cultura da organização.

Não obstante, pelas necessidades de adaptação tecnologia-sistema social, algumas medidas para se

adaptar à nova situação aparecem. Estas apontam para a integração física dos equipamentos e agilizar o processo decisório.

Uma série de medidas foram introduzidas para alcançar aqueles dois propósitos:

i.- Se incorpora um modelo matricial que ordena responsabilidades, atribuições e tarefas a serem desempenhadas no sistema digital, permitindo uma integração dos setores envolvidos.

ii.- O alto nível de integração do software adotado e as informações veiculadas em tempo real, vão exigir maior "sintonia de ação" (nas palavras de um engenheiro), isto é, uma nova filosofia.

iii.- Na perspectiva de incorporar modelos de otimização à automação industrial, se fala da necessidade de integração entre esta e a informática. Isto é, de compatibilidade de "hardware", "software" e filosofia de ação. Este nível de integração é fundamental para a organização da produção ao garantir o encadeamento das linhas automatizadas.

iv.- Elaboração de um plano de automação industrial. Isto inclui a introdução planejada -não aleatória- dos equipamentos, e o preparo para a informatização

integrada.

v.- Aumentar o grau de influência direta da área de automação industrial. Para estes propósitos se produzem determinadas alterações no organograma. Num primeiro estágio a automação industrial participa como unidade de apoio, num segundo colocam-se no mesmo grau de importância as áreas de produção e as técnicas, onde reside a divisão de automação industrial. Neste sentido, as técnicas de controle podem garantir um processo com maior estabilidade e flexibilidade, melhor aproveitamento dos insumos e integração a todos os níveis.

O uso dos sistemas de base microeletrônica requer de determinadas mudanças organizacionais. As novas dimensões técnico-organizacionais requerem adequar a gestão da força de trabalho às novas exigências que delas surgem.

Isto exige uma política de recursos humanos estabelecida em relação às inovações tecnológicas a introduzir, ou introduzidas. Na empresa do pólo de Camaçari, as questões mais discutidas se refer às políticas de emprego, cargos e salários, qualificação e treinamento.

Em relação ao emprego/desemprego provavelmente não haverá demissões, mas sim redução relativa na oferta de empregos, principalmente para o cargo do operador.

Esse deverá ser mais qualificado, mais estável, porém mais restrito numericamente. Por outro lado crescem as ofertas para as novas qualificações, como por exemplo as de "engheneiro de configuração".

Em relação à política de cargos e salários não se observa uma modificação substantiva, tanto que há registro de alguns casos recentes de afastamento da empresa, motivados por melhores ofertas de emprego.

Em relação a qualificação e treinamento, na automação industrial, a implantação dos sistemas digitais de controle, vai de encontro à dificuldade em dispor de mão-de-obra qualificada. A escassez atinge tanto o pessoal de nível técnico, quanto o de formação superior. Tanto assim que a capacitação dos quadros tem ficado sob o encargo dos fornecedores da tecnologia, ou de setores de treinamento das empresas, pois esses sistemas possibilitam atender, em curto prazo de tempo as exigências mínimas de pessoal capacitado.

A evasão de pessoal capacitado é um problema crucial. Esta evasão versus a manutenção dos gastos atuais com a folha de pagamento tem sido um dilema para a empresa considerada. Ela não tem uma política de mão-de-obra face à implantação dos sistemas digitais. Esta deveria, portanto sofrer reformulações.

CAPITULO V.

UM MODELO PARA A IMPLEMENTAÇÃO DA INFORMÁTICA NA
INDÚSTRIA PETROQUÍMICA.

As tendências atuais da informática são proporcionar instrumentos e desenhar produtos de software que respondam às características complexas das organizações, como ocorre, por exemplo, quando os sistemas convencionais de banco de dados relacionais, que somente manipulam objetos atômicos, os quais são armazenados em relações "chatas", são atualmente estendidas para permitir a manipulação mais fácil de objetos complexos, BERNSTEIN (1987).

Hoje se considera que um sistema de informação automatizado inclui, além de um banco de dados constituído de fatos básicos, um banco de conhecimentos constituído de fatos e regras, onde sobre esses fatos e regras trabalha um processo capaz de fornecer informação, em resposta a operações de consulta e mudar o estado do sistema, sob efeito de operações de atualização.

Trata-se de soluções integradas, mas não somativas, onde o relacionamento dos elementos é fundamental para, ultrapassar o pressuposto do mundo fechado das soluções informáticas tradicionais, permitindo adquirir conhecimento através da interação com os "usuários".

Estes aspectos fazem que a introdução dos instrumentos informáticos à estrutura vertical da organização, requeiram sem dúvida de uma estratégia coerente. Antecedentes importantes outorgam a forma em que se enfrentou o problema referente à automação industrial.

Se propõe, neste caso, em primeiro lugar conformar um modelo que explicita os requerimentos de instrumentos informáticos na estrutura vertical, numa projeção que tem sua origem nos níveis de controle de processos, e depois, identificar as barreiras que é preciso superar para a implementação do modelo na organização.

O modelagem deve ser feito de acordo tanto com os critérios de efetividade da informática, como de acordo com os propósitos determinados para a organização pelas gerências.

Para conformar aquele modelo se analisará o processo de controle na automação industrial, ou seja, se observará sua organização a partir dos fundamentos da Teoria geral da regulação, identificando o processo a controlar, a instância de controle e o fluxo de informação que, originado naquele processo permite comparar sua saída com a referência -ou objetivo- numa perspectiva hierárquica do controle, para poder configurar o modelo no qual opera aquele processo de

controle.

Aquele modelo será posteriormente redefinido para a incorporação dos instrumentos informáticos na perspectiva hierárquica que propõe a Teoria hierárquica da organizações, BEER (1982).

V.1.- A noção hierárquica do controle.

A teoria geral da regulação apresenta uma visão linear do problema do controle, mas pelo caráter hierárquico das organizações, BEER (1982), aquele tem também dimensões hierárquicas, toda vez que se distribui através de toda a estrutura organizacional.

Uma hierarquia é uma conformação estrutural na qual cada nível da estrutura fica estabelecido pela rede de elementos do nível imediatamente inferior, MATURANA (1986). É possível, portanto, construir um modelo hierárquico de controle -para os propósitos deste estudo- baseado precisamente na noção de hierarquia, a partir dos fundamentos da Teoria geral da regulação.

Se se tem um processo ou função em qualquer nível da estrutura hierárquica de uma organização, nela se realizam, como tarefa essencial, certas transformações do tipo Entrada-Saída.

Vale salientar no entanto, que estas transformações, são transformações "finalizadas". Ou seja, apontam para a realização de certos objetivos pré-estabelecidos -as referências, no jargão da Teoria geral da regulação- que são entregues ao processo por instâncias hierárquicas superiores, que, no âmbito da estrutura organizacional, constitui o ambiente no qual vão desenvolver sua ação.

Conseqüentemente, toda a atividade do processo ou função está determinada pela relação "objetivo-transformação", onde cada um destes componentes da dupla estão relacionados a comportamentos e tratamentos de diferente natureza.

Então, se pode deduzir, que em todo processo ou função, em um certo nível hierárquico da estrutura orgânica, existem duas instâncias com tarefas e conteúdo claramente diferenciados, mesmo que obviamente complementados.

Uma delas corresponde à tarefa de controle, ao qual corresponde assegurar a realização dos objetivos que são entregues ao processo, e a outra, aquela que realiza as próprias transformações entrada saída.

Numa primeira aproximação, estas duas instâncias, podem-se representar como na Figura (V.1).

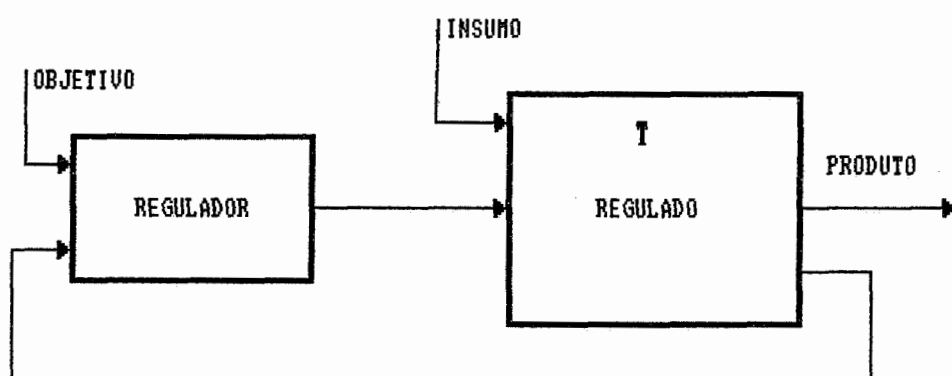


FIGURA V.1.

RELAÇÃO CONTROLE-TRANSFORMAÇÃO.

O regulador é aquele que recebe determinados objetivos entregues de um o nível hierárquico imediatamente superior e assume a responsabilidade de alcançá-los efetivamente.

Em consequência lhe corresponde manter o equilíbrio homeostático entre o sistema que controla isto é, o processo, ou função, e seu ambiente imediato, para o qual é preciso também manter o equilíbrio do meio interno ou equilíbrio fisiológico do processo.

Isto é, o sistema estará sob controle, só se tem capacidade de realizar tais objetivos, ou seja se alcança a correspondência que requer entre eles e as saídas da transformação.

A outra instância do processo organizacional, a transformação, o sub-sistema que deve ser controlado, é aquele que concretiza as transformações entrada-saída. Ele, enquanto sistema está estruturado num conjunto de sub-transformações (ST). Cada uma destas tem que realizar uma tarefa específica estabelecida mediante a entrega de objetivos cujo origem é o nível hierárquico imediatamente superior, mais especificamente, a instância de controle à qual estão ligadas na estrutura orgânica, como aparece na Figura (V.2).

Como cada um destes objetivos -sub-objetivos-

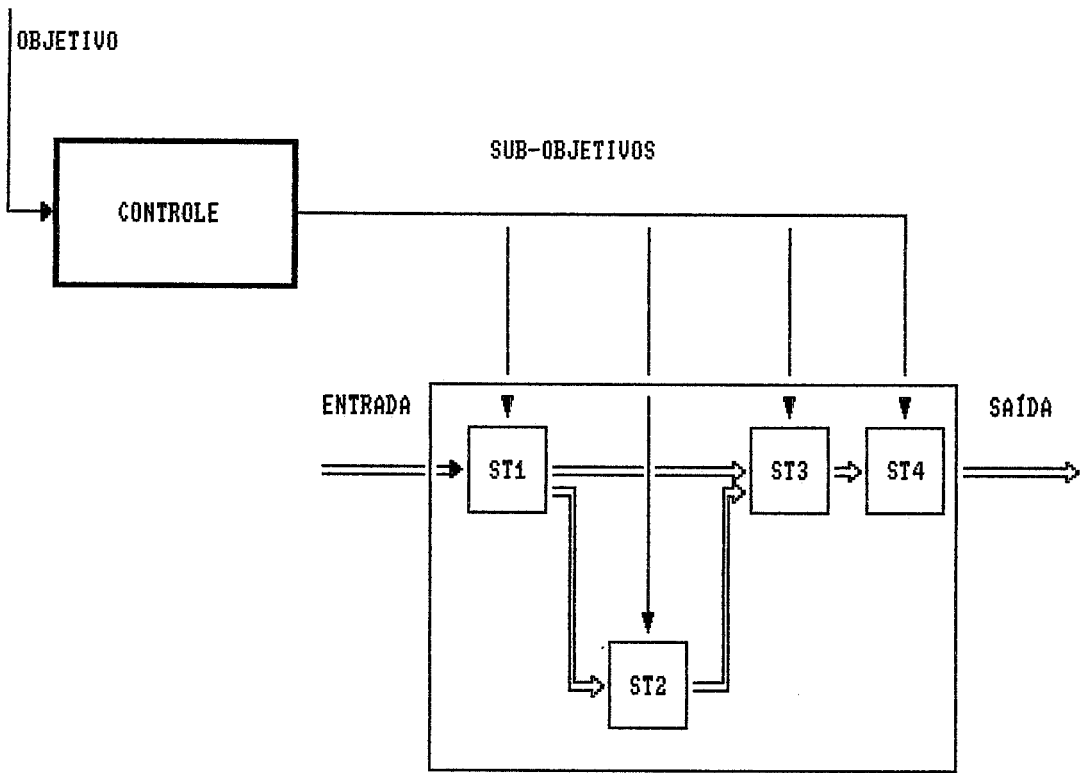


FIGURA U.2.
O REGULADOR COMO CONTROLE.

têm que se alcançar, cada sub-transformação precisa também de uma instância de regulação -o Regulador- que tem que controlar a transformação entrada-saída. Nesta perspectiva, aquele nível hierárquico imediatamente superior será denominado "Controle", do mesmo modo que o Regulador de cada sub-transformação no seu próprio nível hierárquico é também um controle. Portanto, quando numa estrutura hierárquica expresada a dois níveis aparecem duas instâncias de regulação, uma superditada à outra, a instância superior é o Controle e a instância inferior, o Regulador.

Cada uma das sub-transformações realiza uma tarefa específica dentro do conjunto estabelecido para obter a saída que se requer da transformação. Para isto o sistema de controle, que tem que assegurar que aquelas realizem seus objetivos, deve definir um conjunto de variáveis de controle para cada uma das sub-transformações derivadas da relação objetivos-estrutura.

Essas variáveis de controle são os instrumentos que permitem comprovar a efetividade de cada sub-transformação.

Cada uma das sub-transformações, para alcançar seus objetivos, desde a perspectiva do processo, se estrutura ao redor de uma dupla regulador-regulado, onde agora o regulado (r) é a instância que realiza determinadas transformações específicas e o regulador

(R), aquele que a partir de certos sub-objetivos que recebe da instância de controle, que guia a transformação como um todo, deve garantir seu cumprimento.

A Figura (V.3) ilustra estas relações a dois níveis hierárquicos.

Deve-se ressaltar que a seu nível hierárquico, o regulador é a instância de controle e o regulado a transformação global.

Nesta relação cada sub-sistema regulado pode-se expressar também em função de um conjunto de variáveis que explicitam o caráter que deve alcançar seu papel parcial. Cada uma daquelas variáveis deve-se manter dentro de certos limites pré-estabelecidos. Assegurar que assim ocorra é a tarefa que corresponde ao sub-sistema regulador.

Deste modo então:

$$VC = (C_1, C_2, \dots, C_k, \dots, C_m), \text{ onde}$$

VC = Vetor de controle

m = Número de sub-transformações as quais se associa sub-vetores de controle

C_k = k-ésimo sub-vetor de controle associado à sub-transformação k, definido, a sua vez, como

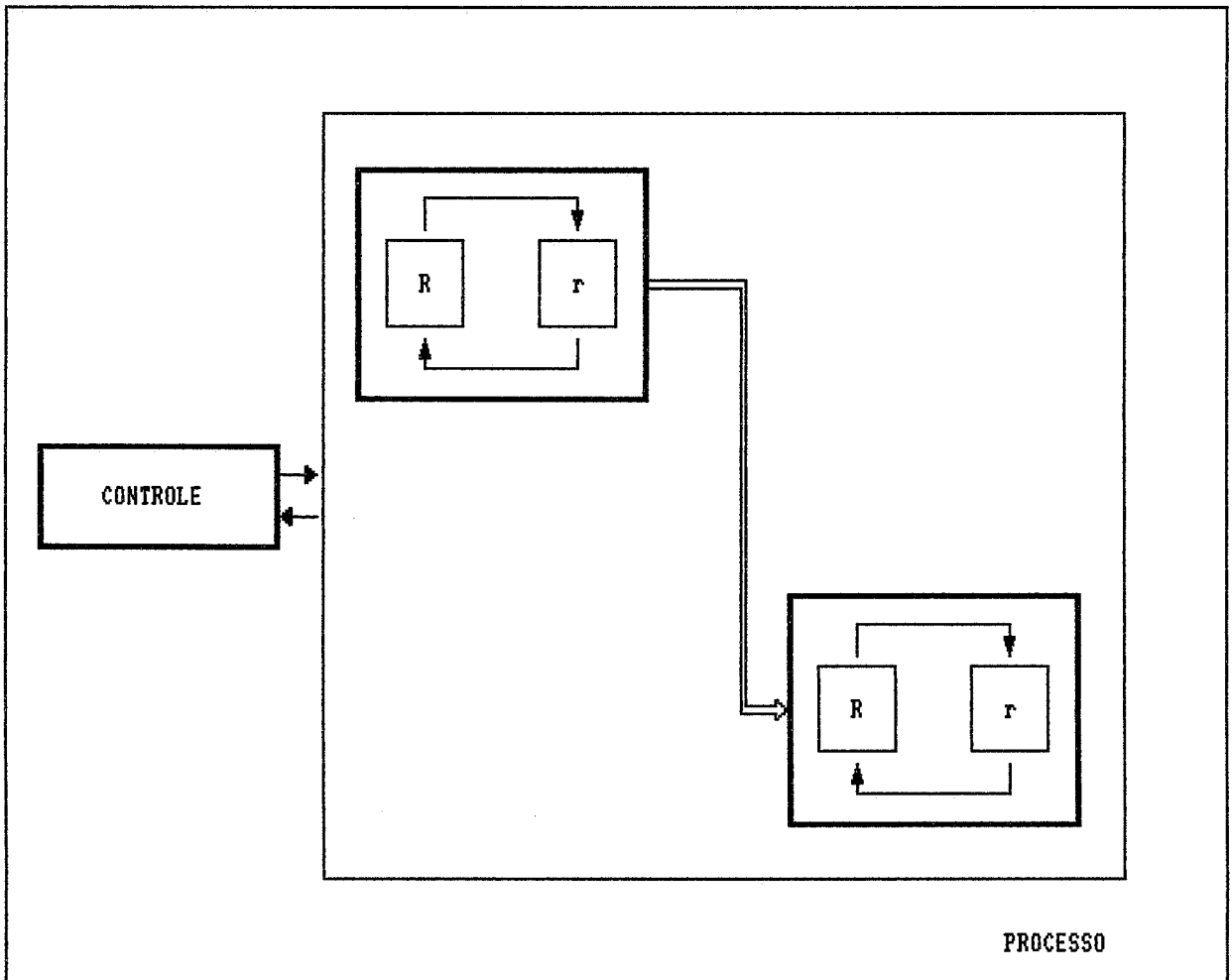


FIGURA U.3.

HIERARQUÍA CONTROLE-REGULADOR-REGULADO.

$C_k = (C_{k1}, C_{k2}, \dots, C_{kj}, \dots, C_{knk})$, com

C_{kj} = j -ésima variável de controle em virtude da qual se expressa a sub-transformação k , e

n_k = número de variáveis de controle associadas à sub-transformação k .

Isto significa que na k -ésima subtransformação ou subsistema da transformação global, aparece uma dupla regulador-regulado. O regulador deve assegurar que as variáveis do vetor C_k se mantem dentro de certos escopos fisiológicos pré-estabelecidos. Isto ocorre para os " m " subsistemas, ou sub-transformações da transformação global.

Assim o controle é a instância que deve manter as variáveis do vetor VC dentro dos escopos de atividades derivados dos objetivos, ou dentro dos escopos fisiológicos que a constância do médio interno exige, conforme o caso.

Estas relações controle-regulação estabelecidas a dois níveis hierárquicos dentro da estrutura hierárquica da organização, obviamente aparecem em níveis sucessivos da hierarquia. Deste modo, o que é controle num certo nível, (nível imediatamente superior) é regulador, e o que é transformação como um todo, o

regulado.

Em consequência toda instância de controle, percebida desde o nível hierárquico imediatamente superior, se constitui em regulador. O regulador percebido desde o nível hierárquico imediatamente inferior se constitui em instância de controle, tal como ilustra a Figura (V.4).

Na figura pode-se observar que C11 e C12 no terceiro nível de hierarquia são instâncias de controle. Não obstante no segundo nível hierárquico são reguladores e o controle é C1.

No quarto nível hierárquico R11, R12, R21 e R22, são reguladores. Mas no quinto nível eles são instâncias de controle.

Isto é, o Regulador e o Controle enquanto instâncias orgânicas estão superditadas ao lugar que ocupam dentro da estrutura hierárquica do processo.

Num mesmo nível, a essência do controle é assegurar que as variáveis alcancem os valores que o equilíbrio homeostático sistema-entorno requer. Isto só ocorre na medida em que se alcancem os objetivos destinados ao processo. A tarefa da regulação, dentro dos limites do processo sujeito a controle, é manter as

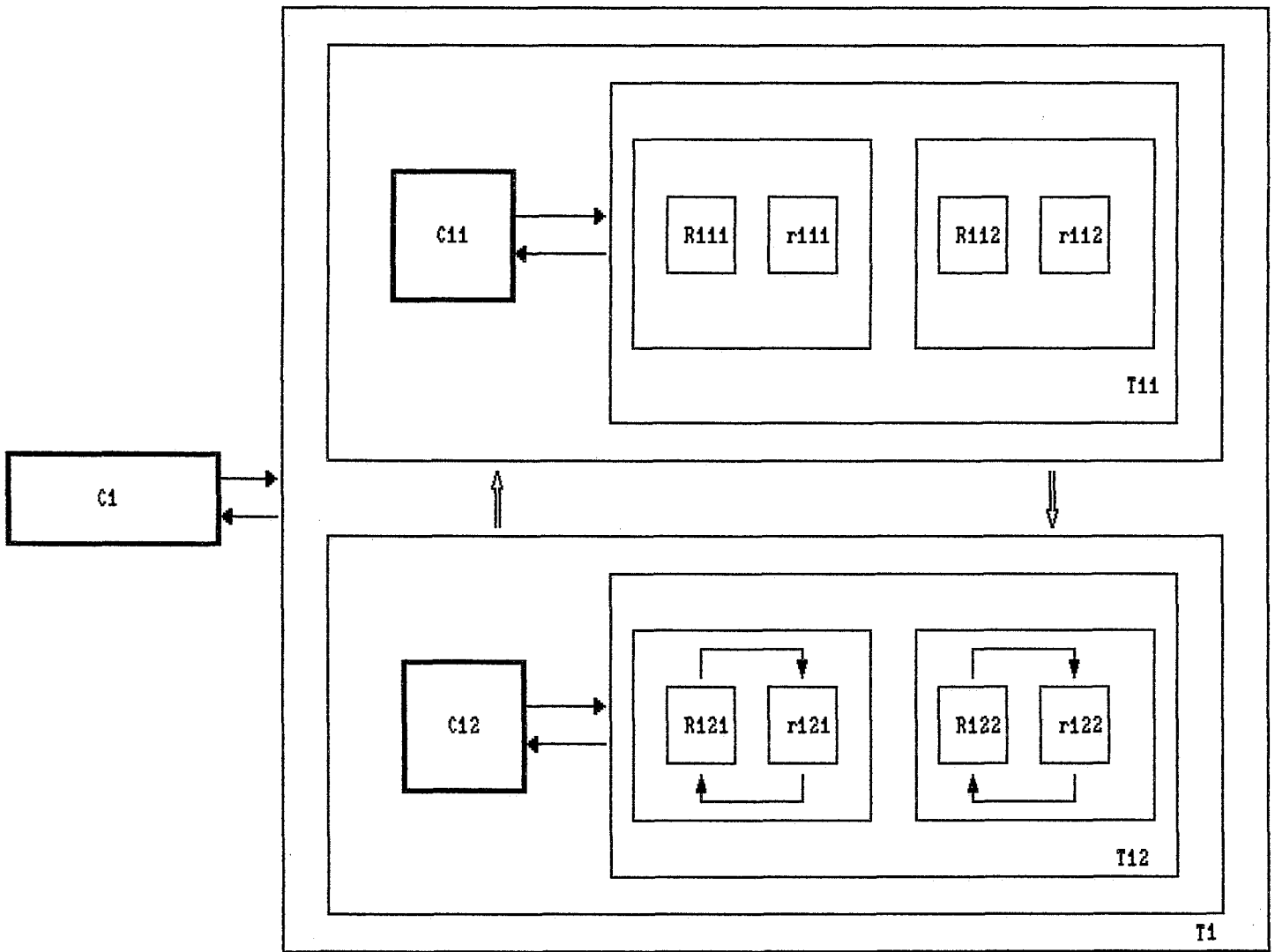


FIGURA V.4.

AS HIERARQUÍAS DO CONTROLE.

variáveis internas, ligadas aos sub-objetivos destinados aos sub-sistemas que formam parte da transformação, também, dentro de certos valores esperados.

Nos dois casos é preciso verificar o valor das variáveis associadas à viabilidade do processo, para assegurar seu equilíbrio fisiológico e a eficiência e eficácia de sua ação. Portanto, pode-se afirmar que a informação é o elemento fundamental no processo de controle e regulação.

Até agora os termos Regulador e Controle têm sido abordados só numa perspectiva estrutural, mas existem algumas diferenças que aparecem quando tais conceitos se analisam enquanto a suas funções.

O controle é aquela função que estabelece os parâmetros que determinam a conduta esperada de um processo, e a regulação, enquanto função do Regulador, aquela que deve, mediante um processo de retroalimentação, manter um conjunto de variáveis críticas dentro de limites "fisiológicos" e operacionais.

O controle pretende a manutenção do equilíbrio homeostático entre o sistema e seu meio. Isto só será possível na medida que a conduta do sistema for compatível com o objetivo, que tendo sua origem naquele meio, o sistema aceita como determinante de sua ação.

Isso significa que o controle persegue o domínio do sistema, considerando que este desenvolve seu trabalho num meio que por sua alta variedade é turbulento e tem a capacidade de aceitar sua viabilidade.

No curto prazo o controle se expressa através do processo de regulação. Nesta relação o controle deve reter o valor da referência -ou objetivo_ do sistema, o qual, obviamente, pode ser um vetor. Na relação controle-regulação à regulação corresponde a ação de compensar as desvios respeito dos objetivos ou referência.

O controle é uma função que se manifesta a mais longo prazo. A regulação, a curto prazo, no cenário estabelecido pela ação do controle.

Pode-se dizer que os mecanismos de regulação são simples homeostatos. Isto é, dispositivos que permitem manter alguma variável dentro dos limites desejados, onde não necessariamente, como assinala Stafford Beer, "o valor deste nível deve ser invariante", BEER (1980).

Em consequência, a relação Controle-Regulador é uma relação hierárquica, onde o controle sempre está em um nível hierárquico superior. Em un nível qualquer o que operacionaliza a atividade de controle é a regulação.

V.2 - Os elementos do processo de controle na Indústria petroquímica.

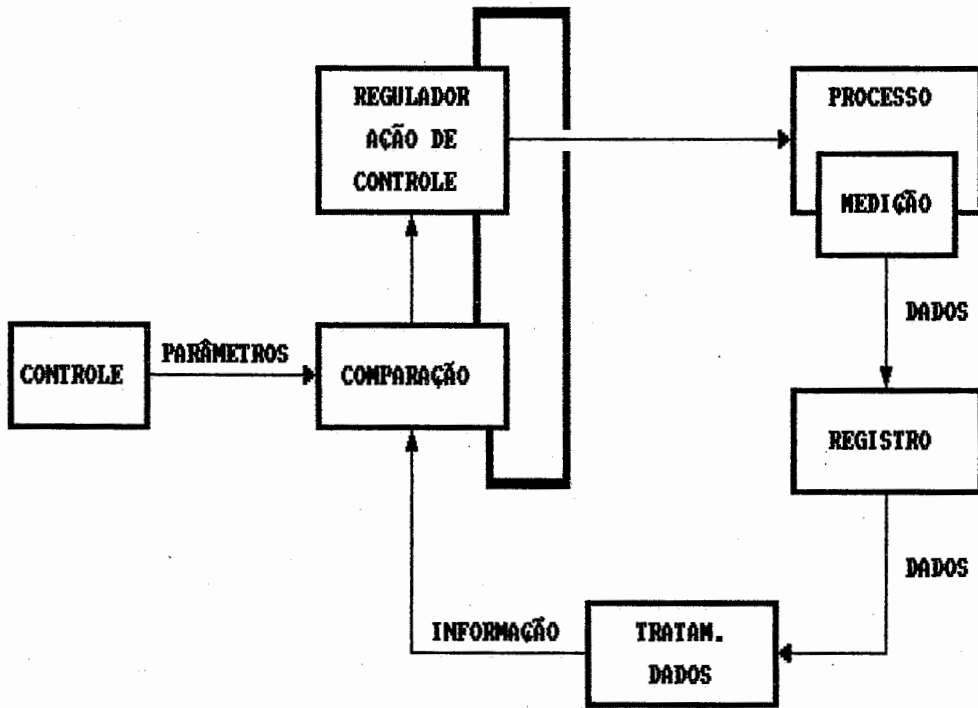
O "processo de controle" é uma dimensão hierárquica e recursiva que se reinscreve cada vez aos níveis inferiores (ou superiores) da estrutura da organização, BEER (1982).

Para compreender seu alcance é preciso, isolá-lo. Tanto nos sistemas pneumáticos, quanto sistemas analógicos e digitais descritos, pode-se observar que o "processo de controle", e os elementos que o compõem são os mesmos.

Em todos existe uma ação de determinadas variáveis de controle, uma ação de comparação entre um valor real das variáveis de controle e um valor esperado delas -parâmetros ou set-point- e, de acordo com a diferença produzida, uma ação de "regulação" ou de ajuste, que se aplica sobre o processo a controlar.

Esses elementos essenciais do "processo de controle" são descritos na Figura (V.5).

Em todos, a sequência de etapas é a mesma. O processo gera os dados que refletem o que ocorre nele, estes são registrados e transformados em informação, a qual é comparada com os parâmetros de controle que a dimensão hierárquica superior, na estrutura decisional

**FIGURA U.5.****ELEMENTOS DO PROCESSO DE CONTROLE**

da organização lhe proporciona. As diferenças detectadas são a variável independente da ação de controle - a regulação - que se aplica sobre o processo a controlar.

No caso da Indústria petroquímica - ou de processo contínuo em geral - o único que varia são os instrumentos - os reguladores - e os medidores que o "processo de controle" utiliza para realizar suas tarefas. Estes podem ser, como já foi indicado, desde instrumentos pneumáticos até microprocessadores em rede.

A estrutura do "processo de controle" se apoia fundamentalmente num dispositivo de tratamento de dados e geração de informação, onde a informação é uma função dos dados que refletem uma determinada realidade, a realidade do processo a ser controlado.

Os dados correspondem ao registro de um evento em algum meio, são portanto informações potenciais, ou seja, são informações só se afectam a conduta de quem os recebe.

Se o Sistema de informação de controle - SIC - é o componente do "processo de controle" que transforma dados em informação, então:

Informação = SIC (DADOS)

Portanto, agora a representação da Figura (V.5) pode simplificar-se nos termos da Figura (V.6).

Na Figura (V.6) o SIC compreende as tarefas de :

- registro
- tratamento de dados
- comparação

E, por tanto, um componente impossível de separar da instância que materializa a ação de controle, como é o "regulador".

Os SIC transformam os dados que indicam o que ocorre com as variáveis de controle no processo a controlar, em informação.

Cabe ressaltar que não é qualquer evento que se recolhe como dado, só aqueles definidos como indispensáveis para assegurar que o processo realize suas transformações em eficácia.

V.3 - O caráter hierárquico do controle.

A "regulação" é aquela instância que realiza a ação de controle, para isso primeiro ativa, ou seja põe em funcionamento o processo a controlar, e depois, ajusta sua conduta quando escapa aos valores esperados, valores que o "regulador" recebe do "controle" - a instância hierárquica imediatamente superior - como parâmetros de

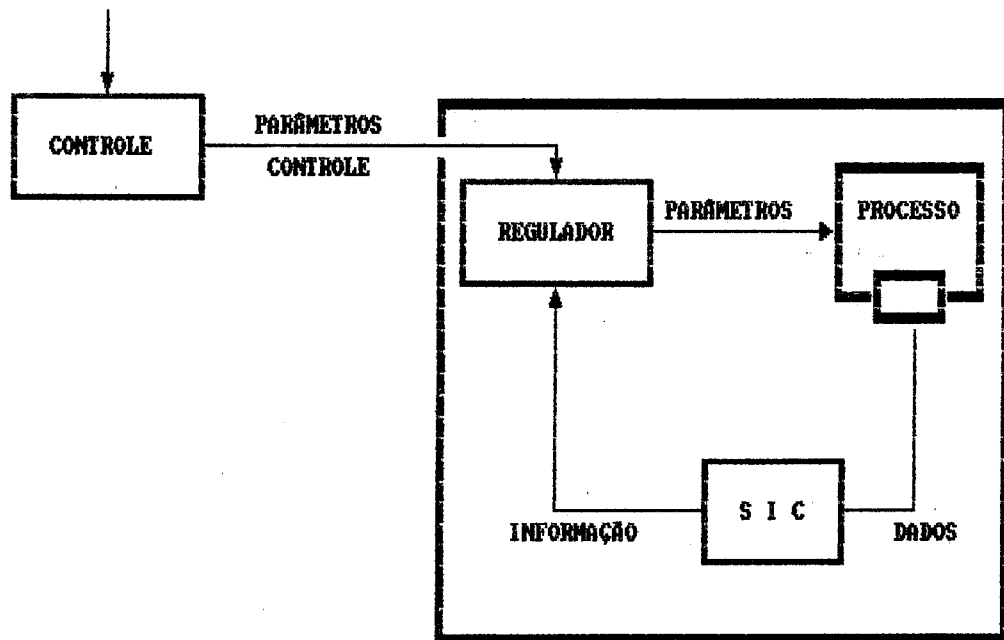


FIGURA U.6

OS SISTEMAS DE INFORMAÇÃO DE CONTROLE

controle. Para isso deve conhecer os desvios que se produzem entre os valores esperados e os valores reais das variáveis de controle, e atua frente a esses desvios para sua correção.

Os processos são aquelas instâncias que realizam as transformações produtivas, as que submetem a transformação, certas materias-primas ou insumos.

Se o processo a controlar se considera uma unidade de controle, então o "processo de controle" associado a ele, assume a forma da Figura (V.7).

Portanto, e de acordo à Figura (V.7), pode-se apreciar que os "processos de controle" qualquer que seja o nível hierárquico no qual operam, e qualquer que seja aquilo que se controla, tem a mesma dimensão. Este assume a forma de um modelo estrutural hierárquico conformado por um processo a controlar, um SIC, e a unidade de "controle" ou "regulação".

Considerando a estrutura hierárquica das organizações, nos níveis inferiores, em termos de malhas de controle associadas a um determinado setor, como aparece na Figura (V.8), esta conformação estrutural hierárquica assume a forma da Figura (V.9).

Indicou-se anteriormente que o que é "controle"

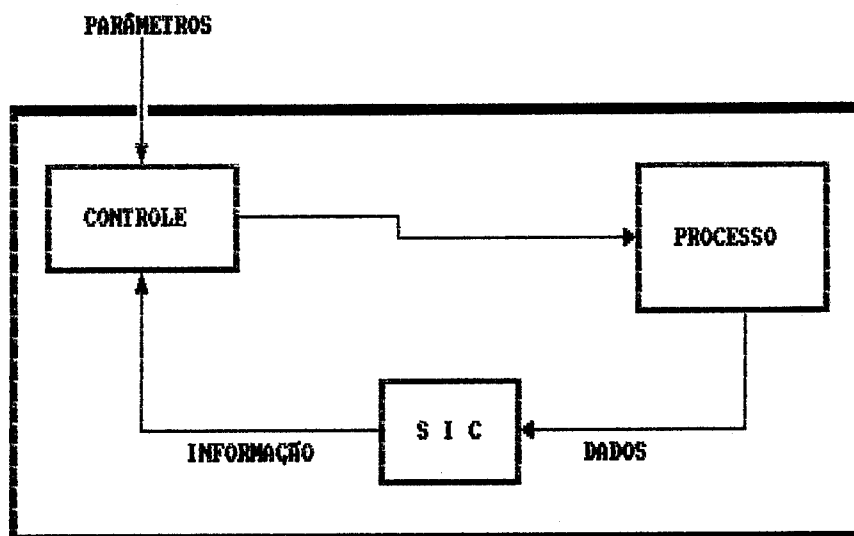


FIGURA U.7
O PROCESSO DE CONTROLE

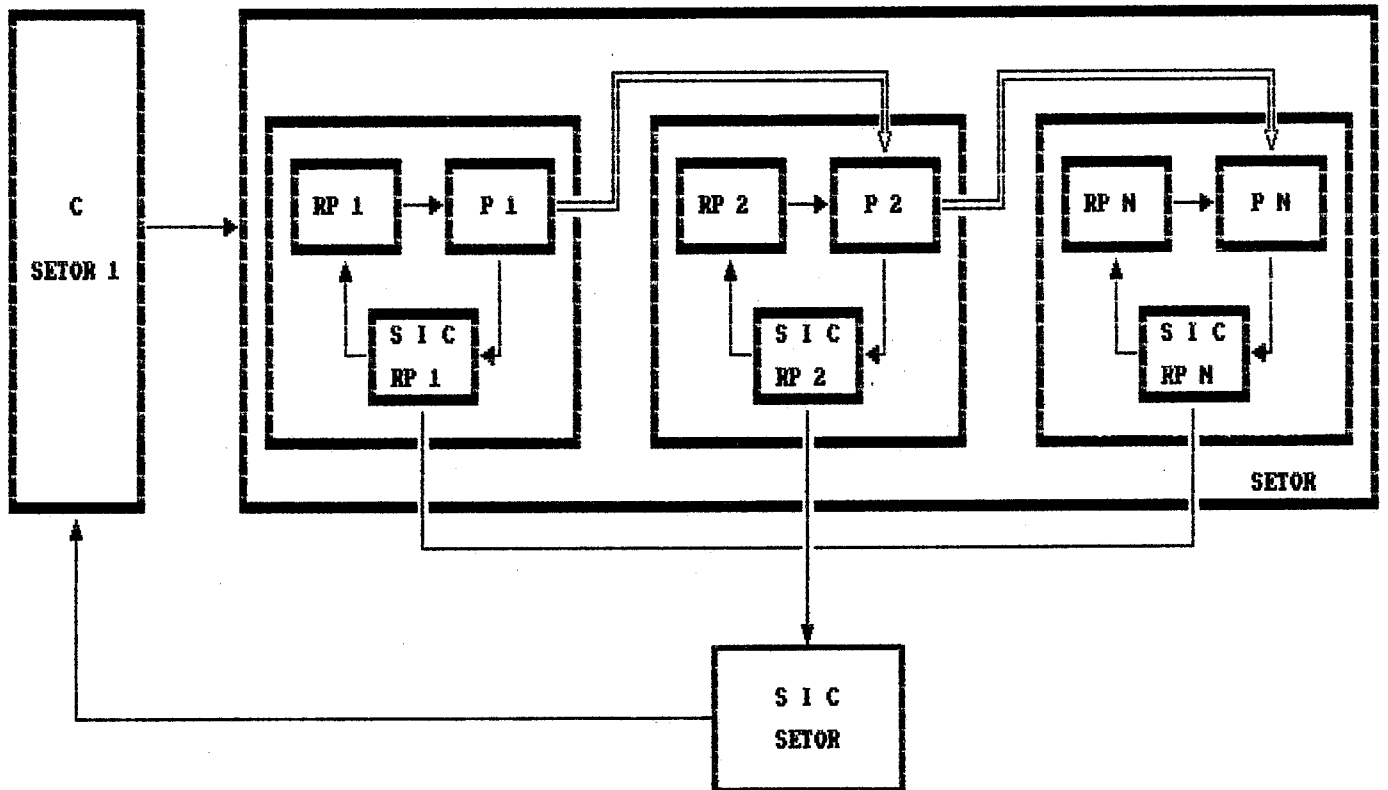


FIGURA U.8

**O PROCESSO DE CONTROLE PARA A
RELAÇÃO MALHA-SETOR**

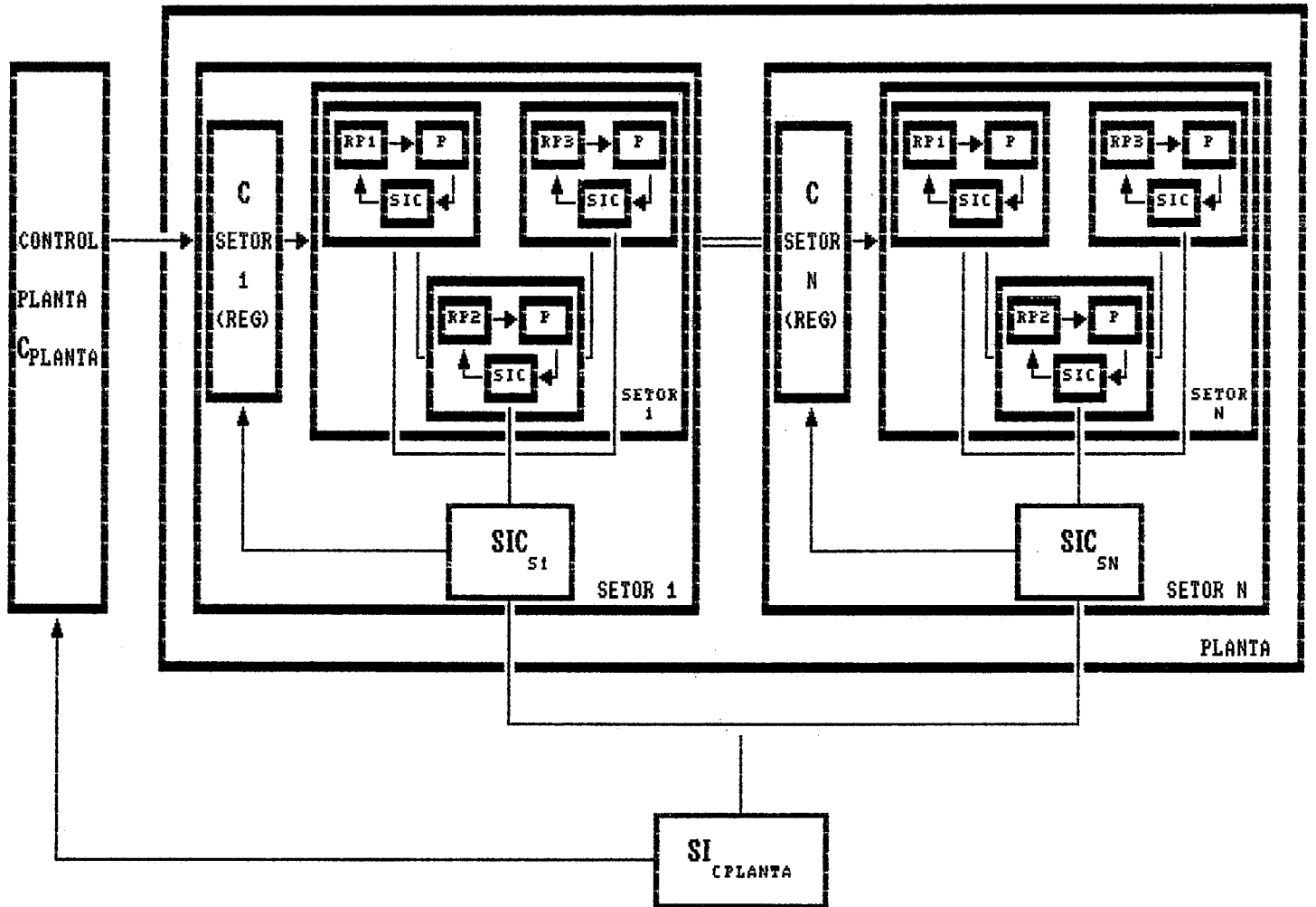


FIGURA U.9

A HIERARQUIA DO PROCESSO DE CONTROLE

no nível hierárquico imediatamente inferior é "regulação" no nível imediatamente superior, e que cada instância de "regulação" recebe os parâmetros de controle do nível hierárquico imediatamente superior.

No caso da Figura (V.8), "C SETOR 1" (controle) outorga os parâmetros de controle a cada malha de controle: "RP 1", "RP 2", e "RP N".

Estes parâmetros determinam o âmbito de ação, e o que deve fazer cada uma destas malhas.

Pela conformação hierárquica da estrutura orgânica, por sua vez, "SETOR 1", na Figura (IV.8), está integrado em rede aos outros setores, conformando, por exemplo, uma planta.

Na Figura (V.9), "C SETOR 1", "C SETOR N" recebem os parâmetros de controle de "C PLANTA", que neste caso é o "controle". Agora, "C SETOR 1" e "C SETOR N" são "reguladores".

A "C PLANTA" corresponde, também, realizar as tarefas de regulação para a planta como um todo, estabelecendo as correções que sejam necessárias, toda vez que a planta não ajuste seu comportamento aos parâmetros de controle entregues a "C PLANTA" - os valores esperados de suas variáveis de controle - os quais podem ter sido dados por uma gerência de produção -

a gerência III - que atua agora como "controle", se o organograma da Diretoria industrial é o que aparece na Figura (V.10).

Neste caso "C SETOR 1" é "regulador", "C PLANTA" o "controle".

Para essa organização da Diretoria industrial, a trama do controle, para Gerência III, assume a forma da Figura (V.11).

A Gerência III, que é a instância de "controle" da área de produção, deve realizar as tarefas de "regulação", de acordo com os parâmetros de controle entregues pela Diretoria industrial. Então, de acordo aos valores reais das variáveis de controle, ele compara aqueles com os parâmetros estabelecidos e, depois de determinar as desvios, os ajusta ou corrige.

Do mesmo modo, e de acordo à dimensão hierárquica da estrutura organizacional, Gerência III forma parte de uma rede com as outras Gerências da Diretoria industrial: Gerência I (manutenção); Gerência II (áreas técnicas), configurando um processo de controle como aquele da Figura (V.12).

Neste esquema, a Diretoria industrial, é a instância de controle do sistema global de produção. É a

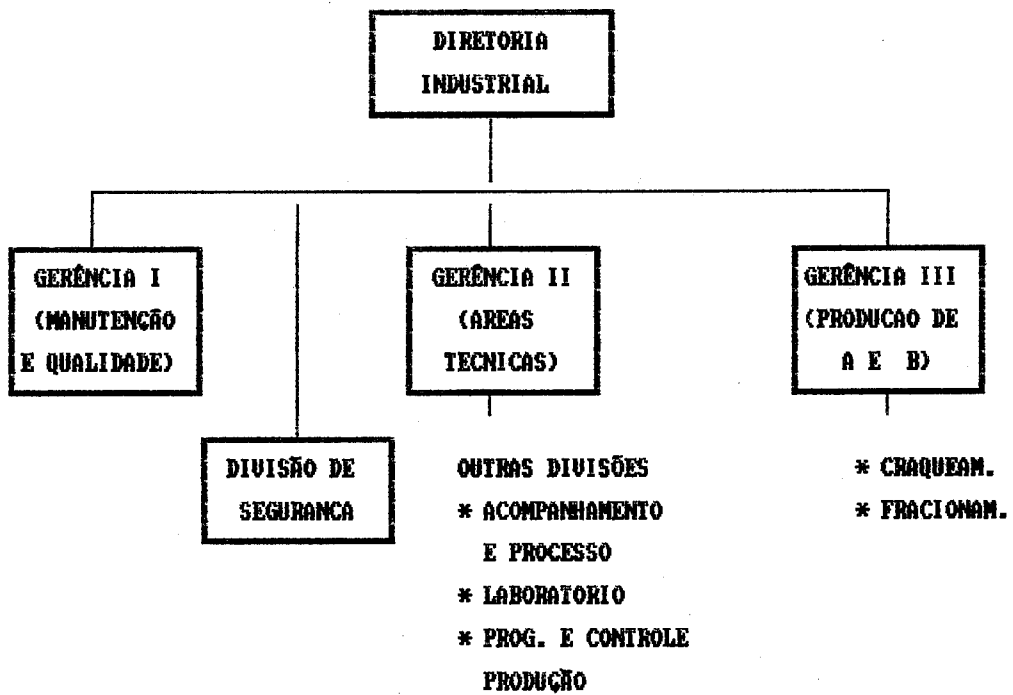


FIGURA U.10

DIRETORIA INDUSTRIAL

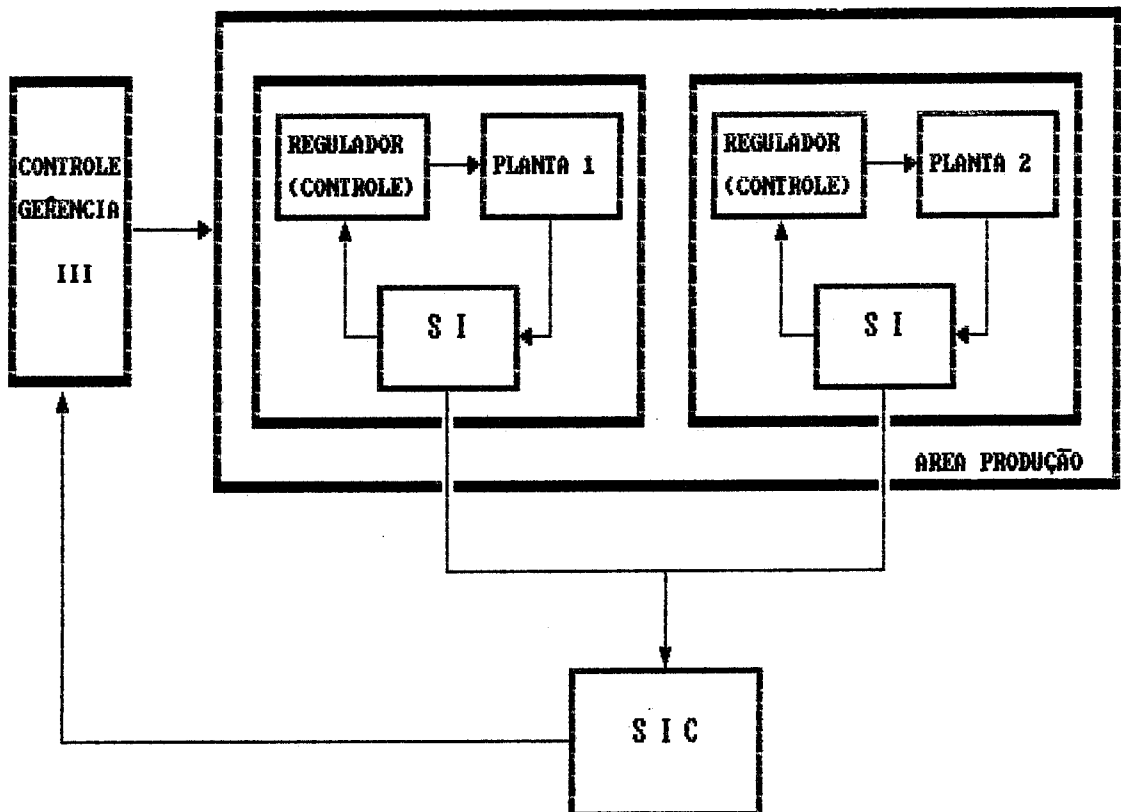


FIGURA U.11

O CONTROLE DA GERÊNCIA DE PRODUÇÃO

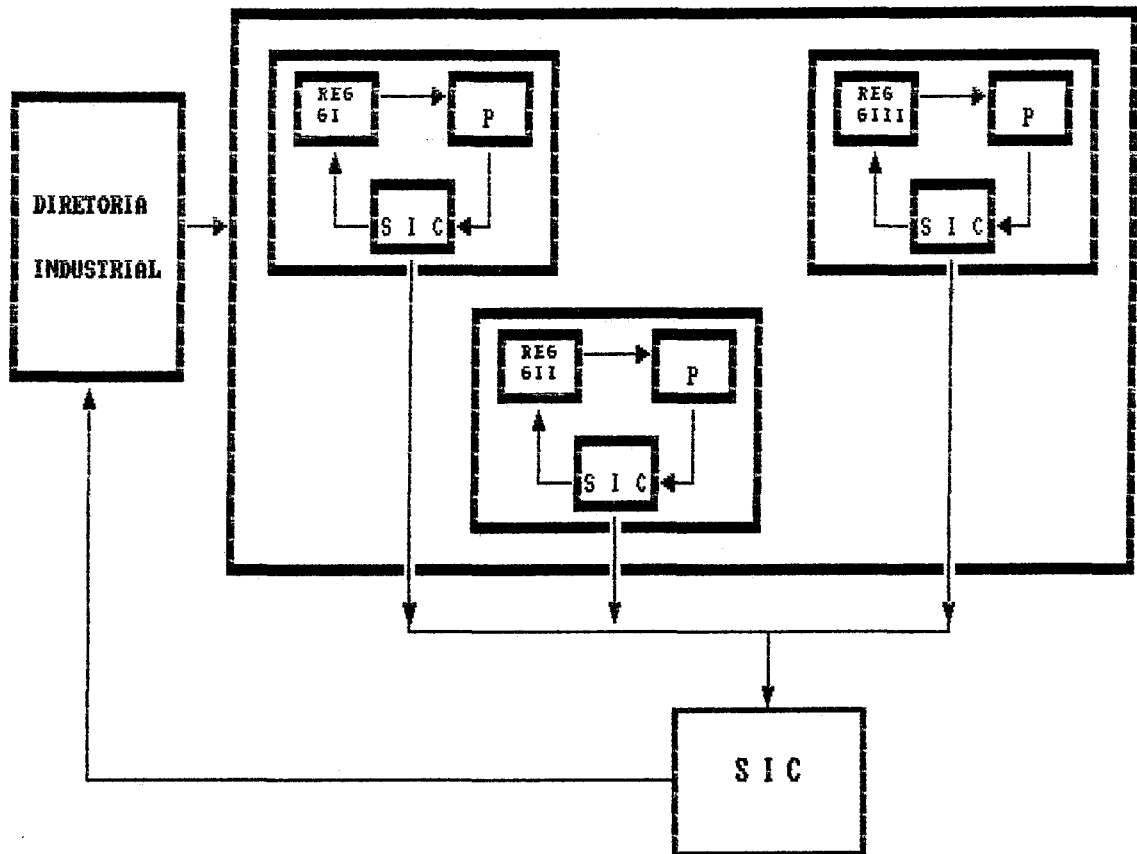


FIGURA U.12

O CONTROLE DA DIRETORIA INDUSTRIAL

instância que entrega os parâmetros de controle às Gerências, a partir dos parâmetros que ela recebe dos níveis hierárquicos superiores da organização, a Diretoria superior, em cujo caso é um "regulador", pois deve assegurar que o comportamento do sistema global se ajuste aos parâmetros que ela recebeu. Se isso não ocorre, deve estabelecer as correções necessárias modificando ou estabelecendo outros parâmetros para os níveis de controle hierarquicamente inferiores, ou seja, as Gerências. Por sua vez, estas devem fazer o mesmo para os níveis mais baixos.

V.4 - A relação automação industrial e instrumentos informáticos.

A incorporação da microeletrônica ao controle de processos sofisticou e aumentou a eficiência e a eficácia do processo de controle. As operações de controle que ocorrem nos níveis mais baixos da estrutura organizacional, vista esta, numa perspectiva das instâncias decisoriais que nela se manifestam, estão superditadas aos níveis superiores da hierarquia organizacional, os quais determinam sua atividade através dos parâmetros de controle que lhes entregam.

Como cada nível hierárquico superior tem sua própria instância de controle, como ilustra a Figura (V.9), também requer um fluxo de informação para realizar as tarefas de regulação necessárias, agora sobre

um conjunto integrado de processos.

Pode-se apreciar na Figura (V.9), que aparece uma hierarquia ascendente de SIC, que apoia "niveladamente" cada instância de "regulação" ou "controle". Como cada um deles forma parte de uma estrutura de SIC, pode-se estabelecer seu comportamento orgânico nos termos da Figura (IV.13).

Neste esquema estrutural, que se projeta verticalmente, aparece a possibilidade potencial que tem os instrumentos informáticos, enquanto ferramentas para apoiar as tarefas organizacionais, no referente ao tratamento de informação. Entre estas se destacam os Sistemas de informação, as Bases de dados, os Sistemas especialistas, entre os mais relevantes. Estes podem incorporar-se em cada nó desta rede, num esquema que poderia aumentar a eficácia dos "processos de controle", e que pode assumir a forma da Figura (V.14).

A necessidade de satisfazer os requerimentos integrados de informação, que tem sua origem em processos diferentes e distantes, numa dimensão hierárquica da estrutura organizacional, e a utilização no controle de processos de dispositivos microeletrônicos, estabelecem um domínio que incentiva e facilita o uso de instrumentos informáticos para satisfazer as necessidades de informação, ao ser possível conformar redes hierárquicas

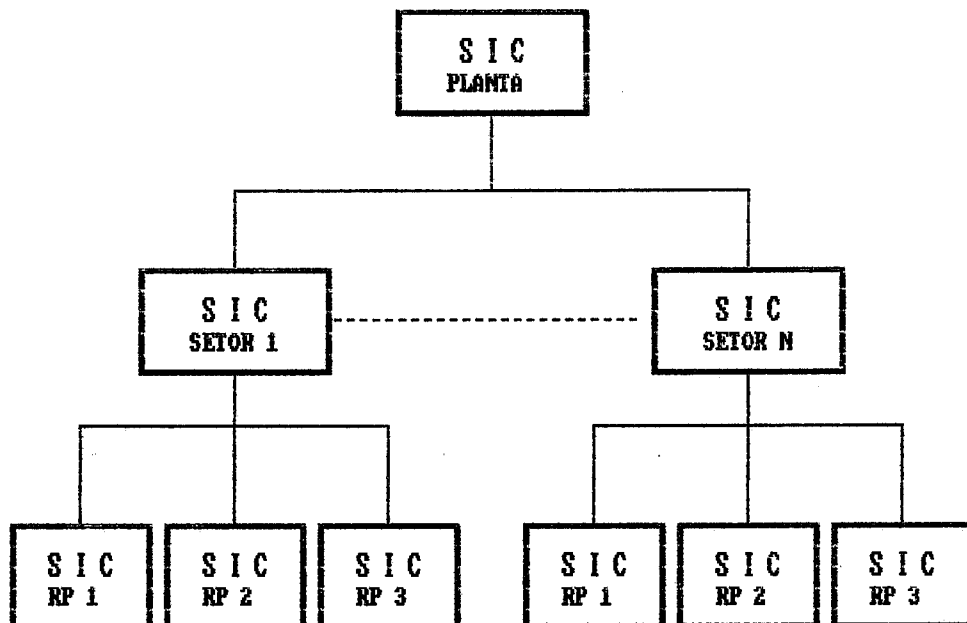


FIGURA U.13
A ESTRUTURA DOS SIC.

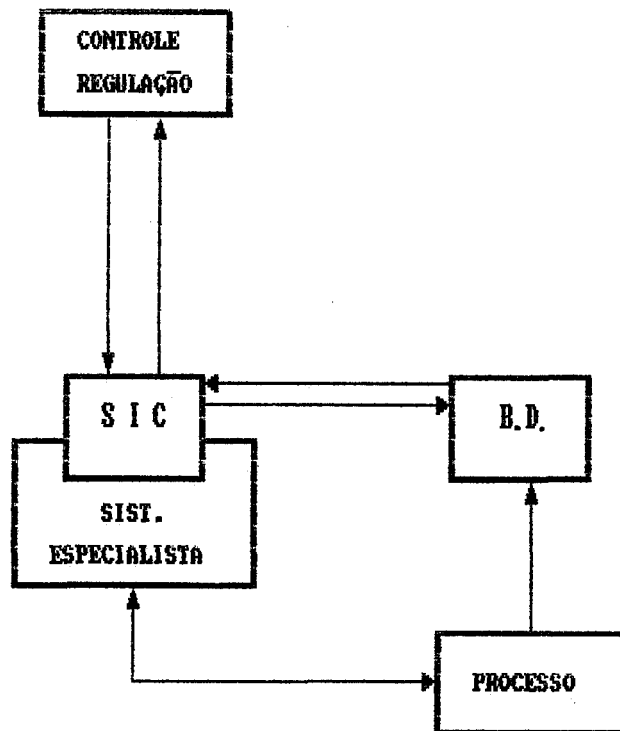


FIGURA U.14
OS INSTRUMENTOS
INFORMÁTICOS E OS SIC.

de SIC apoiados, eventualmente, em Sistemas especialistas e Bases de dados, também hierárquicas, com suporte em redes de computadores ligados, na base da estrutura, aos dispositivos de controle de processos, como se observa na Figura (V.15).

Aquela dimensão vertical da organização é a instância gerencial que permite, primeiro, ativar toda a estrutura organizacional em função do alcance dos objetivos que ela mesma determina e, depois, verificar e assegurar a obtenção daqueles objetivos.

Aquela ativação se operacionaliza através dos objetivos. A Gerência trabalha com objetivos. Primeiro, define seu objetivo estratégico - seu projeto estratégico - e, depois, os desagrega progressivamente, sob a forma de parâmetros de controle, para fazê-los chegar às instâncias decisórias - que conformam a dimensão vertical - até alcançar, por último as tarefas operacionais. Portanto, pode-se dizer que a aplicação do controle de processos nas tarefas produtivas da Indústria petroquímica - seja sob os instrumentos pneumáticos, analógicos ou microprocessadores - esta absolutamente determinada pela rede de controle que cobre verticalmente a organização.

Pode-se, também, deduzir que o instrumento que permite a aplicação do "processo de controle" é o SIC. É

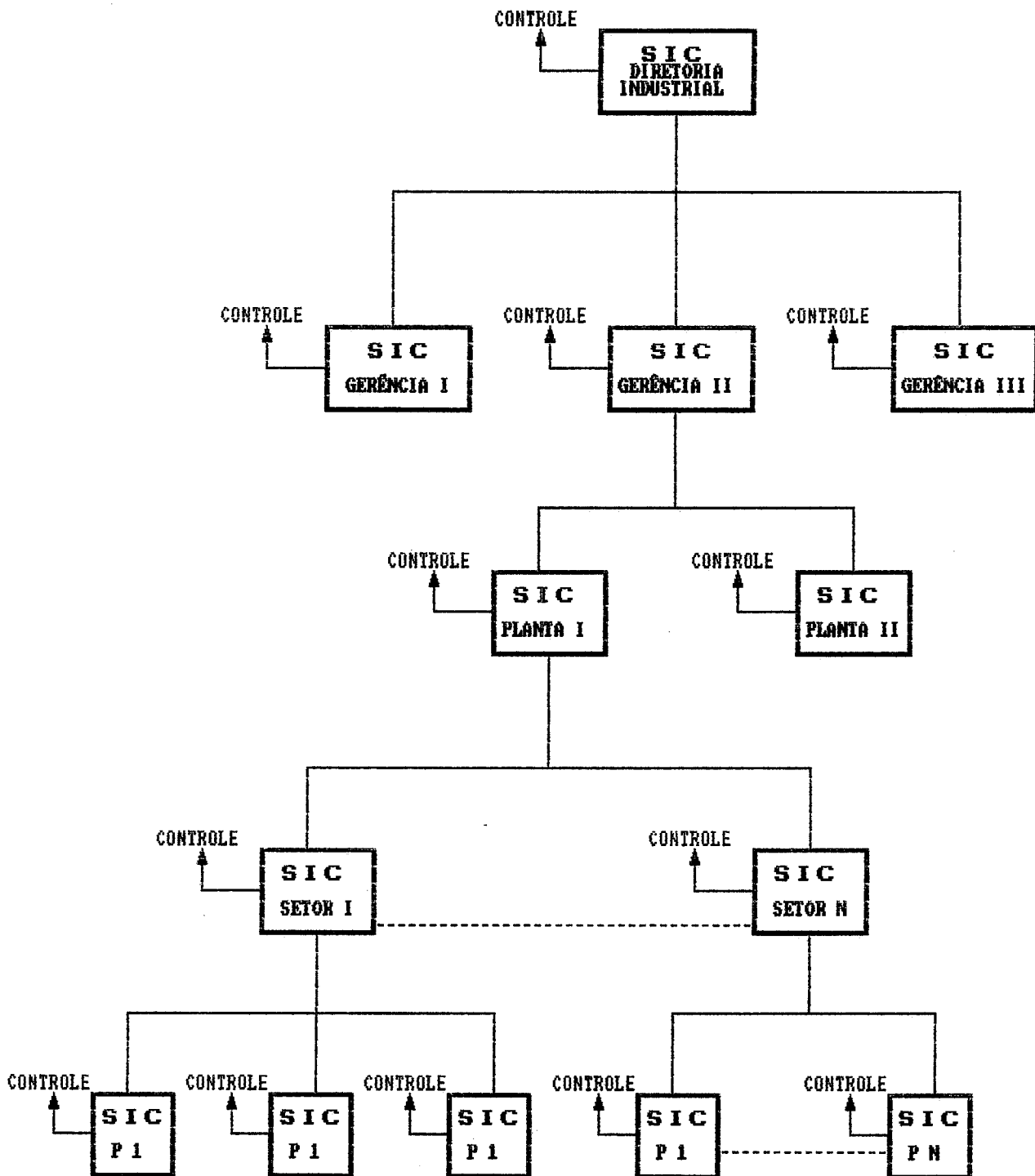


FIGURA U.15.

REDE HIERÁRQUICA DOS
SISTEMAS DE INFORMAÇÃO DE CONTROLE

um instrumento que numa conformação também hierárquica, como aparece na Figura (V.15), apoia as tarefas de "regulação" e "controle" em toda a estrutura do processo de controle.

V.5 - A centralização do controle.

Os SIC estão a disposição da burocracia decisional da organização e lhe permite obter um controle total sobre todos os eventos que ocorrem na organização, isto é, provém a informação que permite estabelecer os parâmetros de controle, aplicar a ativação para que os níveis inferiores realizem as atividades necessárias para alcançar os objetivos especificados e modificar aqueles objetivos quando os eventos do meio o requeiram.

Na estrutura da rede do "processo de controle", os nos de tratamento de dados e geração de informação - os SIC - facilitam cada vez mais, nos níveis superiores, a aplicação das medidas corretivas - seja sobre as tarefas operacionais ou sobre os próprios objetivos - que garantem o alcance do valor esperado destes últimos pelas Diretorias superiores ou Gerências.

Nesta estrutura descentralizada, a descentralização, seja na dimensão vertical ou nos processos de trabalho através dos Sistemas digitais de controle distribuído, o controle real tem um conteúdo decisional restrito, pois em cada nível hierárquico o

"controle" reside no nível superior. Os "reguladores" são nos onde circulam parâmetros já estabelecidos e a informação que serve como base para "regular" o processo de trabalho submetido a "controle".

Tudo isto só é possível com eficácia através da automação industrial e a informática, na qual a automatização abandona as tarefas operacionais de eixo horizontal, como ocorre com o Taylorismo e o Fordismo, penetrando agora nas tarefas gerenciais, isto é, na verticalidade da organização.

Num processo de automatização, por tanto, não só os processos de trabalho podem perder conteúdo, como também os níveis gerenciais médios, ao facilitar o domínio dos níveis superiores na hierarquia de controle.

Numa organização com uma estrutura hierárquica com suporte automatizado e operacionalizado mediante instrumentos informáticos a Diretoria superior da empresa pode chegar ter o controle total e efetivo sobre o processo de trabalho e sobre os processos decisoriais médios, se os sistemas informáticos não facilitam a "democracia" da informação.

Nesta situação, o grau de autonomia das Gerências médias e dos operadores no processo de controle de trabalho, pode ser realmente baixo, como ocorre sob

os Sistemas digitais de controle distribuido - os SDCD - por exemplo. O desenvolvimento das Novas Tecnologias cuja aplicação permite o controle dos processos de trabalho, torna-se mais eficaz na medida em que se produz ao mesmo tempo um alto desenvolvimento dos instrumentos informáticos: microcomputadores, redes de computadores, bases de dados e base de conhecimento.

Da mesma forma, a Informática e seus instrumentos pode facilitar o controle pelas Gerências de todas as decisões na dimensão vertical da estrutura organizacional.

A base operativa destes esquemas hierárquicos são as redes de computadores, os quais permitem cobrir toda a estrutura organizacional, também de maneira hierárquica, para acompanhar a estrutura dos SIC nos "processos de controle", numa relação biunívoca - nó a nó -, relação que garante a eficácia e eficiência que as diretorias organizacionais requerem, como aparece na Figura (V.16).

Agregando a capacidade das bases de dados e dos bases de conhecimento -os quais também podem-se ordenar hierárquicamente, e portanto associar-se também biunivocamente - a cada micro ou terminal de "mainframe", aumenta-se aqueles níveis de eficácia e eficiência.

Em consequência, a introdução da

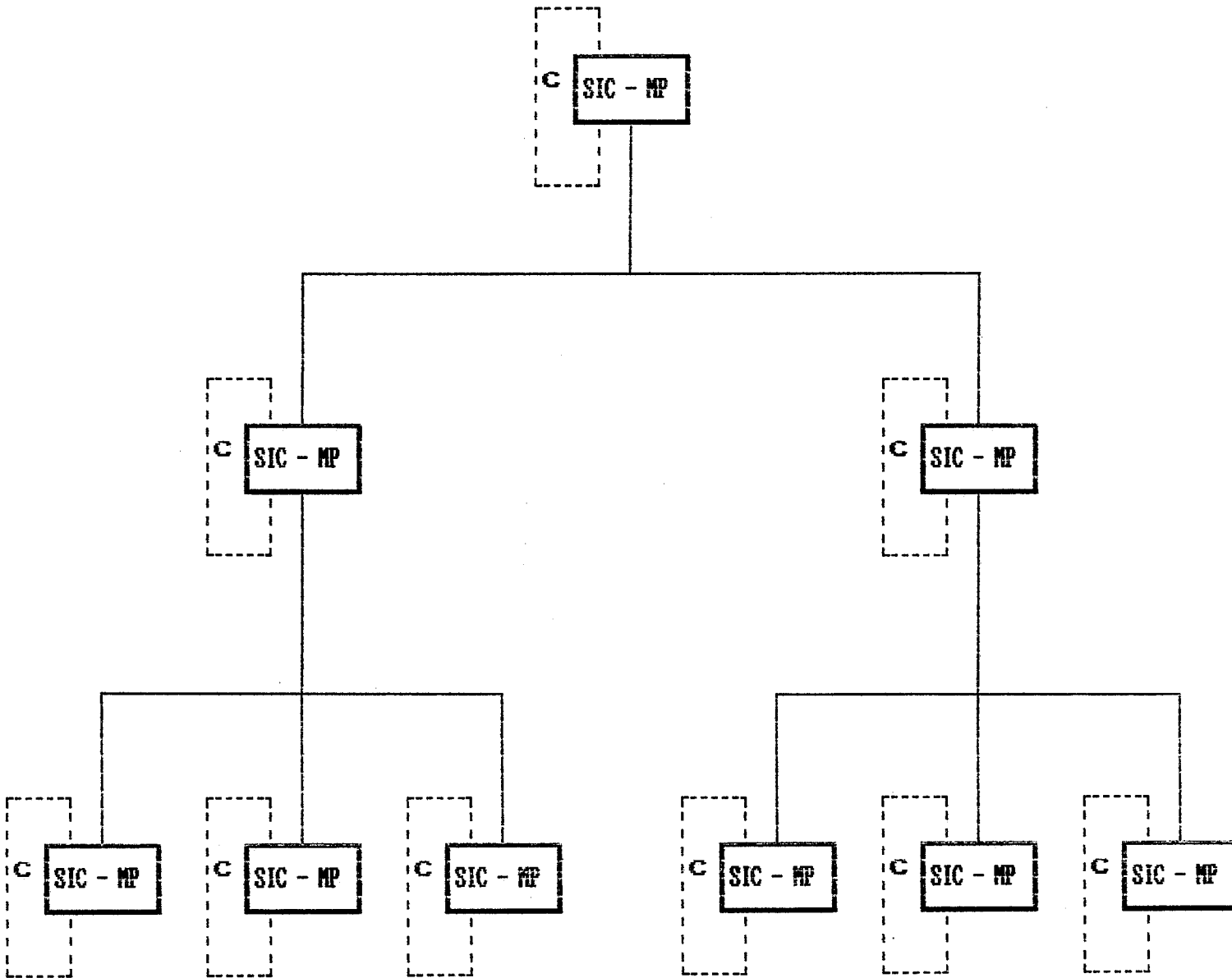


FIGURA U.16

REDE DE MICROPROCESSADORES (MP)
LIGADA AOS SISTEMAS DE INFORMAÇÃO DE CONTROLE

Microeletrônica e da Informática baseada nela, permite o controle do processo de trabalho, mas também a ligação explícita e em tempo real com os processos decisoriais da organização como um todo, tal como aparece na Figura (V.17).

V.6 - Os alcances do modelo.

Esta estrutura hierárquica explicita as instâncias participantes no processo de controle em termos de "que fazer", mas não a respeito de "como fazer". Não obstante, permite identificar os pontos -os nos da rede- onde é necessário -ou possível- incorporar instrumentos informáticos. Aparece, em consequência, uma hierarquia complementar que explicita aqueles requerimentos informáticos associados aos processos de controle.

Este modelo obtido em relação ao que ocorre na Petroquímica, pode ser depurado ainda mais, utilizando os fundamentos da Teoria das organizações hierárquicas, BEER (1982), e explicitando a utilização de determinados instrumentos informáticos ligados às novas perspectivas de desenvolvimento de Sistemas de Informação.

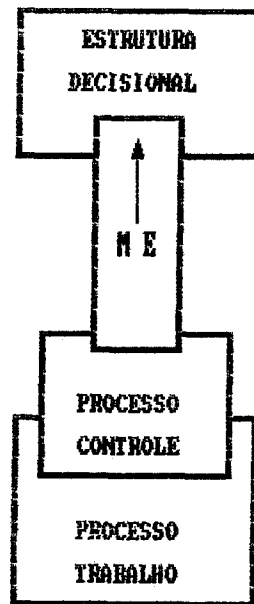


FIGURA U.17
O PAPEL DA MICRO ELETRÔNICA

CAPITULO VI.

FORMALIZAÇÃO DE UM MODELO GLOBAL DE CONTROLE BASEADO NO USO DE INSTRUMENTOS INFORMÁTICOS.

Pode-se afirmar que as organizações sociais em geral e as organizações produtivas em particular, expressam seu trabalho através de conformações estruturais, as quais por sua vez, se manifestam num certo ordenamento hierárquico e recursivo de processos, BEER (1982).

Em consequência, e com o propósito de representar o modelo de uma organização, a partir da perspectiva do controle destacando o papel dos instrumentos informáticos, é necessário descrever a organização em função daquela conformação estrutural, mais especificamente, como uma rede hierárquica de processos, para formalizar estruturalmente os diferentes elementos do controle, a partir da análise dos capítulos anteriores.

VI.1 - Dimensão hierárquica da estrutura organizacional.

A dimensão mais global da estrutura organizacional corresponde a uma representação do tipo entrada-saída, tal como ilustra a Figura (VI.1). A partir desta dimensão global, e de acordo com a conformação estrutural analisada nos capítulos anteriores, é possível

avancar na sua descrição mediante desagregações sucessivas do todo hierárquico.

E assim, portanto, que num primeiro nível de decomposição, é possível distinguir duas instâncias de estrutura organizacional:

- Uma cujo trabalho centra-se na definição dos valores, objetivos, metas e missão para a organização desenvolver sua ação futura.

- A outra, refere-se ao conjunto de atividades que a estrutura deve desenvolver, com o objetivo de materializar em resultados concretos o projeto definido e expressado como "objetivo gerencial".

No modelo explicitado, a primeira delas pode-se identificar como "Nível estratégico" e a segunda como "Nível de gestão", numa relação como ilustra a Figura (VI.2).

VI.1.1 - O nível Estratégico.

O "Nível estratégico" pode-se entender, no modelo proposto, como a instância organizacional que determina o domínio de atividade no qual a organização há de envolver-se no futuro. Sua ação se traduz na definição dos objetivos que por seus alcances envolvem toda a



FIGURA VI.1
A DIMENSÃO GLOBAL DA ORGANIZAÇÃO

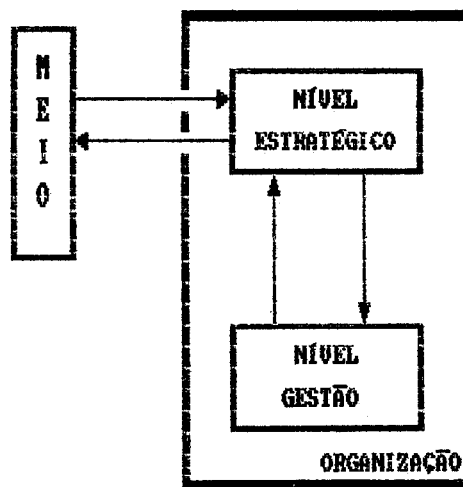


FIGURA VI.2
PRIMER NÍVEL DESAGREGAÇÃO

organização.

VI.1.2 - O nível de Gestão.

O "Nível de gestão" pode-se definir como aquele que, ao interior da organização, deve responder operativamente, isto é, em termos de resultados concretos, aos fins e políticas gerenciais estabelecidos como objetivos no "Nível estratégico". É uma missão "reguladora" segundo a noção de controle utilizada, mas a seu nível hierárquico assume a categoria de "controle".

Deve, desagregar aquele objetivo global em sub-objetivos específicos e entregá-los aos diferentes processos operacionais que conformam o "Nível de gestão", de tal modo que estes possam realizar as diferentes transformações insumo-produto que lhes são atribuídas dentro da divisão funcional na empresa.

Para o cumprimento de sua missão o "Nível de gestão" pode estar sujeito estruturalmente a duas instâncias. A primeira corresponde ao que chamaríamos "Sub-nível de gestão global" e a segunda, aos "Processos operacionais".

VI.1.2.1 - Sub-nível de Gestão global.

O "Sub-nível de gestão global", deve levar a cabo tarefas de "regulação" e "controle", segundo o nível

hierárquico em que se observe sua função orgânica. Na perspectiva hierárquica da organização como um todo é um "regulador", já que sua tarefa consiste em assegurar o cumprimento dos objetos globais que a Gerência superior lhe encomendou.

Agora, para que esta instância de "regulação", no terceiro nível hierárquico da estrutura orgânica, possa efetivar sua tarefa deve dispor da autoridade necessária que lhe confere a Gerência, autoridade para atuar como instância de "controle" no nível hierárquico imediatamente inferior, isto é, no quarto nível hierárquico da estrutura.

Nesse contexto pode-se dizer que "ativa" e "ajusta", o comportamento do sub-nível processos operacionais.

"Ativa", entregando sub-objetivos a cada sub-processo, e "ajusta", verificando o cumprimento de cada um deles, corrigindo os desvios entre a conduta esperada e a conduta real de cada um dos sub-processos.

A sua função de "controle" corresponde, a partir da informação agregada que recebe dos diferentes sub-processos operacionais, modificar o valor das variáveis que definem os sub-objetivos entregues e, ainda, modificar os sub-objetivos, de modo de cumprir

efetivamente com seu papel de "regulador" no nível hierárquico imediatamente superior,

Este duplo papel, de "regulador" e "controle", aparece graficamente na Figura (VI.3).

Além disso, por estar superditado a uma instância de "controle" de nível imediatamente superior - o nível estratégico- deve, também, prover da informação que aquele requer para que possa avaliar e assegurar a consecução dos objetivos que foi entregue a "Gestão global", enquanto "regulador", no nível imediatamente inferior, ou bem, modifica-los em conteúdo.

Em consequência, pode-se assegurar que o nó de "Gestão global" tem como papel orgânico, além de sua tarefa de "controle", servir como Sistema de Informação para satisfazer os requerimentos gerenciais do "Nível Estratégico".

Portanto, e a modo de síntese, pode-se dizer que o nodo de "Gestão global", enquanto instância de "regulação" e de "controle" ao mesmo tempo, localiza seu trabalho em três aspectos fundamentais:

- A ativação, que corresponde ao estabelecimento de sub-objetivos a entregar, a partir dos objetivos globais;

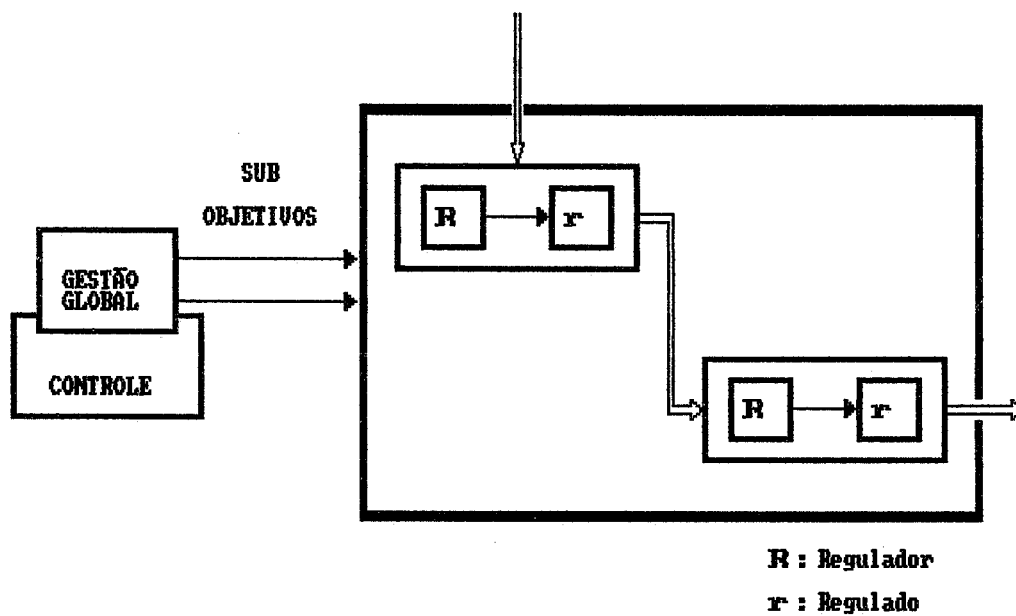
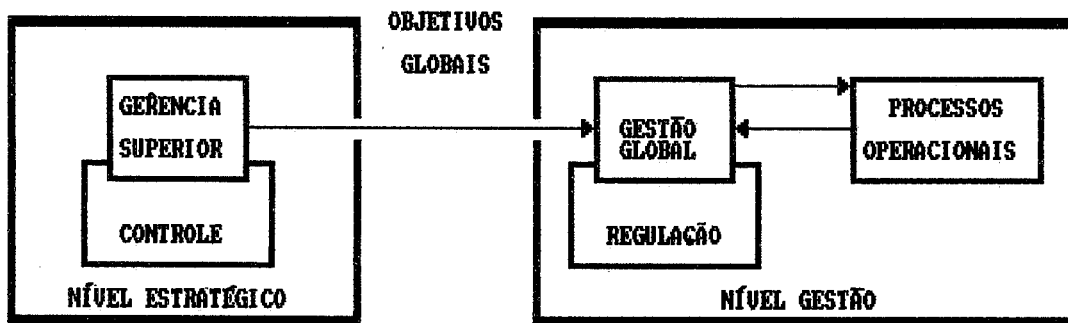


FIGURA UI.3
RELAÇÃO REGULAÇÃO - CONTROLE

- O ajuste do comportamento real dos processos operacionais ao prescrito nos objetivos; e

- O suministro, ao "Nível Estratégico", de toda aquela informação de exceção que tem alcances globais e importância gerencial.

Esta última informação diz respeito a aqueles assuntos que têm relação com problemas derivados do não consecução dos objetivos ou também de oportunidades, iniciativas, melhorias ou inovações que se originam no "Sub-nível processos operacionais", e que requerem uma resposta que não pode ser dada nesse nível, nem no "Sub-nível de gestão global", fundamentalmente quando o assunto se refere a situações de alcances globais e/ou estratégicos, e que podem sugerir significativas modificações à estratégia da Gerência.

Esta situação aparece na Figura (VI.4.)

VI.1.2.2 - O "Subnível processos operacionais."

O "Sub nível processos operacionais" compreende todas as unidades funcionais ou processos que conformam o que se pode denominar "rede de processos operacionais", mais especificamente, corresponde aos processos de trabalho e as funções de serviços que complementam aqueles processos de trabalho e que estão determinadas de

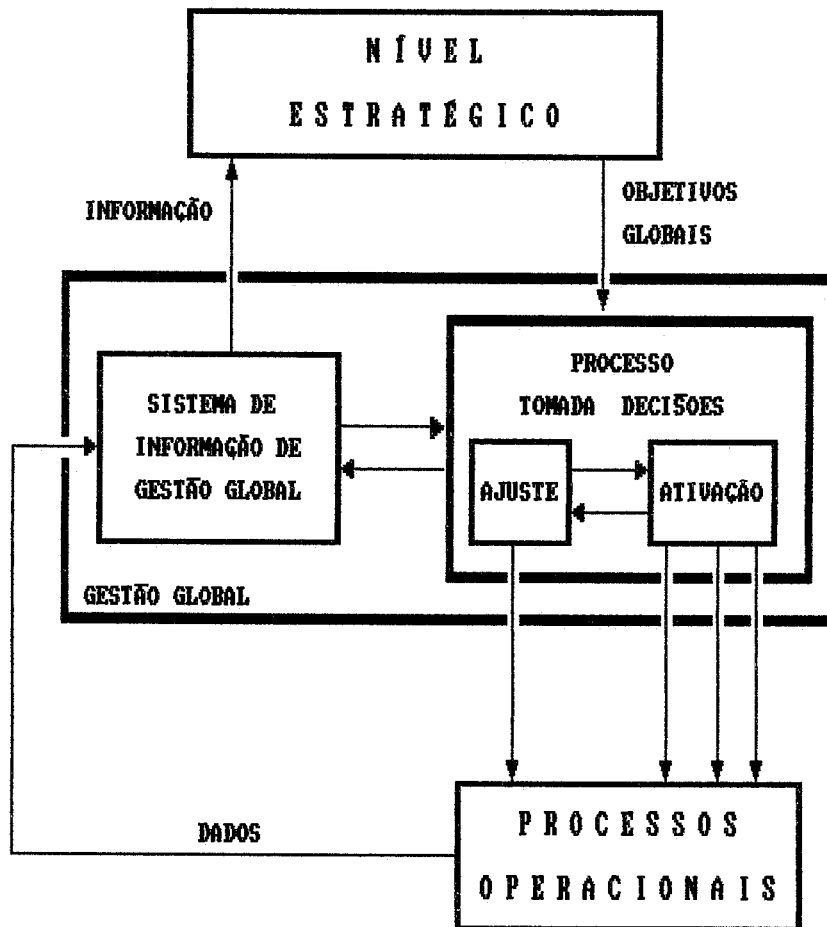


FIGURA VI.4

PAPEL DO NÍVEL GESTÃO GLOBAL

acordo aos princípios da divisão do trabalho. Aquela rede deve ser capaz de obter, na sua sinergia o resultado final esperado pela Gerência.

A nível de transformações produtivas, essa rede é uma rede hierárquica de primeiro nível, onde para o cumprimento de seus objetivos, cada um dos componentes está determinado por uma conformação estrutural própria, cujos nós ou sub-processos, por sua vez, também, para o alcance de seus próprios objetivos, ordenam-se ao redor de uma estrutura.

Aquela dimensão hierárquica tem um limite dado por aqueles últimos processos - os de mais baixo nível - que requer instâncias de condução explícitas, isto é, pelos últimos processos da hierarquia que têm um componente estrutural que assuma a responsabilidade pela consecução dos sub-objetivos entregues, e tenha a autoridade para atuar como "controle".

Deve-se ressaltar que cada nível de desagregação representa uma rede que relaciona os processos do nível imediatamente inferior.

O sentido recursivo desta decomposição implica que cada nível representa um conjunto de redes de independência relativa que compreendem os processos do nível inferior e que, por sua vez, integram-se numa rede que define os processos do nível imediatamente superior,

como ilustra a Figura (VI.5)

Esta rede estrutural hierárquica de Processos operacionais, a qualquer nível de agregação, é ativada mediante a entrega, por parte do "Sub-nível de gestão global", de sub-objetivos derivados do objetivo gerencial global. A Figura (VI.6) ilustra este processo de ativação da estrutura.

VI.2 - A dimensão estrutural dos processos.

A partir de uma perspectiva estrutural, o "Sub-nível processos operacionais" corresponde a um terceiro nível hierárquico, isto é, a uma segunda instância de desagregação da estrutura, e como tal está determinado por uma rede de processos, cada um dos quais deve realizar uma determinada "transformação", a qual representa o papel que a cada um de aqueles processos corresponde dentro da organização.

Em consequência, numa primeira aproximação, pode-se descrever cada processo como uma "transformação" entrada-saída. Para um processo produtivo, as entradas podem corresponder a "matéria prima", "energia", "especificações". As saídas, ao "produto final" e aos "produtos secundários".

Mas estas "transformações" não podem ser

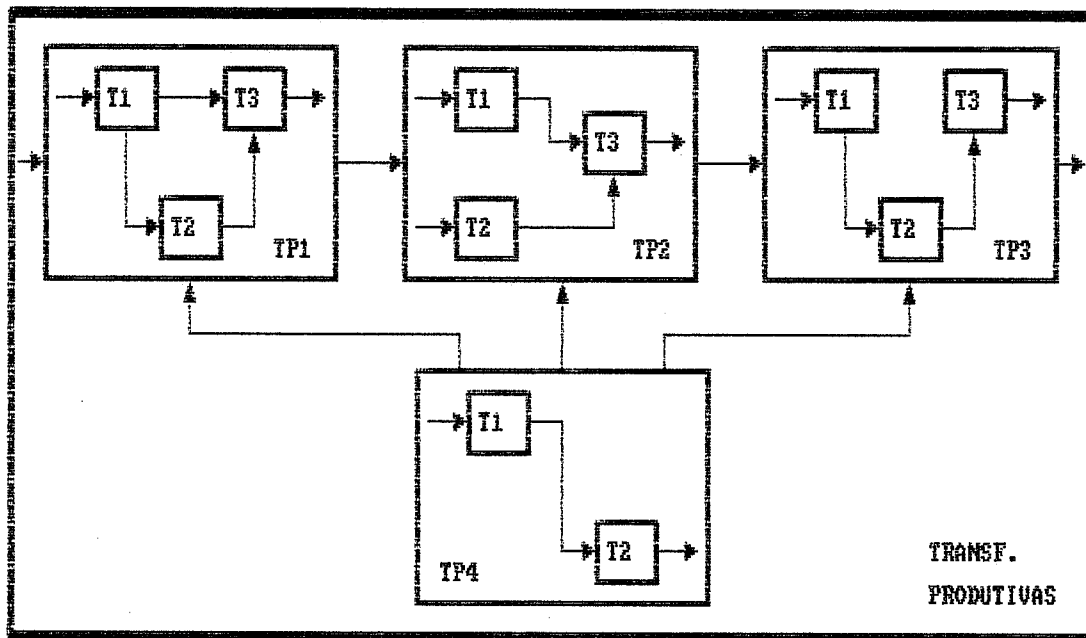


FIGURA UI.5
TRANSF. PRODUTIVAS

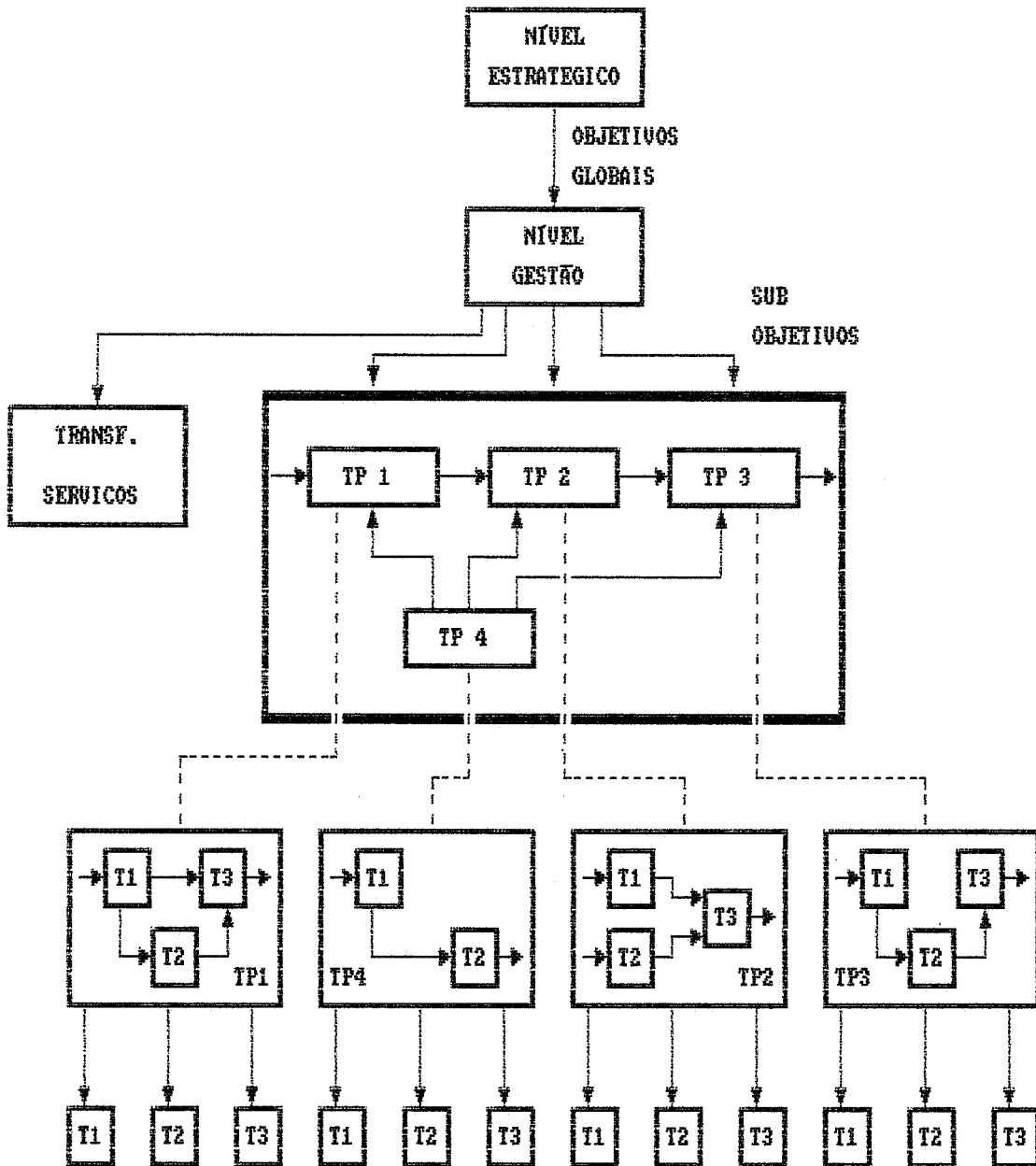


FIGURA VI.6

REDE ESTRUTURAL PROCESSOS OPERACIONAIS

quaisquer transformação. Devem responder aos sub-objetivos entregues ao processo. Para assegurar isto, nelas devem manifestar-se certas instâncias de "controle" e "regulação", mediante as quais a "transformação" pode assegurar o alcance de aqueles sub-objetivos. Para isto deve dispor de variáveis de controle, as quais são de dois tipos : operacional e essenciais.

As "variáveis de controle operacional" se expressam através de valores reais e valores esperados. Estes últimos permitem avaliar o grau de ajuste que a eles manifesta a transformação, e devem estar implícitos nos sub-objetivos. Os valores reais provêm da transformação. Com as duas é possível determinar a dimensão dos desvíos, e, em função deles, aplicar as ações corretivas necessárias.

Além disso, os processos devem manter o equilíbrio de meio interno, que é aquele que assegura a manutenção de sua capacidade de realizar o trabalho que orgânicamente lhe corresponde. Para isso, deve conservar em seu valor de referência as diferentes variáveis "fisiológicas" que determinam aquele funcionamento normal, e que formam parte de suas variáveis de estado. Estas variáveis podem-se denominar "variáveis essenciais", e os sistemas nos quais isto ocorre se denominam homeostáticos, ASHBY (1972).

Aquelas variáveis são a expressão dos criterios

que o "Processo operacional" estabelece como instrumentos de "regulação" ou "controle", razão pela qual, se lhes pode denominar "variáveis de controle".

Estas variáveis de controle têm sua origem nas variáveis de estado que definem o comportamento do processo e são, em consequência, os condutos através dos quais se materializa a retroalimentação que permite corrigir os desvios que podem-se produzir entre a conduta esperada e a conduta real. O componente essencial da retroalimentação é a informação.

A instância que ao interior do "Processo operacional" assume a responsabilidade pelo alcance dos objetivos, isto é, que ativa os processos uma vez que os recebe, e que corrige os desvios entre o esperado e o real, pode-se chamar "condução".

VI.2.1 - O papel das transformações.

Toda transformação no interior do processo representa uma conversão do tipo insumo-produto. Corresponde à materialização da missão que a organização entrega ao processo.

Uma característica fundamental destas transformações é que elas se ligam à dinâmica organizacional através de fluxos principalmente

materiais. Não transformam portanto informação.

Respecto da informação são só emissores e receptores. Os fluxos de informação circulam pelo nó de "condução", nó com o qual se ligam ao interior do "Processo operacional". Nele ocorrem os processos de trabalho na base da hierarquia organizacional.

VI.2.2 - O papel da condução.

A qualquer nível da estrutura hierárquica, ao nó de "condução" lhe cabe materializar as tarefas de gestão, isto é, a finalização e o manejo de todos os mecanismos de "controle" e "regulação" que permitem o funcionamento, e a continua adaptação dos processos. O nó de "condução" recebe os sub-objetivos e políticas gerenciais para entrega-las às instâncias de transformação. Se o "Nível de gestão" é um primeiro nível hierárquico, a um terceiro nível o nó de "condução" é, portanto, uma instância de "regulação", superditada ao controle do nó de gestão global, o qual lhe entrega os sub-objetivos que deve atingir.

Deve, portanto, fazer a finalização a seu nível, para o qual dispõe de dois tipos de variáveis: as "variáveis de finalização" e as "variáveis de ajuste".

As "variáveis de finalização" são aquelas mediante as quais se ativa a transformação através de

instruções que lhe transmite o nó de condução e que se derivam de aquelas que este recebe, ao nível de sub-objetivos, dos níveis superiores.

As variáveis de ajuste, por sua parte, são aquelas que permitem, através um processo de tomada de decisões, alimentado pela informação que expressa o que ocorre durante a transformação insumo-produto, corrigir eventuais desvíos entre o real e o esperado.

VI.2.3 - O papel das variáveis de controle.

As variáveis de controle, como já foi indicado, são um instrumento de "regulação" ou "controle". São de dois tipos: de controle operacional e essenciais.

As primeiras correspondem aos critérios de eficiência e eficácia que o alcance dos objetivos gerenciais requer sejam cumpridos, tais como volume de atividade realizada, custos, rendimento.

As segundas variáveis de controle (essenciais) dizem respeito a aqueles fatores que têm relação próxima com a supervivência, isto é, aqueles cujo equilíbrio é necessário para a constância do meio interno, o qual por sua vez assegura o nível requerido de capacidade potencial para realizar trabalho.

A tarefa de "regular" a conduta do nó de "transformação" - inserida na acção de controlar do nível hierárquico imediatamente superior - só é possível na medida em que se dispõe da informação relativa ao rendimento da "transformação" para comparar os valores reais e esperado. Aquela informação é entregue pelas variáveis de controle.

As "variáveis de controle operacional" (vc) se agrupam-se ao redor do que pode-se denominar "vetores de controle operacional", (VCO), cada um dos quais está determinado por um conjunto de "variáveis de controle operacional".

Portanto cada "vetor de controle operacional" (VCO) pode-se interpretar da seguinte forma:

$$VCO_j = (vc_1, vc_2, \dots, vc_i, \dots, vc_{n_j})$$

onde

VCO_j = j-ésimo vetor de controle operacional

vc_i = i-ésima variável de controle
operacional

n_j = número de variáveis de controle
operacional componentes do
j-ésimo vetor.

Do mesmo modo pode-se proceder com as "variáveis essenciais". Se agrupam em torno aos "vetores essenciais" (VE), cada um deles determinado por um

conjunto de "variáveis essenciais" (ve).

Cada vetor essencial tem a seguinte composição:

$$VE_j = (ve_1, ve_2, \dots, ve_i, \dots, ve_{n_j})$$

onde

VE_j = j-ésimo vetor essencial

ve_i = i-ésima variável essencial

n_j = número de variáveis essenciais
componentes do j-ésimo vetor.

VI.2.4 - Vetores de controle, Bases de dados e Sistemas de informação.

Para cumprir seu papel, os vetores de controle requerem o uso e portanto a implementação previa de instrumentos de medição, registro, transmissão e tratamento de dados.

Os valores esperados em relação conduta da "transformação" estão inscritos nos objetivos entregues, mas a tarefa reguladora requer também os valores reais, e estes devem-se obter dos eventos que ocorrem nas "transformações".

Com o propósito de assegurar uma adequada percepção dos eventos considerados mais relevantes, acerca do acontecer da "transformação", os quais se constituem na base para dar conta do comportamento real

da "transformação", e que se faz necessário realizar um processo de modelagem da realidade desta transformação na perspectiva dos dados que lhe são relevantes.

Só nesta perspectiva é possível atingir valores confiáveis representativos para os "vetores de controle" que requer o "regulador".

É assim então que aparece a necessidade de um modelo de dados associado às transformações.

Um modelo de dados é a ferramenta que permite capturar tanto a dimensão estática, por meio das estruturas, como a dimensão dinâmica da realidade, por meio das operações que se aplicam sobre tais estruturas.

Deve modelar-se, portanto a "transformação" a fim de estabelecer as estruturas de dados que melhor refletem a dimensão estática de tal "transformação". Do mesmo modo, a dimensão dinâmica, que se manifesta na ocorrência dos eventos, se retém por meio de um conjunto de operações para que cada evento específico que ocorra na "transformação" tenha uma ou mais operações associadas.

O processo de modelagem tem como resultado um esquema o qual define, em termos de estrutura e restrições uma base de dados.

Em consequência, os eventos que se desejam registrar como dados, modificam continuamente os estados desta base de dados através do conjunto de operações estabelecidas no modelo de dados.

A definição do esquema associado a uma base de dados é feita mediante o "Data definition language" (DDL), a qual junto ao "Data manipulation language" (DML) - que é a ferramenta que permite colocar as operações sobre as estruturas das Bases de dados- conformam o "Data base management system" (DBMS). No modelo, a Base de dados é então uma instância instrumental necessária entre os nodos de "transformação" e "condução".

As relações entre estes elementos aparecem na Figura (VI.7).

Uma vez colocados os eventos como dados na base de dados, se requer, também, de uma instância estrutural capaz de transformar dados em informação relevante para apoiar as tarefas decisórias da "condução".

Aquela instância estrutural corresponde ao Sistema de informação (SI). É um nó inserido estruturalmente entre o nó de base de dados e o nó de "condução".

Portanto, qualquer intento de modelagem dos

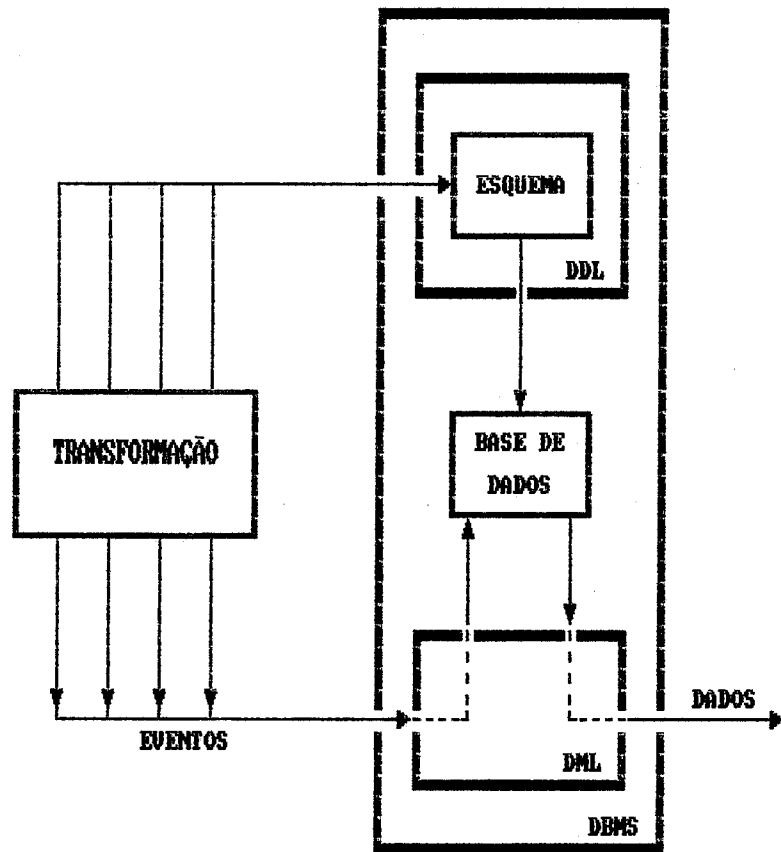


FIGURA 01.7

O PAPEL DAS BASES DE DADOS

Processos operacionais requer do reconhecimento relacional dos quatro nos. Isto é:

- Condução
- Transformação
- Sistema de informação
- Base de dados.

Se relacionam como aparece na Figura (VI.8).

Não obstante, e para facilitar a compreensão daquela configuração apresentamo-la de forma simplificada na Figura (VI.9).

VI.3 - Os Sistemas de Informações como componentes estruturais.

No interior dos procesos operacionais a informação tem um sentido explícito toda vez que se constitui num fluxo que sustenta e facilita a consecução dos níveis adequados de efetividade, que o "condutor" deseja.

Nesse sentido, e considerando que a incerteza representa um estado entrópico, os fluxos de informação são fluxos neguentróticos, ao reduzir a incerteza de quem os recebe.

A explicação do que ocorre nas "transformações"

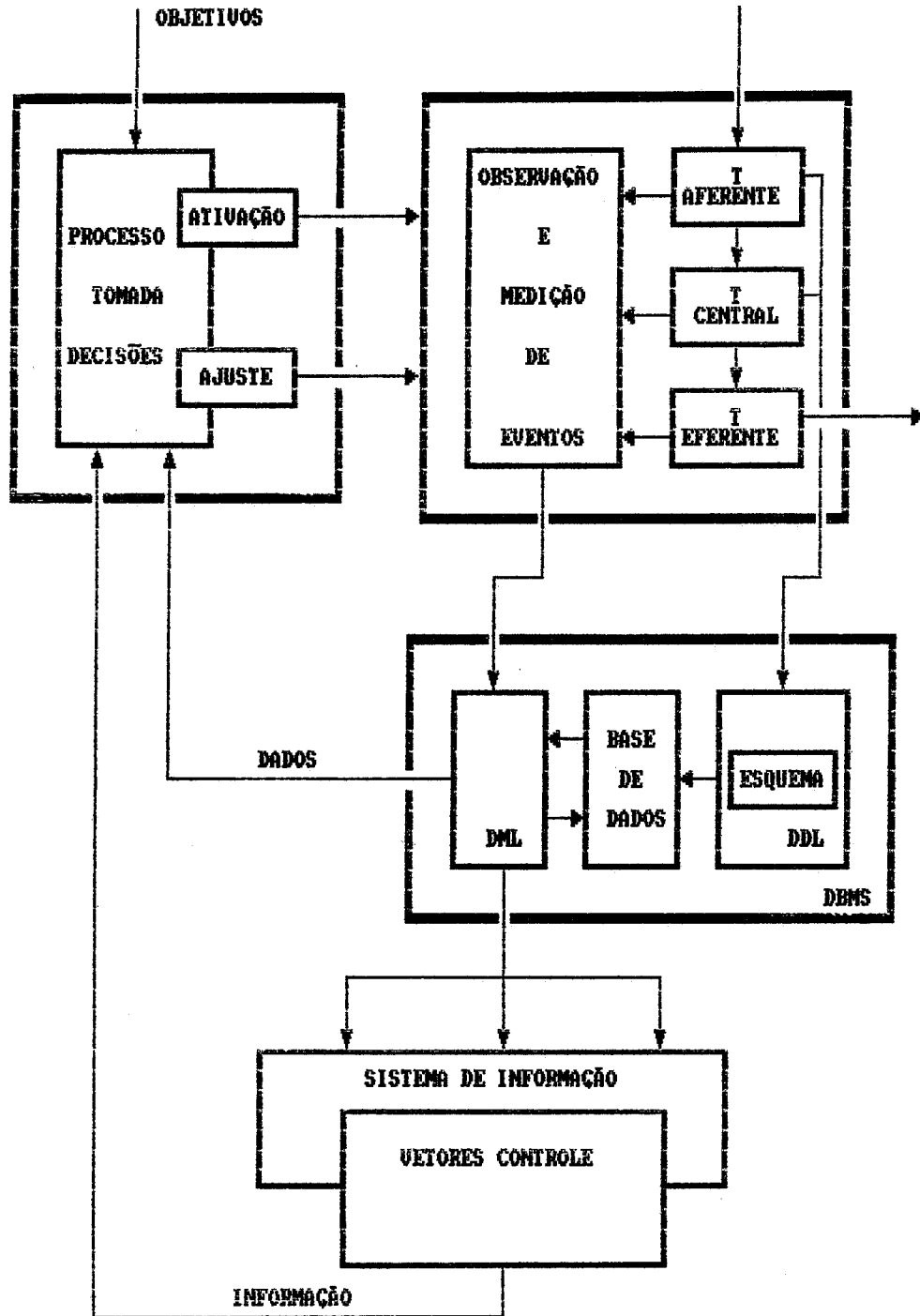


FIGURA U1.8

**AS RELAÇÕES DOS COMPONENTES
DOS PROCESSOS OPERACIONAIS**

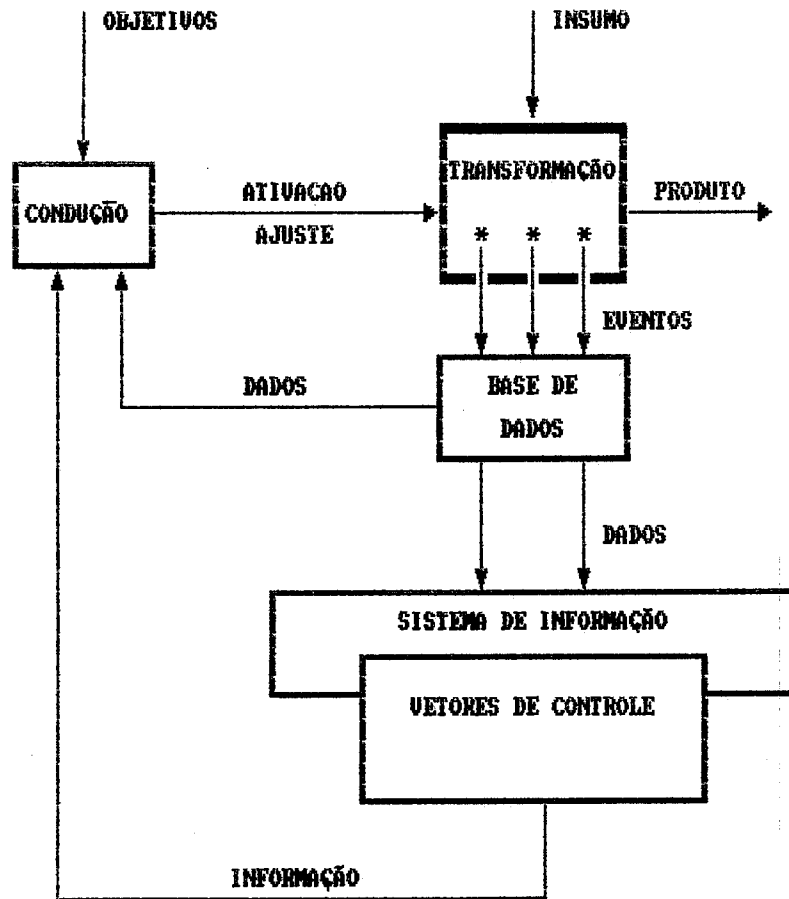


FIGURA U1.9

**OS NODOS COMPONENTES
DOS PROCESSOS OPERACIONAIS**

implica reconhecer o caráter das "transformações", a partir dos eventos que afetam as variáveis de estado que as determinam. São estes eventos os que devem recolher-se e registrar-se na base de dados e que mediante os Sistema de Informação, converter-se em fluxos de informação.

Não obstante, as considerações anteriores, nem todos os eventos se recolhem nem sofrem tratamento como dados, pois poderiam inundar com informação superflua à "condução" e fazer-lha perder eficácia.

Por esta razão se utilizam vetores de controle como instrumentos de determinação dos fluxos de informação. Então, para alcançar efetividade em função da informação requerida, o "condutor" deve:

- definir o conjunto de variáveis componentes de cada vetor de controle que, enquanto critérios de medição, devem informar do que acontece no interior das "transformações", naqueles aspectos considerados essenciais para o controle, tanto no referente ao alcance dos objetivos, como enquanto ao estado dos componentes do nodo de "transformação".

- Determinar os valores esperados, - que geralmente se expressam como escopos - para cada vetor de controle.

Se se define, por exemplo, o vetor $VCO = (VCOa,$

VC0c, VC0e), como o conjunto de vetores de controle operacional de "atividade", "custo" e "eficacia", respectivamente, então deve definir também os vetores de valores esperados dos vetores de controle operacional correspondientes, isto é:

$$E(VC0) = E(VC0a), E(VC0c), E(VC0e)$$

Os Sistemas de Informação, por sua parte, devem recolher os dados da base de dados que permitam determinar o valor real de cada "vetor de controle operacional", onde:

$$R(VC0) = R(VC0a), R(VC0c), R(VC0e),$$

são os vetores dos valores reais dos vetores de controle operacional.

Deste modo é possível comparar os valores reais com os valores esperados e obter o vetor de desvios para "regular" a conduta das "transformações", para ajustar-la à referência que o cumprimento dos objetivos de atividade requer, como ilustra a Figura (VI.10).

A partir de uma visão estrutural, os Sistemas de Informação a qualquer nível, se constituem na instância que no interior do processo, estabelece as relações entre ações e decisões.

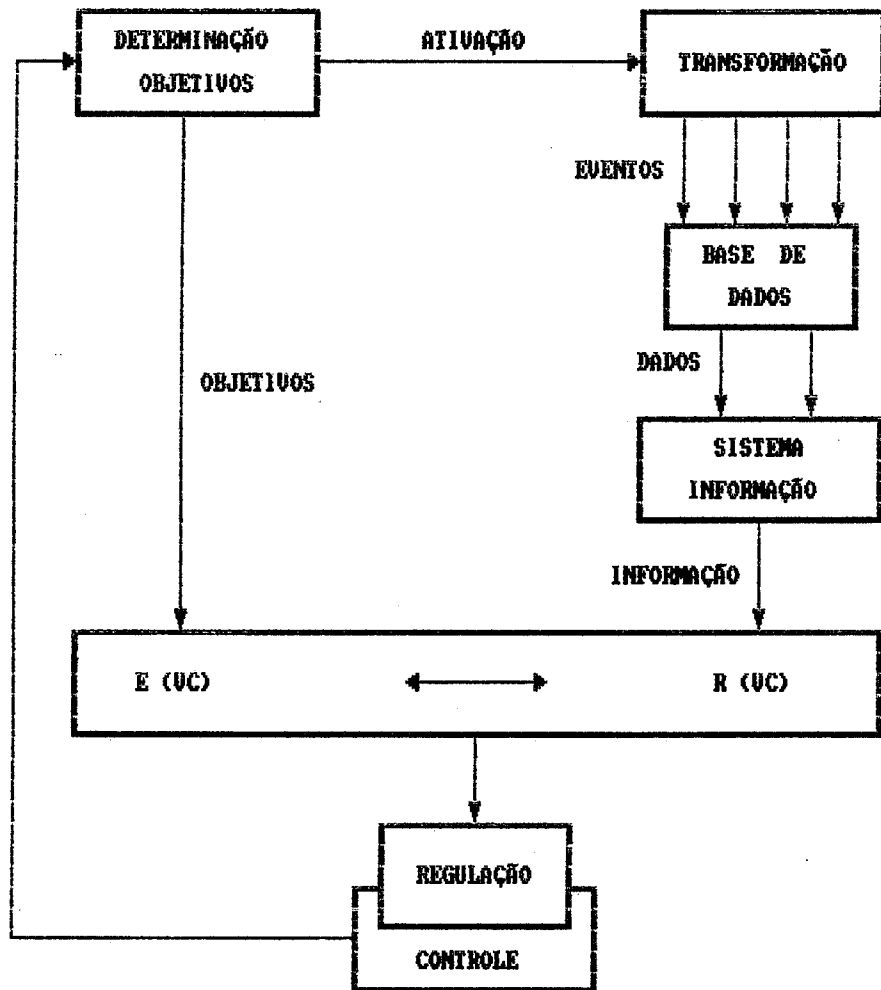


FIGURA UI.10

A REGULAÇÃO E O CONTROLE

Nesse contexto é possível distinguir Sistemas de Informação ao "Nível estratégico", ao "Nível de gestão", além dos sistemas de processamento de dados que existem no interior das "transformações".

VI.3.1 - Os sistemas de informação estratégicos.

Os Sistemas de Informação estratégicos são aqueles que entregam a informação necessária para a determinação de aqueles projetos que permitem à organização, ser realmente organismos viáveis, isto é, sobreviver às mudanças da realidade. Entrega o fluxo de informação que permite o controle de toda a organização.

Para isso é preciso coletar e processar dados relativos tanto ao meio como à organização. Neste último caso, se apoia nos Sistema de Informação de gestão. tal como aparece na Figura (VI.11).

VI.3.2 - Os sistemas de informação de gestão.

A nível de gestão, o papel dos Sistemas de Informação consiste em apoiar a tarefa decisoria das instâncias de "condução".

São uma função que transforma dados em informação, isto é:

$$\text{Informação} = \text{SI} (\text{dados})$$

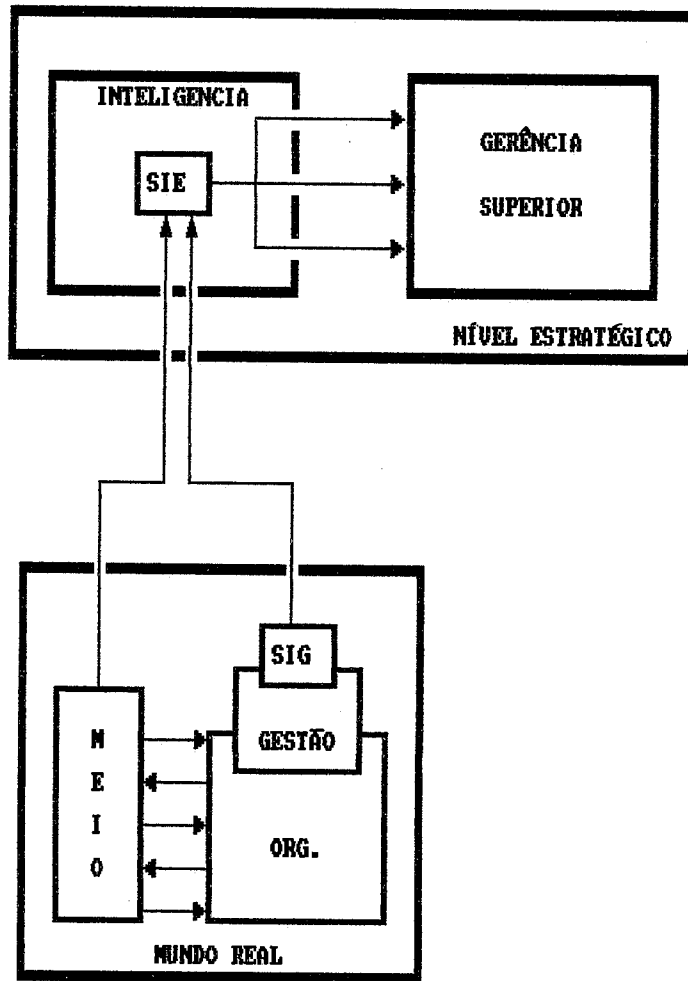


FIGURA VI.11.

OS SIE

Os dados correspondem ao registro, num medio, dos eventos ocorridos. São potencialmente informativos, já que podem ser informação se afetam o comportamento de quem os recebe.

Pode-se dizer, então, que nos processos que conformam o "Nível de gestão", a origem dos Sistemas de Informação está nas "transformações", onde os dados são a expressão dos eventos que neles ocorrem.

O conteúdo e alcances do Sistemas de Informação, está determinado pelos vetores de controle os quais tem sua origem nos diferentes dados registrados nas Bases de dados, e aqueles dados, por sua vez, se originam nos eventos que influem nas variáveis de estado que determinam a conduta da "transformação".

Dado o caráter hierárquico e recursivo da estrutura organizacional, os Sistemas de Informação no nível de "condução" imediatamente superior, se agregam nos termos da Figura (VI.12), onde se ha emitido por simplicidade a base de dados.

Nesse contexto, um Sistema de Informação (SI) satisfaz os requerimentos específicos da "condução" a nível local, mas também os requerimentos do nível de agregação imediatamente superior.

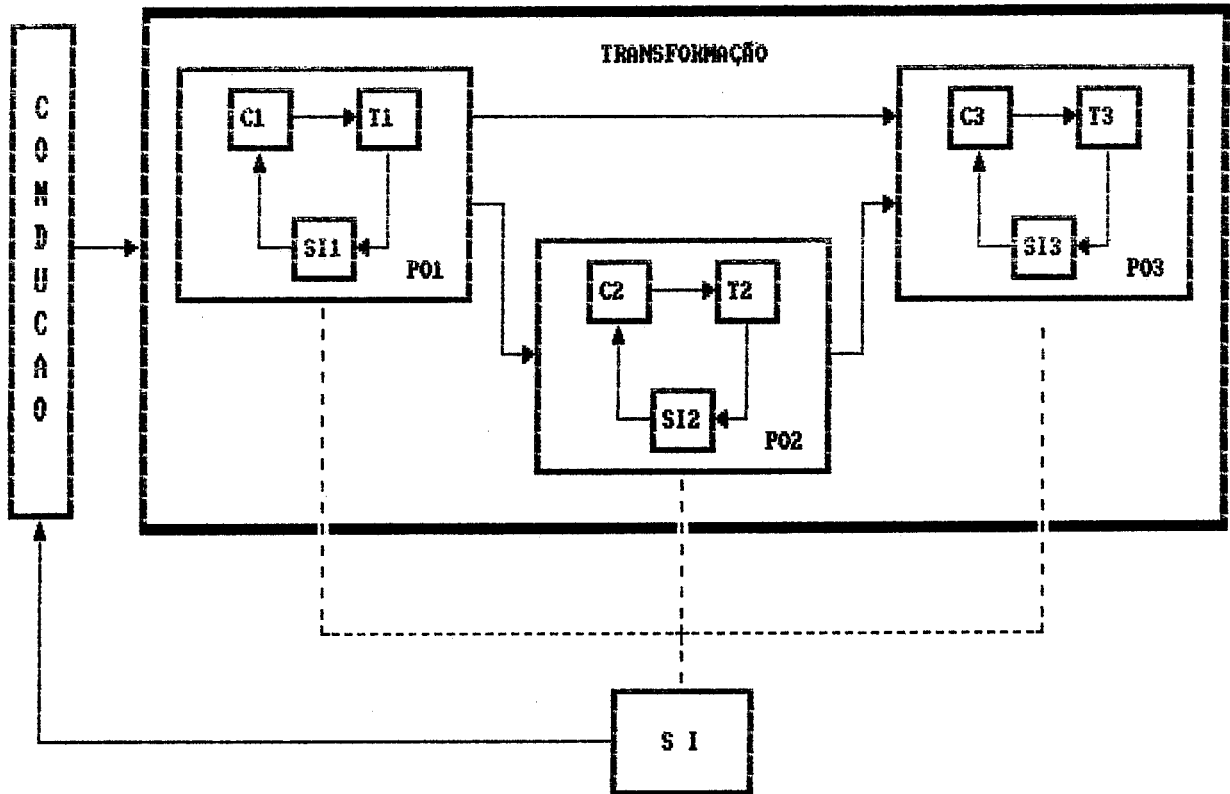


FIGURA VI.12
AGREGAÇÃO DOS S.I

Na Figura (VI.12), o Sistema de Informação SI1 satisfaz os requerimentos da condução do processo operacional P01, mesmo que, o sistema SI2 aqueles do proceso P02. Assim, SI1, SI2 e SI3 são a base natural para o Sistema de Informação (SI).

Assim, e focalizando o modelagem nos Sistemas de Informação de cada processo, pode-se conformar uma rede de Sistemas de Informação que, recursivamente, se integram abaixo-acima ou "bottom-up", nos termos da Figura (VI.13).

Cada Sistema de informação do nível $n-3$, corresponde a uma "transformação" no nível mais baixo, isto é, da última que requer "condução" explícita. Desta forma, ao integrar-se aquelas "transformações" num processo de nível superior, que por sua vez é "conduzido" como um todo, o Sistema de Informação que o apoia corresponde ao agregado sinérgico dos Sistemas de Informação do nível imediatamente inferior e que se caracteriza por:

- A manutenção da variedade que se requer
- O critério de exceção associado à autonomia relativa pela qual o nível superior só recebe a informação relativa aos eventos que vão além da capacidade de resolução que têm os níveis inferiores.

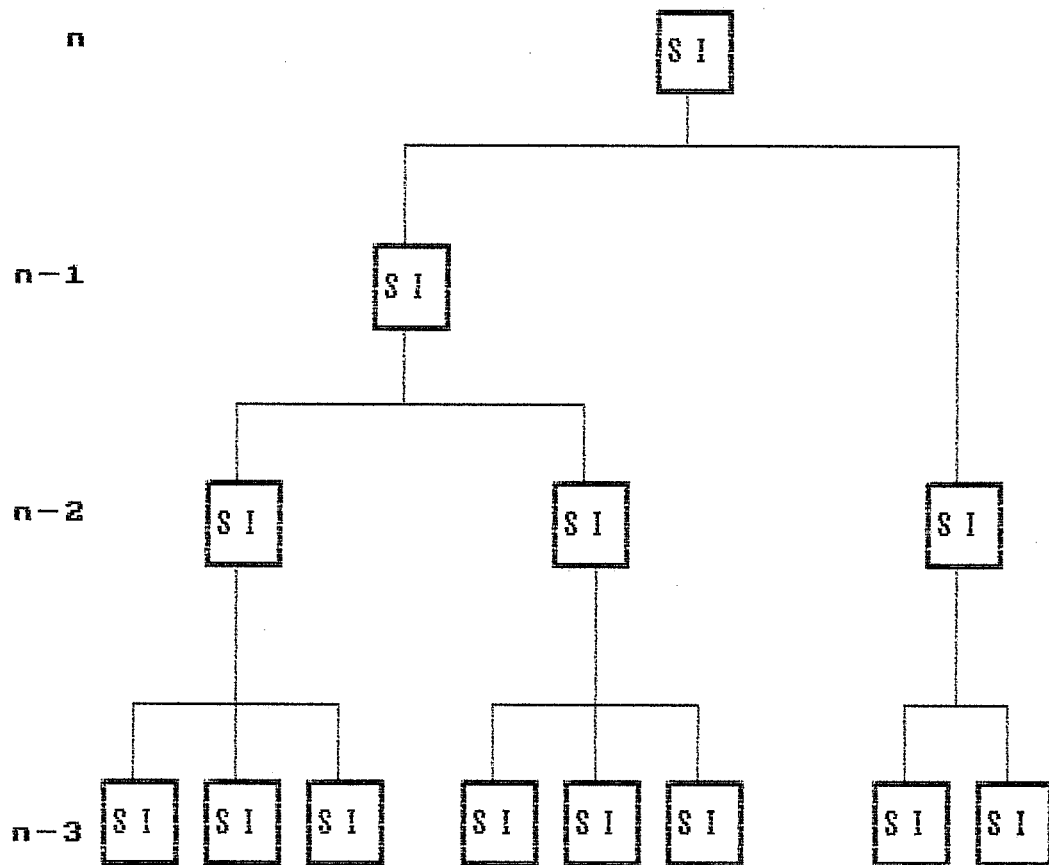


FIGURA VI.13
A HIERARQUÍA DOS S. I

O nível "n" da Figura (VI.13), corresponde a aqueles Sistemas de Informação integrados que involucram o funcionamento do todo orgânico, identificado como "Nível de gestão".

Aquele nível "n", que pode-se reconhecer como "Sistema de Informação de gestão global", e corresponde também a aquele que entrega os fluxos de informação interna que requer o "Nível estratégico".

VI.4 - Os sistemas de bases de dados organizacionais.

Todo Sistema de Base de dados pode-se entender como um conjunto de Base de dados, cada uma das quais está associada a uma unidade de "transformação" existente ao interior da organização.

Cada uma delas tem uma conformação definida por esquemas gerados a partir de um modelo de dados organizacional.

Os eventos que ocorrem ao interior de cada "transformação" os reflete a Base de dados através das diferentes operações que permitem a modificação de seus estados.

É necessário ressaltar que a definição dos esquemas como das operações que atuam sobre a Base de

dados, se realiza através do DDL e o DML, respectivamente. Estas ferramentas conformam os denominados DBMS.

Cada "transformação" tem associado uma Base de dados que reflete todos e cada um dos eventos relevantes que expressam o que ocorre naquela "transformação", isto é, a Base de dados assume os valores das variáveis de estado do sistema. O esquema que define as estruturas de dados desta Base de dados, se gera a partir de um modelo de dados, que reflete a realidade de cada "transformação".

O fato de estruturar sob a forma de dados os eventos das "transformações", permite, mediante as operações sobre as estruturas de dados, refletir de tais eventos no conteúdo de uma Base de dados.

Pelo caráter hierárquico das estruturas organizacionais, todas as "transformações" operacionais do último nível estão relacionadas conformando uma totalidade no nível hierárquico imediatamente superior. O Sistema de Base de dados (SBD) é a instância que reflete, desde o ponto de vista dos dados, as relações entre as diferentes "transformações". É portanto uma visão agregada destas últimas de acordo com a estrutura organizacional. Tais relações de integração aparecem na Figura (VI.14).

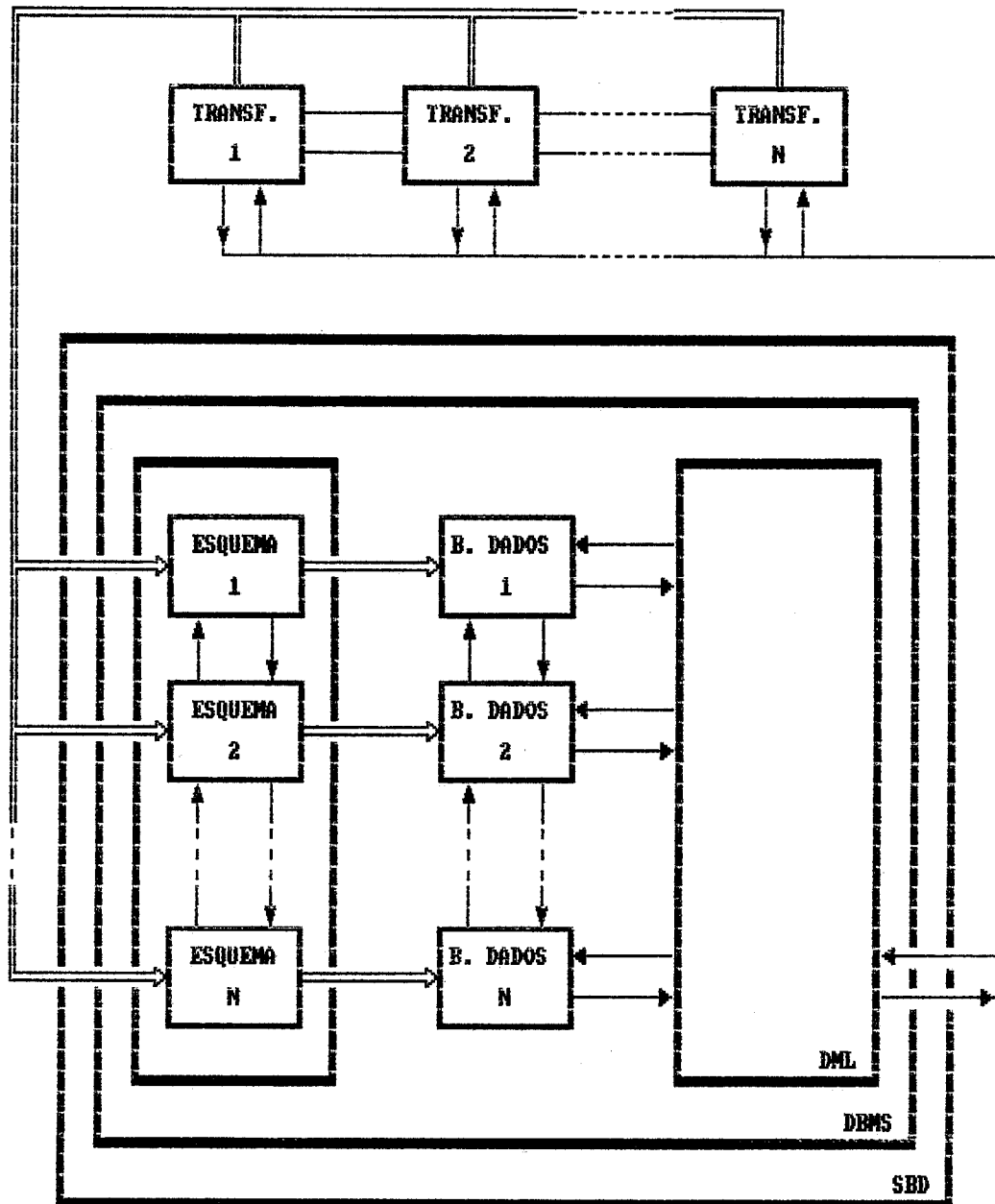


FIGURA VI.14
 RELAÇÕES DO S.B.D

Em consequência, é a realidade própria de cada "transformação", através de um processo de modelagem dos eventos que nela ocorrem, o que determina a estrutura, conteúdo e alcances das Bases de dados, que conformam o SBD, no último nível da estrutura hierárquica da organização.

VI.4.1 - Agregação das Bases de dados.

Toda estrutura organizacional é uma conformação hierárquica e recursiva. Em consequência, as Bases de dados, devem também agregarse, como aparece na Figura (VI.15).

Na Figura (VI.15), DB1, DB2, DB3 e DB pertencem ao SBD. DB1 responde às necessidades de registro dos eventos que ocorrem em T1, ocorre o mesmo com DB2 e DB3. Estas três Bases de dados - DB1, DB2 e DB3 - são as instâncias que permitem o registro em Bases de dados dos dados relevantes de cada "transformação" de nível inferior, como também dos dados de coordenação e compatibilidade do conjunto de "transformações".

Para isso é necessário conformar modelos de Bases de dados para responder às exigências de registro, manutenção e geração que requer os níveis hierárquicos superiores da organização. Ou seja, as Bases de dados tem que ser capazes de permitir o registro dos eventos como

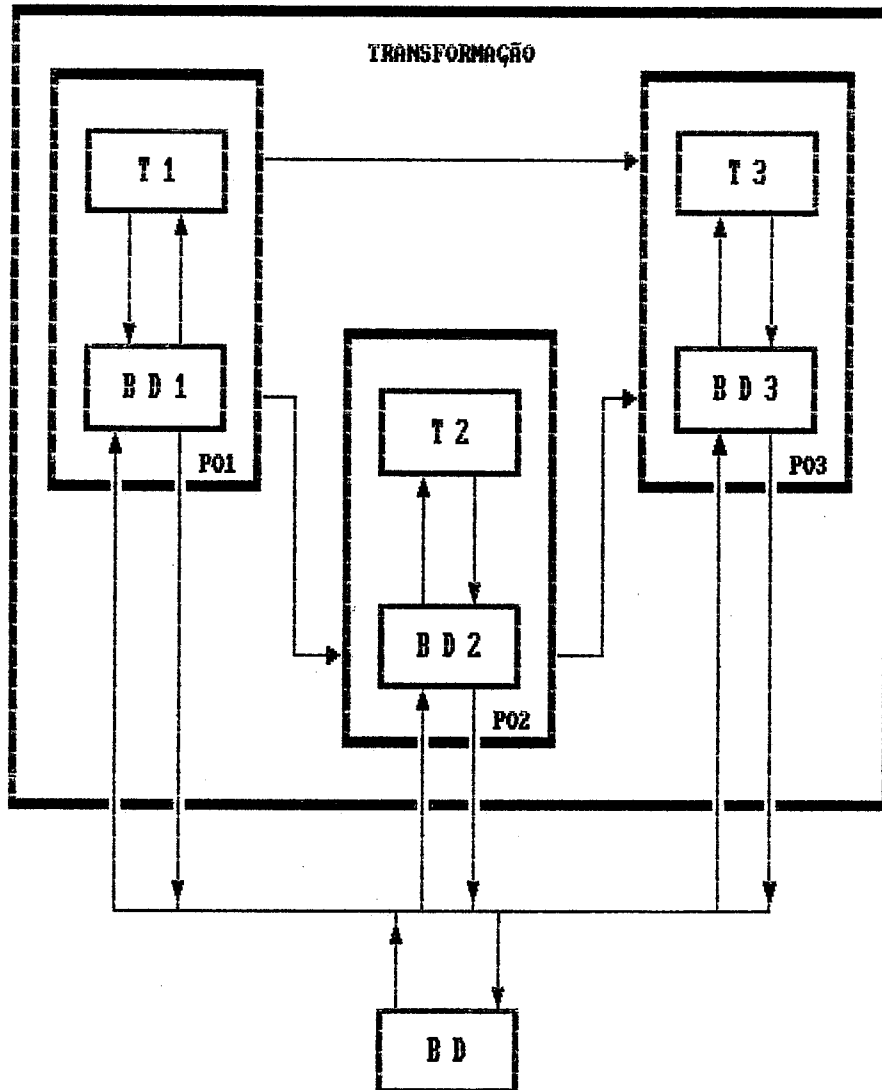


FIGURA VI.15
AGREGAÇÃO DAS B.D

tais, conjuntamente com o registro de diferentes níveis de agregação de dados.

Estos requerimentos podem-se satisfazer através de modelos de dados que não só refletem uma realidade particular, senão também os dados relativos ao agregado de cada uma das "transformações" num nível imediatamente superior da hierarquia estrutural, até alcançar à organização como um todo, para assim satisfazer os requerimentos de dados necessários para a geração da informação que precisam os diferentes níveis decisoriais existentes.

As agregações que se requer sobre os dados podem ser, em parte logradas mediante arquivos tradicionais e os sistemas de agregação de dados. Estes sistemas permitem agregar os dados registrados dos eventos das "transformações", e que se mantêm nas Bases de dados do último nível. A saída obtida destes sistemas - os dados agregados - pode-se registrar num conjunto de arquivos tradicionais, e ainda, é possível manter fisicamente estes arquivos numa o mais Bases de dados. Tais sistemas aparecem na Figura (VI.16).

Cabe destacar que antes das Bases de dados existem os modelos de dados que devem amostrar essas relações.

Um modelo de dados, que permita tais refletores

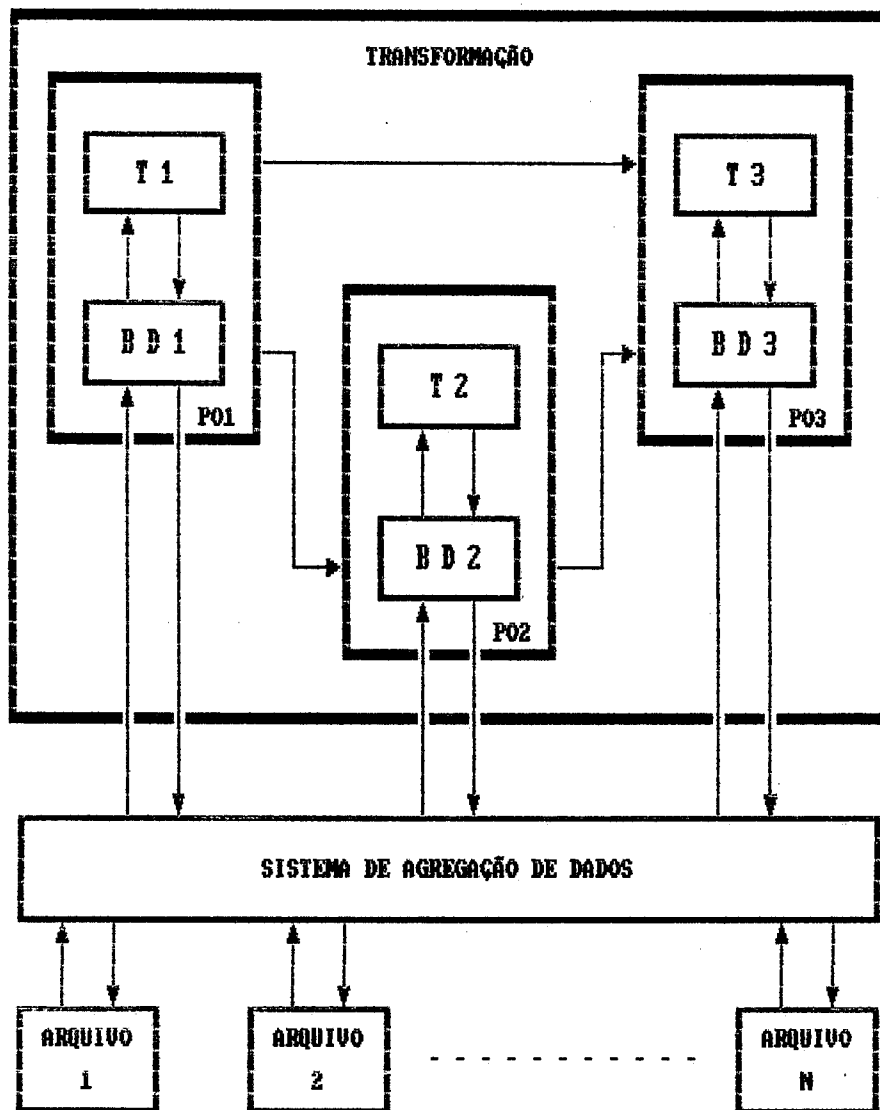


FIGURA UI.16

**RELAÇÃO ARQUIVOS - SISTEMA
AGREGAÇÃO DE DADOS**

deveria consistir de estruturas que apresentem níveis sucessivos de agregação de dados, mas também de operações que atuem sobre essas estruturas de dados agregados e sobre as estruturas de dados dos eventos. Mediante algumas destas operações, poderia-se gerar o conteúdo das estruturas de dados agregadas, a partir do conteúdo das estruturas de dados dos eventos.

Dessa forma, tais operações poderiam ter o papel que tem os sistemas de agregação de dados, e as estruturas de dados agregados, o papel dos arquivos tradicionais.

Em consequência, os Sistemas de Informações e suas relações sinérgicas -da Figura (VI.12)- ao incorporarse estruturalmente ao agregado das bases da Figura (VI.15) conformam um sistema cujas ligações tem a dimensão que aparece na Figura (VI.17).

Pode-se assim configurar uma rede de Bases de dados que se integra de modo "bottom-up", em correspondência ao que ocorre com os Sistemas de Informação. Devem estar indissoluvelmente ligadas a estes em cada função orgânica, para entregar efetivamente a informação e dados para os processos decisórios e as instâncias de "condução". Por tanto, para cada Sistema de Informação, existe ao interior da organização, uma Base de dados associada.

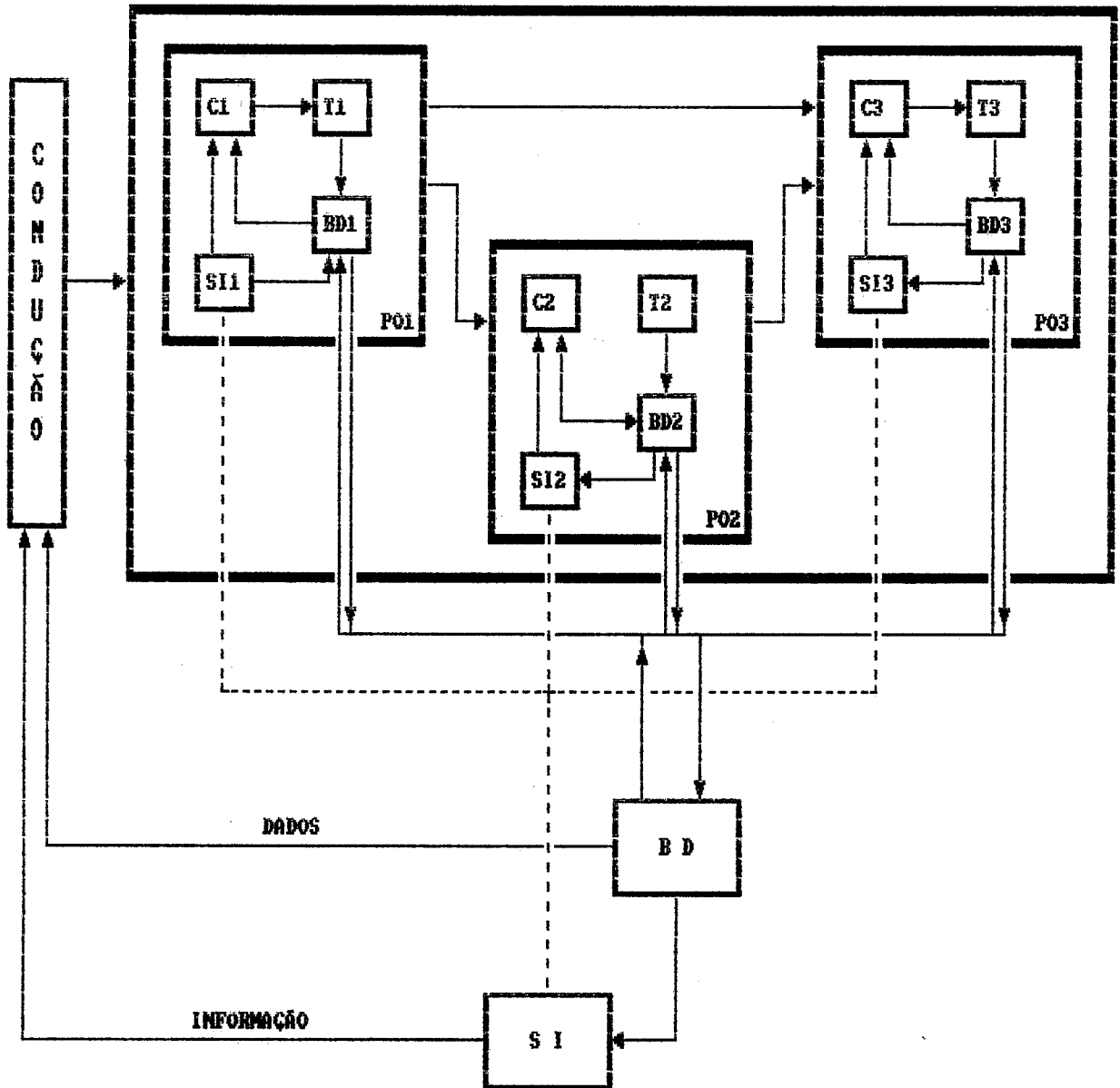


FIGURA UI.17
RELAÇÃO S.I - S.B.D

O conjunto destas Bases de dados permite conformar um sistema hierárquico, recursivo e integrado denominado "Sistema de base de dados organizacionais" (SBDO), tal como aparece na Figura (VI.18).

Na Figura (VI.18) pode-se apreciar que as Bases de dados do nível "n-3", são as que recebem os eventos das "transformações" do último nível. As Bases de dados do nível "n-2" recebem os dados elaborados a partir dos dados registrados previamente no nível imediatamente inferior.

Nesta conformação estrutural, a Base de dados do nível "n" deve ter os dados necessários para o Sistema de informação de gestão global, que é aquele que satisfaz os requerimentos do "Nível de gestão global", da estrutura organizacional. Pode-se então denominar "Base de dados de gestão" (BDG).

Não obstante, dada a conformação da estrutura organizacional, é preciso satisfazer os requerimentos do Sistema de Informação estratégico. Por isto o SBDO deve contemplar como componente fundamental uma "Base de dados estratégica" (BDE), cuja missão é satisfazer os requerimentos de informação relativa às relações organização-meio e os dados de pronóstico para a geração das alternativas estratégicas.

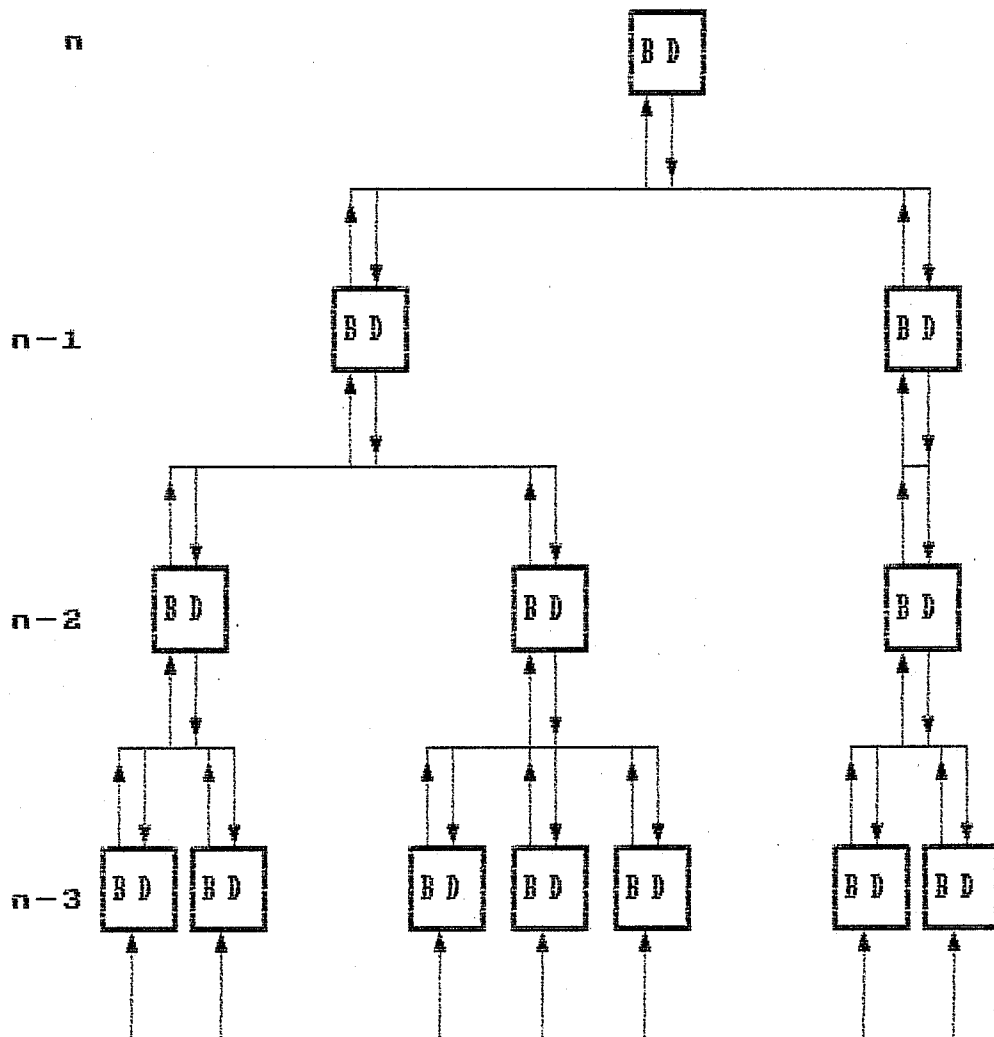


FIGURA 01.18
HIERARQUÍA DAS B.D

Em consequência, os alcances do SBDO são aqueles que descreve a Figura (VI.19), e contempla:

- Bases de dados do último nível
- Bases de dados agregadas
- Bases de dados de gestão
- Bases de dados estratégicas.

O SBDO é, em consequência, a instância estrutural que permite o registro de todos os eventos, dados simples e dados elaborados, relativos aos eventos que ocorrem na organização, para satisfazer efetivamente os requerimentos de dados que têm os Sistemas de Informações que fazem parte da estrutura organizacional.

VI.5.- Considerações sobre o escopo e limites do modelo.

VI.5.1.- Os níveis de integração.

Ao observar a estrutura hierárquica do modelo pode-se apreciar que a integração física dos sistemas informáticos tenderia a conduzir a uma maior integração vertical, através da aproximação dos diferentes níveis hierárquicos, bem como uma maior integração horizontal, através da interdependência das diferentes funções ou processos. Mas, até o presente momento não é possível determinar em que medida a tecnologia altera os níveis de integração hoje existentes. Pode-se falar de uma integração vertical determinada:

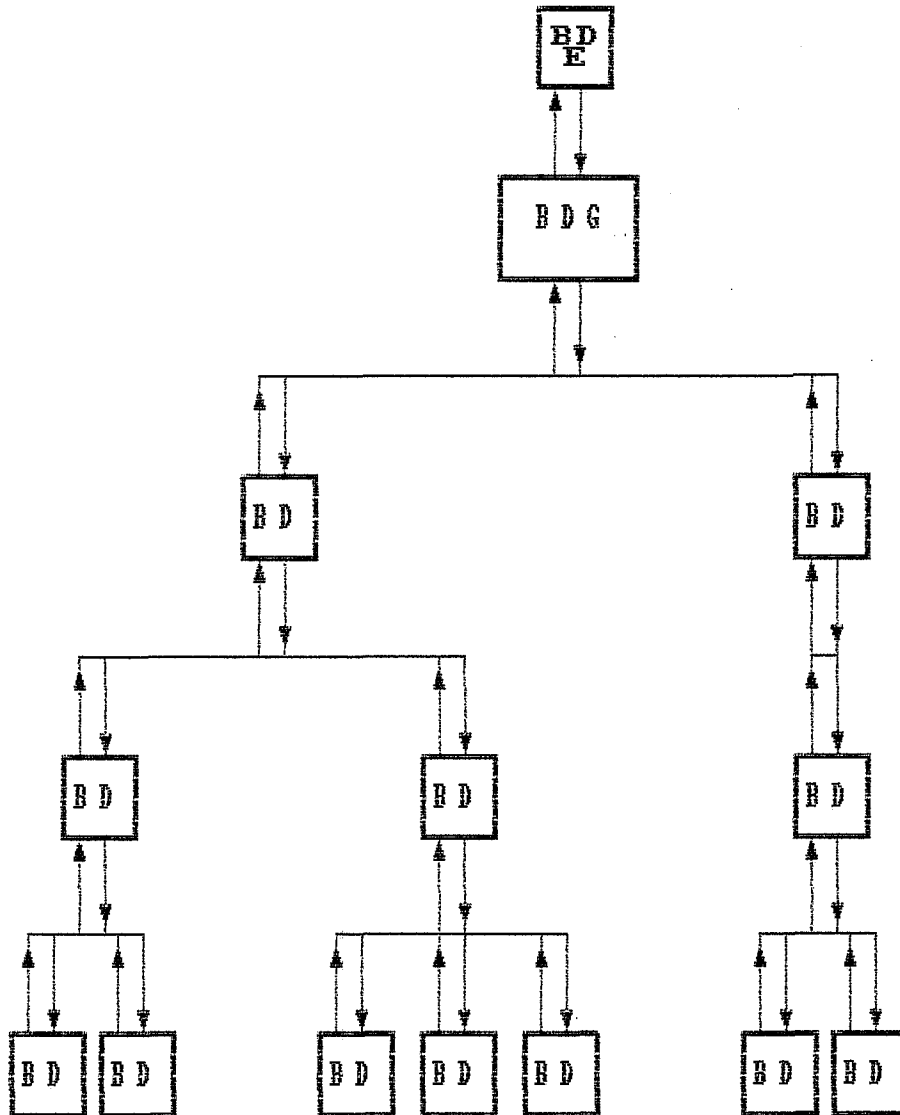


FIGURA UI.19

HIERARQUÍA TOTAL DAS B.D

- pela maior centralização das informações nos bancos de dados
- pelo mais fácil acesso à informação
- por um certo nivelamento das competências das gerências no que diz respeito às novas capacidades e conhecimentos requeridos.

OLIVEIRA (1989) coloca, em relação à automação industrial na Petroquímica, "que a integração vertical seria determinada em parte pela maior centralização dos dados e por um certo nivelamento das competências". Segundo o autor entre os engenheiros e os supervisores, por exemplo, a natureza dos conhecimentos necessários para o andamento ótimo do processo seria bastante próxima. A simbolização das informações, das ações e racionalizações necessárias permite ao supervisor discutir com os engenheiros dentro de uma certa capacidade de abstração. Esta mesma aproximação vertical seria verificada na relação entre supervisores e operadores pela tendência destes de possuir uma visão mais global do processo automatizado.

As representações tradicionais da estrutura organizacional, conhecidas como "organogramas", ou quadros de organização, como aquele da Figura (V.10), referido à Indústria petroquímica, são insuficientes para o entendimento dos processos de controle e portanto para

a concepção e desenho de sistemas de informação com base em instrumentos informáticos. Não explicitam as instâncias de controle, os processos controlados e os fluxos de informação que os ligam.

São também insuficientes porque não refletem a hierarquia orgânica das organizações, onde o controle acompanha biunívocamente aquela hierarquia. As organizações apresentam um modo de funcionamento determinado por uma hierarquia de níveis, onde cada nível corresponde ao agregado dos componentes do nível imediatamente inferior. Este fato não deve ser ignorado quando se projeta um sistema de informação, senão estes aparecem como ilhas que não podem responder aos reais requerimentos das tomadas de decisões na estrutura vertical da organização.

Os "organogramas" correspondem a representações que apenas refletem as relações de autoridade e dependência em termos de comando entre as diferentes funções e sub-funções da organização.

Portanto, para propósitos de conceber, projetar e construir sistemas de informação de apoio às tarefas de regulação, nos diferentes níveis da estrutura organizacional, é conveniente dispor de um quadro projetado nessa perspectiva, isto é, que explicita os fluxos de informação, identificando o processo que gera

os dados e a instância de regulação que os gerência.

VI.5.2.- Os sistemas informáticos.

O modelo é, fundamentalmente um instrumento de apoio às tarefas de desenvolvimento de produtos informáticos, seja a nível de aplicações convencionais, ou, principalmente, a nível de aplicações baseadas em banco de dados com a incorporação de bases de conhecimento.

Aquelas mudanças na representação das organizações, devem permitir, no específico, enfrentar de melhor forma os problemas associados ao desenho e implementação de bancos de dados, bases de conhecimento e também sistemas de informação que não tenham o apoio desses instrumentos informáticos.

Deste modo, então:

i.- En relação ao uso dos bancos de dados.

O projeto de um sistema de banco de dados consiste na arte de decidir quais as estruturas das relações do banco de dados que melhor representam o mundo real, ZISMAN (1990). Para se obter um modelo de banco de dados relacional eficiente, faz-se necessário passar pelo processo de normalização, a decomposição de uma relação em duas ou mais subrelações, através das dependências

funcionais, de tal forma que a junção dessas subrelações produza exatamente a relação original, CASANOVA (1986). Nesta fase do projeto de banco de dados, ter uma conformação que represente de melhor forma a realidade é um ponto de partida e um apoio importante. O modelo apresentado permite identificar as instâncias geradoras de dados e sua relação com as outras instâncias.

Do mesmo modo, o modelo proposto pode permitir apoiar a construção do modelo conceitual que constitui uma etapa fundamental de um projeto de concepção de uma aplicação e serve como base para a definição do projeto lógico e físico do banco de dados. A qualidade de um projeto de banco de dados está íntimamente relacionada a uma boa modelagem conceitual dos dados, que deve refletir os requisitos estruturais e comportamentais da aplicação.

ii.- Em relação à administração de sistemas informáticos.

O modelo proposto facilita por um lado a definição -ou redefinição- das políticas informáticas, sobretudo no uso dos novos paradigmas de desenvolvimento de sistemas de informação, e pelo outro, o planejamento do desenvolvimento desses sistemas de informação.

iii.- Em relação aos sistemas de informação.

O modelo proposto proporciona uma base para

enfrentar a fase de análise de sistemas, no desenvolvimento dos produtos de software sob técnicas estruturadas, ao entregar uma primeira decomposição "top-down" para o sistema a construir.

CAPITULO VII.

OS PROBLEMAS DA IMPLEMENTAÇÃO DO MODELO.

Configurado o modelo e formalizado em termos da conformação hierárquica das organizações, aparece o problema da implementação, e da incorporação efetiva dos instrumentos informáticos a uma estrutura organizacional existente.

Isto traz a discussão o problema de como fazer a incorporação e como superar as barreiras organizacionais.

Ambos aspectos serão abordados adiante.

VII.1.- Duas posições em relação à incorporação de instrumentos informáticos nas organizações.

Pode-se dizer que existem duas abordagens em relação à incorporação dos sistemas informáticos à estrutura vertical da organização. Uma delas pode-se denominar "tática" e a outra "estratégica".

A postura "tática" salienta que a incorporação deve ocorrer naqueles pontos, unidades ou processos de controle onde existe certeza de êxito. Trata-se de aquelas instâncias decisoriais onde existe uma clara determinação de variáveis, como retornos assegurados, por

exemplo.

A postura "estratégica" implica uma concepção integrada da informática -ligada à automação industrial-, fundamentalmente a partir da integração de diferentes parâmetros, tais como desempenho técnico, comercial e administrativo que incorpora aos diversos fluxos de informação e as instâncias de tomada de decisões.

Cada uma destas abordagens apresenta vantagens e desvantagens.

Um dos principais problemas da abordagem "tática" é o problema da compatibilidade posterior. Pode ocorrer -como ocorre- que se instale, numa unidade organizacional, um sistema de princípios de funcionamento diferente aos de outro. Isto pode exigir, por exemplo, para a compatibilização dos sistemas, além dos procedimentos, um software de comunicação onde o computador serviria de tradutor da linguagem dos dois sistemas diferentes. Os investimentos adicionais, neste caso, podem ser significativos.

Este problema aparece, por exemplo, quando se observa o interrelacionamento do sistema digital para controle de processos ao sistema de informação na dimensão vertical da estrutura. Isto requer a integração entre as áreas de automação industrial e a informática.

Mas, para que haja interação dos dados operados é indispensável que a filosofia de ação das áreas seja compatível, como devem ser compatíveis os equipamentos e software utilizados.

No âmbito dos sistemas de informação, é também necessária aquela compatibilização, sobre tudo a nível do software a utilizar.

Uma das principais vantagens da postura "tática" é que permite a obtenção progressiva de experiência.

Um dos problemas da postura "estratégica" é que ela precisa que as duas formas de inovação, ligadas ao problema da incorporação da automação industrial e a informática -tecnológica e organizacional- se complementem, para configurar uma organização mais dinâmica a partir de um modelo global de incorporação.

Outro problema desta última postura é que a integração exige uma mudança cultural nas organizações, as quais são mais lentas que as mudanças físicas. Além disso, não é de se esperar que as mudanças técnicas, por si só, garantam as mudanças organizacionais.

Uma das vantagens da postura "estratégica" é que hoje é possível dispor de instrumentos informáticos com grande capacidade integradora, tais como os bancos de

dados e as bases de conhecimento.

A proposta de configurar um modelo antes de se incorporar os instrumentos informáticos, permite de algum modo conciliar os dois pontos de vista.

O modelo, ao identificar a dimensão global dos requerimentos informáticos, permite estabelecer um plano capaz de especificar uma trajetória de desenvolvimento de sistemas que tenha seu início naqueles nos quais existe certeza de ganho real, para avançar, progressivamente, para aqueles de maior complexidade e integrabilidade. O modelo estrutural, ao explicitar as ligações entre os diferentes sistemas e a integralidade ascendente, permite planejar também o desenvolvimento das interfaces.

Mas, ainda adotando este ponto de vista, subsiste o problema de superar certas barreiras que se contrapõem à incorporação efetiva dos sistemas informáticos.

VII.2.- As barreiras à implementação do modelo.

Uma vez definido o modelo é preciso transformá-lo em realidade na própria estrutura organizacional. Dadas as diferentes dimensões nas quais modelo e realidade existem - o abstrato e o concreto - é necessário superar certas barreiras para alcançar a eficácia que se

requer na sua implementação.

Pode-se distinguir três tipos de barreiras, umas associadas às estruturas organizacionais e outras às atitudes gerenciais. Estas, mesmo que distinguíveis se influenciam mutuamente. É conveniente também de explicitar uma terceira categoria. Trata-se dos aspectos económicos associados à decisão de incorporar instrumentos informáticos numa perspectiva global como a que oferece o modelo proposto.

Entre as principais barreiras identificáveis, a partir das opiniões de diferentes especialistas no assunto neste campo estão:

i.- Ao nível de atitudes gerenciais.

- Tendência das gerências de confiar em exceso na sua experiência e intuição e subestimar a tecnologia.

- Atitude das gerências de manter "tudo sob controle" (nas palavras de um especialista), e evitar descentralizar as decisões.

- Os conservadorismos gerenciais que impede a aceitação plena do modelo e o compromisso de sua implementação.

- Dificuldade de entendimento das organizações como um conjunto de parcelas de poder, para entendê-las como uma

unidade integral de componentes. Aceitar, por exemplo, a integração dos sistemas gerenciais, dada a capacidade que tem os computadores de executar funções lógicas, de armazenamento de uma grande quantidade de dados e de estabelecer comunicações imediatas entre os diversos equipamentos conforme apresenta o modelo proposto.

- Tendência a considerar os níveis hierárquicos e as relações de poder como justificadas, em parte, pela necessidade do trato das informações e de agilizar a tomada de decisões. A lógica predominante é de que quanto maior a empresa e o número de empregados, maior a quantidade e a diversidade de informações bem como a necessidade de maiores níveis hierárquicos.

- Resistência a aceitar que o processo técnico de democratização das informações pode contribuir para o esvaziamento de muitos dos cargos e chefias hoje existentes, na medida em que os dados estariam disponíveis nos terminais e possíveis de serem transformados em informação.

ii.- Barreiras ao nível de estrutura organizacional.

- A separação histórica entre sistema administrativo e produtivo que impede de configurar uma unidade que permita um decorrer de fluxos de informação dinâmicos entre eles. Isto torna-se possível pelas características

do hardware/software, que permite aquele interfaceamento dinâmico de informação. A nível da própria empresa é possível reunir as atividades de projeto, produção e administração, por exemplo. Além do mais, abre-se a possibilidade de maior sinergia com as variáveis do próprio mercado.

- A tendência a centralização na tomada de decisões, impedindo o surgimento de uma estrutura decisional tal que em cada nível se enfrente especificamente os aspectos ligados à interação unidade-meio, e os aspectos internos sejam assumidos pelos níveis inferiores da unidade estruturalmente estabelecidos, para assim conferir ao processo decisional um maior dinamismo.

- Aspectos da cultura organizacional que legitima a "propriedade" de determinadas tarefas para certas unidades. O planejamento organizacional deve estar sob a tutela da unidade de informática. Ela é a unidade que tem a visão e os instrumentos apropriados para desenvolver de melhor forma aquelas atividades.

- As estruturas lineares para conformar estruturas organizacionais interativas para permitir um comando simultâneo das atividades de topo e da base da organização.

- Os padrões organizacionais tradicionais para aceitar aqueles denominados "intensivos em informação". No caso

da automação industrial, por exemplo, fala-se de superar o padrão baseado no uso de energia e materiais, para integrar, ao redor da informação, gerência, produção e comercialização.

iii.- Os aspectos econômico-financeiros da implementação.

Uma outra barreira a superar está no investimento necessário à incorporação dos instrumentos informáticos conforme ao modelo proposto, e portanto o retorno sobre aquele investimento. No caso da tomada de decisões, é praticamente impossível medir tal retorno, um possível cálculo da TIR, por exemplo, deve-se basear necessariamente em estimações muito intuitivas e subjetivas. Isso implica não dispor de argumentos quantitativos para induzir à implementação do modelo.

Estas barreiras devem ser superadas, mas para isso é preciso contar com outros fatores organizacionais que tem incidência direta na implementação do modelo proposto, como ocorre com os fatores associados aos problemas informáticos.

iv.- Os fatores informáticos.

Um desses fatores é a necessidade de contar com um "plano diretor de informática", interligado com as diretrizes de um "plano diretor de automação", que é

detalhado para a área industrial.

Este plano deve contemplar tanto as políticas informáticas como o planejamento do desenvolvimento de sistemas.

Deve também contemplar um plano de treinamento para as gerências, visando ter um conhecimento atualizado do uso e das potencialidades do software hoje disponível.

Existe uma situação propícia que é conveniente aproveitar. Trata-se da experiência na implementação da automação industrial. Mais ainda, se esta já incorpora alguns aspectos significativos para sua própria consolidação: mudanças na estrutura organizacional e existência de plano de automação com projeção para a informática.

Existem também determinadas variáveis externas que pressionam no sentido da incorporação dos instrumentos informáticos. Entre estas variáveis destacam-se o comportamento das empresas, o comportamento do mercado e o nível de difusão das novas tecnologias.

No nível especificamente informático existem também algumas barreiras que é preciso enfrentar. Entre as mais relevantes estão:

- A ausência de uma experiência previa no uso de sistemas

de informação automatizados do tipo "decision support systems", e banco de dados relacionais, entre outros, para alcançar outras perspectivas como, por exemplo, a utilização de programação em lógica que é especialmente atraente para problemas que envolvem bases de conhecimento. A linguagem Prolog, que no momento é a mais divulgada dentro da programação em lógica, por exemplo, é compatível com o modelo relacional de bancos de dados.

- a ausência do tratamento "ortodoxo" para o problema informático. Para superá-las é necessário:

- que exista uma política informática.

- que exista um planejamento do desenvolvimento de sistemas de informação.

- que exista uma metodologia de desenvolvimento de sistemas de acordo com as novas tendências da engenharia de software.

- O Hard/software que permita configurar redes com nós apoiados em bancos de dados e bases de conhecimento.

- A necessidade de que os sistemas se comportem de maneira cooperativa, em relação às instâncias de regulação, isto é, em relação aos "usuários".

CAPITULO VIII.

CONCLUSÕES.

O modelo apresentado corresponde a uma conformação estrutural que permite ter uma visão do papel dos instrumentos informáticos associados aos processos de controle na estrutura vertical da indústria de processo contínuo.

Foi eleita a indústria de processo contínuo devido a esta ter toda uma trajetória no que se refere à automação industrial, até alcançar hoje aos SDCD. Além disso porque a tecnologia dos sistemas para controle de processos nessas indústrias evoluiu na direção da tecnologia de otimização e controle avançado e a informática, mas sem apresentar aplicações significativas desta na sua dimensão vertical.

O estudo, depois de um análise dos processos de automação industrial na Petroquímica, explicita um conjunto de noções conceituais relativas ao "controle", e sua utilização na Micro-eletrônica e na Informática. Continúa com a explicitação de um modelo global de controle baseado no uso de instrumentos informáticos. Salienta também as principais barreiras para a sua implementação.

Neste contexto, uma das observações a ser destacada é aquela que indica que os elementos do processo de controle - processo a controlar, sistema de informação de controle e regulador - são os mesmos quaisquer que seja o nível hierárquico observado. Isto é automação industrial, a nível de processos industriais e a informática, a nível de atividades gerenciais.

Pode-se ressaltar também que o controle é um fenômeno organizacional que tem manifestações estruturais explícitas consequentes com o caráter hierárquico e recursivo das estruturas organizacionais, e que se caracteriza por não ser um fenômeno isolado, é parte de uma rede hierárquica que cobre toda a estrutura organizacional.

Além disso, o controle, que se operacionaliza através de duas instâncias, "controle" e "regulação", que mantém uma relação hierárquica, tem a capacidade potencial de determinar a tarefa "reguladora" e, portanto, as atividades do processo a controlar.

Quando se incorporam instrumentos informáticos - sistemas de informação, bancos de dados, sistemas especialistas, bases de conhecimento - aos processos de controle, estes ficam associados às instâncias de "regulação" e "controle" e assumem também o caráter de uma rede hierárquica que se projeta verticalmente na estrutura organizacional.

Na base da organização os instrumentos micro-eletrônicos ligados à automação industrial têm uma participação primordial no processo de controle. Enquanto na verticalidade são os instrumentos informáticos os que desempenham esse papel protagônico. Portanto é possível conformar uma rede hierárquica de controle baseada na ligação dos instrumentos da automação industrial e os instrumentos informáticos capazes de cobrir toda a estrutura organizacional.

O controle, quando se projeta hierárquicamente na estrutura organizacional, pode facilitar as tendências das gerências à aplicação de práticas centralizadoras. Pode-se destacar também que quando intervêm instrumentos informáticos, aquelas tendências poderiam aparecer mais incentivadas. Mas a disposição de informação na estrutura hierárquica dos bancos de dados pode facilitar a descentralização da tomada de decisões, e uma relação superior-subordinado mais participativa ao permitir romper as estruturas de poder baseadas em um domínio fechado de informação por parte das gerências.

Na indústria de processo contínuo -a Petroquímica por exemplo- o operador de painel está em alto grau determinado, já que ele recebe os parâmetros a partir dos quais deve realizar sua atividade de "regulação". Isto é, "ativa" e "ajusta" a partir de valores pre-estabelecidos e de experiências adquiridas ao longo de seu percurso enquanto trabalhador e membro de um

coletivo de trabalho.

Sem embargo, cabe ressaltar que o modelo apresentado não implica necessariamente autonomia ou determinação, já que pode ou não existir autonomia na medida em que o processo a controlar tenha a possibilidade de estabelecer autônomoamente os sub-objetivos para cada uma das sub-funções e "regular" seu cumprimento, além de atuar sobre a organização do trabalho, isto é, planejar organizar e controlar.

Inclusive pode permitir graus maiores de desalienação na medida em que o processo tem a possibilidade de organizar seu coletivo de trabalho, fixar seus objetivos e regular seu logro.

A validade do modelo está dada quando o controle é concebido hierárquicamente, segundo uma estrutura onde a informação é a determinante fundamental da interligação "controle-controlado".

Trata-se de um instrumento que pode permitir aos analistas de sistemas informáticos e aos técnicos em administração, que estabelecem a estrutura do sistema de controle na organização, terem uma visão de conjunto do problema de controle, dos requerimentos de informação e das ferramentas informáticas necessárias. É, portanto, um guia que ajuda a estabelecer um planejamento dos

sistemas de informação a desenvolver, e a definir o carácter das ferramentas informáticas a utilizar.

Vale salientar que o modelo apresentado pode ser também um guia para enfrentar o desenvolvimento dos produtos de software, na medida que especifica em cada ponto da estrutura as funções e as interligações do software requerido.

Mas não considera os problemas de implementação. Não considera, por exemplo, as barreiras a superar apontadas no Capítulo VII. É conveniente destacar isto porque o estabelecimento dos sistemas informáticos não garante por si só o êxito dos sistemas, já que se as barreiras não são superadas, sua eficácia é mínima.

Tão pouco tem que ver com os problemas ligados aos estilos de gerenciamento, tarefa que se desenvolve a partir da informação entregue pelos sistemas de informação. Obviamente, não é possível pensar que a mesma informação seja tratada da mesma forma, no ato decisório, por duas pessoas com concepções organizacionais e sociais diferentes, ainda que esta diferença só seja no formal. Além disso, o carácter da tomada de decisões dependerá das características da organização. Numa organização democrática poderá haver participação nas decisões, ao contrario do que poderia acontecer nas organizações autoritárias. Não obstante a implementação do modelo

poderia propiciar a participação, ao "democratizar" a informação armazenada nos bancos de dados.

A proposta não aborda a discussão acerca das formas de organização do trabalho, portanto não considera o impacto das novas tecnologias nessas formas de organização, nem as consequências que estas tem para o trabalhador.

Além das considerações anteriores, a proposta não pretende ser uma síntese teórica, já que se está trabalhando em uma base experimental limitada e em uma realidade particular. O mais relevante é um aporte complementar às metodologias de análise e projeto dos sistemas informáticos, no sentido que é apropriado primeiro fazer um análise da organização, no qual deveram permanecer operacionalmente os sistemas.

Aquilo é assim, porque dado que o que se enfrenta, o problema da informação e controle, se manifesta em um todo complexo -a organização- é necessária a decomposição de suas partes integrantes, para depois estudar cada parte por separado com o propósito de emprender, sua síntese e descobrir as leis que vinculam as partes do todo. Neste caso particular o fator determinante, a través do qual opera a decomposição é o controle enquanto instância organizacional, entendido este numa dimensão hierárquica.

A proposta não tem pretensões generalizadoras. Nem sempre é possível generalizar um modelo obtido de uma situação particular, pois cada uma delas tem elementos e relações que lhe conferem uma especificidade que normalmente não é possível encontrar em outras realidades.

Aquilo só é possível quando é constatável que os mesmos elementos e as mesmas relações definem as diferentes situações. Por isso não pode-se pensar num transplante mecânico do modelo a diferentes situações. É preciso, primeiro, estabelecer se há coincidência estrutural para que seja possível.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

MONTERO, C. (1988a), "Cambio tecnológico, empleo y trabajo". Borrador de discusión. PREALC.

CORIAT, B. (1988), "Automação programável: Novas formas e conceitos de organização da produção", mimeo, CEDEPLAR/UFMG. Belo Horizonte, Brasil.

BID, (1988), "Progreso económico y social en América latina". Informe 1986. Tema especial: Ciencia y tecnología. Washington DC, USA.

NO, J. y ANGULO, J. M. (1987), "Control de procesos industriales por computador", Ed. Paraninfo, Madrid.

ABRAMO, L. (1988), "El cambio tecnológico en algunos países de la región: Brasil". PREALC.

PELIANO, J. C. et alii (1987), "Automação e trabalho na indústria automobilística", Ed. UnB, MIC/CDI/OIT/PNUD/IPLAN, Brasil.

TOLEDO et alii (1987), "Automação e trabalho em indústrias de processo contínuo", Revista Brasileira de Tecnologia, vol. 18 (1) Brasilia, Brasil.

CORIAT, B. e DE TERSSAC, G. (1984), "Micro-electronique et travail ouvrier dans les industries de process",

Sociologie du travail, Nro 4, Paris, Francia.

ONUDI/CEPAL (1987), "División conjunta de Industria y tecnología", Informe Nro 3 y 4. Naciones Unidas.

MONTERO, C. (1988b), "Las nuevas tecnologías", artículo Revista Argumentos, Ciudad de Mexico, Mexico.

CORIAT, B. (1979), "A automação e a noção de processo de trabalho do tipo "process", mimeo, CEDEPLAR/UFMG, Belo Horizonte, Brasil.

BEER, S. (1982), "The Brain of the firm", John Willey and sons Ed., New York, USA.

MASER, S. (1975), "Fundamentos de teoria geral da comunicação", Ed. da Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.

NACIT/ISP/UFBA. (1988), "Levantamento das demandas regionais por CGI-Industria Quimica. Relatório de pesquisa, mimeo, Francisco Teixeira (coord.), Eduardo Rappel, André Lemos, Telma Borges, Helena Crivellari, Ivone Djmal, Salvador, Brasil.

TEIXERA, F.L.C. (1985), "The political economy of technological learning in the Brazilian Petrochemical industry", Tese doutorado, University of Sussex, Sussex.

CATTANI, A. et alii. (1989) "Inovação Tecnológica, subjetividade operária e ação sindical na Indústria Petroquímica Brasileira", (proposta de estudo das relações de determinação entre três esferas explicativas da ação coletiva no âmbito fabril). Documento de apresentação ao concurso FORD/AMPOCS, Brasil.

HAGUENAUER, L. (1986), "O complexo químico brasileiro, organização e dinâmica interna". Textos para discussão, Nro 86, IEI/UFERJ, Rio de Janeiro, Brasil.

CARVALHO, R. Q. et alii. (1988), "Micro-eletrônica, capacitação tecnológica, competitividade e trabalho na indústria petroquímica brasileira", Junho de 1988, mimeo, NECT/UNICAMP, Campinas, Brasil.

SUAREZ, M. A. (1986), "Petroquímica e tecnoburocracia. Capítulos do desenvolvimento capitalista no Brasil". Ed. Hucitec, São Paulo, Brasil.

SEI (1981), Secretaria especial de informática, SEI, "Relatórios da comissão especial de controle de processos", Brasília, Brasil.

GUERRA FERREIRA, C. (1984), "Processo de trabalho, tecnologia e qualificação. Notas para discussão". Textos para discussão Nro 16. CEDEPLAR/FACE/UFMG, Belo Horizonte, Brasil.

IF (1984), "Abordagem prática do controle distribuído".
IE, Março/Abril de 1984, Brasil.

CASTILLO, M.A. e LAGUES J. (1985), "Aspectos do controle distribuído de processos", Revista C e L, Abril de 1985, Brasil.

OLIVEIRA, J. A., (1990), "O plano integrado entre Automação e Informatização: O caso COPENE, COPPE-PRODUÇÃO", mimeo, Rio de Janeiro, Brasil.

OMINAMI, C. (1986), "La tercera revolución industrial", Grupo editor Latinoamericano, Buenos Aires, Argentina.

PEREZ, C., (1984), "Microelectrónica, ondas largas y cambio estructural mundial - nuevas perspectivas para los países en desarrollo". Science Policy Research Unit, Universidad de Sussex, Sussex, Julio, 1984.

BERNSTEIN, P. A., (1987) "Concurrency control and recovery in database systems", Addison-Wesley Co., New York. USA.

MATURANA, H., (1986), "El árbol del conocimiento", Ed. Universitaria, Santiago, Chile.

ZISMAN, A., (1990), "Uma ferramenta de apoio a projeto lógico em banco de dados", UFPE, Pernambuco, Brasil.

CASANOVA, F., (1986), "Programação em lógica e a linguagem Prolog", UFMG, Minas Gerais, Brasil.

ASHBY, W. R., (1972), "Introducción a la cibernética", Ed. Nueva visión, Buenos Aires. Argentina.