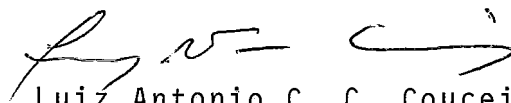


ANÁLISE E AVALIAÇÃO DAS OPÇÕES DE CENTRALIZAÇÃO E
DESCENTRALIZAÇÃO EM PROCESSAMENTO DE DADOS

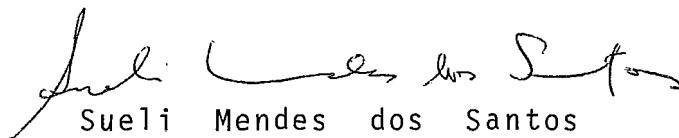
Pedro Manoel da Silveira

TESE SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DA COORDENAÇÃO DOS PROGRAMAS
DE PÓS-GRADUAÇÃO DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO
DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA OBTENÇÃO
DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS (M.Sc.).

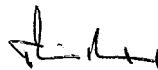
Aprovado por:



Luiz Antonio C. C. Couceiro
(presidente)



Sueli Mendes dos Santos



Paulo Mário Bianchi França

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

AGOSTO DE 1981

SILVEIRA, PEDRO MANOEL DA

Análise e Avaliação das Opções de Centralização e Descentralização em Processamento de Dados (Rio de Janeiro) 1981.

XII , 220 p. 29,7 cm (COPPE-UFRJ, M.Sc., Engenharia de Sistemas, 1981).

Tese - Universidade Federal do Rio de Janeiro - Faculdade de Engenharia.

1. Sistemas Distribuídos. 2. Sistemas Centralizados. I. COPPE/UFRJ. II. Título (série).

A Inês, Breno e Marina.

AGRADECIMENTOS

a Luiz Antonio Carneiro da Cunha Couceiro, pela orientação, a
poio e incentivo;

ã Diretoria do NCE/UFRJ, pelo tempo disponível;

aos colegas do NCE/UFRJ, pelas valiosas sugestões e críticas;

aos membros da banca, que muito me honraram com sua participaa
ção;

aos professores do Programa de Sistemas da COPPE/UFRJ;

a Eliana Arndt Machado da Silva, pelo trabalho de datilografia;

a todos aqueles que, de maneira direta ou indireta, colabora
ram para a realização deste trabalho.

RESUMO

Este trabalho apresenta vários aspectos da escolha entre centralização e descentralização como opções em processamento de dados. É feita uma revisão da evolução dos computadores e de sua aplicação assim como das tecnologias de interconexão para formação de redes. Métodos de caracterizar sistemas descentralizados e aspectos da discussão centralização versus descentralização são também apresentados. Consta ainda deste trabalho, como estudo de caso, a análise para implementação de processamento distribuído no Hospital Universitário da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

ABSTRACT

This work concerns several features of the choice between centralization and decentralization as options for data processing. A review of the evolution of computers and its application and the technologies of interconnection for building network are presented. Methods of characterizing decentralized systems and aspects of the discussion centralization versus decentralization are also related. In addition this work contains, as a case study, an analysis for the implementation of distributed processing in the University Hospital at Federal University of Rio de Janeiro.

I N D I C E

	<u>Pág</u>
I - INTRODUÇÃO	1
II - EVOLUÇÃO DOS COMPUTADORES	4
2.1. DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO E INDUSTRIAL	4
2.1.1. O Período Anterior à Década de 1940	4
2.1.2. A Década de 1940	8
2.1.2.1. Os projetos Universitários e/ou Governamentais	9
2.1.3. Computadores da Primeira Geração	13
2.1.3.1. Desenvolvimento da Indústria nos E.U.A.	13
2.1.3.2. Desenvolvimento de Software - Linguagens de Programação e Sis temas Operacionais	20
2.1.3.2.1. O período anterior a 1956	21
2.1.3.2.2. O período final da pri meira geração	23
2.1.4. Computadores da Segunda Geração	25
2.1.4.1. Desenvolvimento Industrial	25
2.1.4.2. Sistemas de Grande Porte	31
2.1.4.3. Desenvolvimento de Software - Lin guagens de Programação e Sistemas Operacionais	33
2.1.5. Computadores da Terceira e Quarta Gerações .	35
2.1.5.1. Desenvolvimento Industrial	35

	<u>Pág</u>
2.1.5.2. Desenvolvimento de Software - Lin guagens de Programação e Sistemas Operacionais	42
2.1.6. Comparação de Preços	43
2.1.7. Conclusões	46
2.2. EVOLUÇÃO DA APLICAÇÃO DE COMPUTADORES	47
III - INTERCONEXÃO DE COMPUTADORES	52
3.1. TECNOLOGIAS DE INTERCONEXÃO	52
3.1.1. Introdução	52
3.1.2. Memória Compartilhada e Via Compartilhada . .	52
3.1.2.1. Via Compartilhada	53
3.1.2.2. Crossbar - Memória Compartilhada . .	55
3.1.2.3. Memória Multiport Compartilhada . .	56
3.1.2.4. Comparação dos Arranjos de Memória e Via Compartilhada	59
3.1.3. Ligação em Anel	60
3.1.3.1. Anéis do tipo Newhall	63
3.1.3.2. Anéis do tipo PIERCE	65
3.1.3.3. Anéis do tipo Delay - Insertion . .	66
3.1.3.4. Análise da Performance	69
3.1.3.5. Confiabilidade	70
3.1.4. Ligação em Estrela	75
3.1.5. Ligação Hierárquica ou em Árvore	78
3.1.5.1. Confiabilidade	81
3.1.5.2. Comunicação entre os Componentes . .	82
3.1.6. Ligação ponto-a-ponto ou completamente conec tada	83

	<u>Pág</u>
3.1.7. Rede Local do Campus da UFRJ	87
3.1.7.1. Descrição do Equipamento	88
3.1.7.2. Software de Apoio	92
3.2. INTERCOMUNICAÇÃO DE MENSAGENS	93
3.2.1. Introdução	93
3.2.2. Redes quanto à Utilização	94
3.2.2.1. Redes de Recursos Compartilhada . .	94
3.2.2.2. Redes de Processamento Distribuído.	95
3.2.2.3. Redes de Comunicações Remotas . . .	95
3.2.3. Estações de Trabalho	96
3.2.4. Níveis de Protocolos	96
3.2.4.1. Nível 1	98
3.2.4.2. Nível 2	99
3.2.4.3. Nível 3	99
3.2.4.4. Nível 4	100
3.2.5. Atribuições dos Protocolos	102
3.2.6. Conclusões	106
IV - MINI/MICRO-COMPUTADORES	107
4.1. HISTÓRICO	107
4.2. TECNOLOGIAS DE SEMI-CONDUTORES	110
4.3. MEMÓRIAS DE SEMI-CONDUTORES	114
4.4. CARACTERÍSTICAS	116
4.5. APLICAÇÕES	120

	<u>Pág</u>
4.5.1. Aquisição de Dados	120
4.5.2. Controle de Processos	121
4.5.3. Aplicações Interativas	121
4.5.4. Estação de Controle	122
V - OPÇÕES DE PROCESSAMENTO	123
5.1. CENTRALIZAÇÃO, DESCENTRALIZAÇÃO e DISTRIBUIÇÃO . .	123
5.1.1. Introdução	123
5.1.2. Processamento Centralizado	123
5.1.3. Processamento Descentralizado e Distribuído.	125
5.2. CARACTERIZAÇÃO DE SISTEMAS DESCENTRALIZADOS. . .	128
5.2.1. Estrutura	128
5.2.1.1. Método dos Três Níveis	128
5.2.1.1.1. Nível 1: Processamento Local de Dados de En- trada	128
5.2.1.1.2. Nível 2: Processamento Local de Dados de En- trada, Transações e Re- latórios Simples . . .	131
5.2.1.1.3. Nível 3: Rede de Proces- samento Distribuído . .	133
5.2.1.2. Método da Divisão da Aplicação . .	134
5.2.1.2.1. Caracterização da Apli- cação	134
5.2.1.2.2. Aplicação Centralizada em "batch"	136

	<u>Pág</u>
5.2.1.2.3. Aplicação Centralizada Multi-Usuário	136
5.2.1.2.4. Aplicação Parcialmente Descentralizada Multi- Usuário	137
5.2.1.2.5. Aplicação Distribuída . .	138
5.2.1.2.5.1. Distribuição Hie rárquica ou Ver tical	138
5.2.1.2.5.2. Distribuição Ho- rizontal	138
5.2.1.2.6. Aplicações em Ambientes de Compartilhamento de Recursos	139
5.2.1.3. Localização dos Dados	141
5.2.1.3.1. Dados Particionados . . .	141
5.2.1.3.1.1. Particionamento por Valor	141
5.2.1.3.1.2. Particionamento por Estrutura	142
5.2.1.3.2. Dados Reproduzidos . . .	142
5.3. FATORES DE INFLUÊNCIA PARA ESTRUTURAS DESCENTRALI- ZADAS	145
5.3.1. Autonomia Local de Processamento	145
5.3.2. Processamento Interativo ou em Batch	146
5.3.3. Nível de Atendimento Local	147
5.3.4. Equipamento	148

	<u>pág</u>
5.3.4.1. Equipamentos de Comunicação	148
5.3.4.1.1. Redes Locais Dedicadas. .	149
5.3.4.1.2. Redes Remotas de Canais não Dedicados	149
5.3.4.1.3. Outros Métodos de Comu- nicação de Dados	149
5.3.4.2. Equipamentos de Processamento de Dados	150
5.3.5. Localização e Atualidade do Dados	152
5.3.5.1. Facilidades de Comunicação	152
5.3.5.2. Grau de Atualidade das Informações .	153
5.3.5.3. Volume de Dados	154
5.3.6. Localização de Diretórios.	154
5.4. CENTRALIZAÇÃO VERSUS DESCENTRALIZAÇÃO	157
5.4.1. Apresentação dos Argumentos	157
VI - PROCESSAMENTO DISTRIBUÍDO NO HOSPITAL UNIVERSITÁRIO DA U.F.R.J.	182
6.1. Introdução	182
6.2. Aplicações	182
6.3. Dimensionamento das Aplicações	183
6.4. Análise das Alternativas de Processamento	200
6.5. Metodologia para a Análise da Instalação de Proces- samento Distribuído no H.U.	202
6.6. Análise de Alternativas	204
6.7. Estrutura do Sistema Distribuído do H.U.	210
VII - CONCLUSÕES	214
REFERÊNCIAS	216

CAPÍTULO I

I N T R O D U Ç Ã O

A discussão sobre as vantagens e desvantagens de opções centralizadas e descentralizadas em processamento de dados é, no mínimo, extensa, senão complexa. Há uma infinidade de opiniões, relacionando argumentos de ordem mensurável e subjetiva.

A lei de Grosch, que relaciona a capacidade de processamento (computing power) de um computador com o seu custo, estabelece que²:

$$P = K.C^g, \text{ onde}$$

P = Capacidade de processamento

K = Constante

C = Custo.

Na época de sua formulação, em 1953, Herb Grosch determinou $g = 2$. Naturalmente, o valor de g depende, entre outras coisas, da tecnologia utilizada. Se $g \leq 1$, tem-se que uma alternativa para sistemas de grande porte é o uso de múltiplos equipamentos de menor capacidade de processamento. Outros autores sugerem valores diversos para g , como por exemplo, $g = 1/2$.

Embora este seja um argumento relevante na discussão dessas alternativas em processamento de dados, há muitos ou-

tros. O objetivo deste trabalho é tentar examinar esta ques
tão como um todo, apresentando o estágio tecnológico atual de
diversos itens relacionados à mesma e procurando apontar pon
tos controversos. Para tanto, são apresentados seis capítulos
além desta introdução.

No Capítulo 2, é feita uma exposição que abrange o
desenvolvimento tecnológico dos computadores, desde seus pri
meiros modelos até o presente, buscando-se a caracterização da
sua evolução e procurando fornecer maiores subsídios para a
compreensão dos fatores desta ordem, que levaram à questão atual.

No Capítulo 3, é feita uma revisão dos itens referen
tes à formação de redes de computadores, que são elementos deci
sivos em processos de descentralização.

O Capítulo 4 é dedicado à uma compilação de tecnolo
gias e características de mini e micro computadores, uma vez que
supõe-se a participação efetiva destes equipamentos nas opções
descentralizadas.

O Capítulo 5 apresenta a caracterização de concei
tos como centralização, descentralização e distribuição; formas
de classificação de sistemas descentralizados; e aspectos da
discussão entre vantagens e desvantagens entre opções centra
lizadas e descentralizadas.

No Capítulo 6, é analisado o caso do Hospital Univer
sitário da UFRJ, onde se pretende estudar a viabilidade e a for

ma da implantação do processamento distribuído para as aplicações administrativas e de suporte à Área Médica.

O Capítulo 7 apresenta as conclusões deste trabalho e sugestões de itens para pesquisas adicionais neste assunto.

CAPÍTULO II

EVOLUÇÃO DOS COMPUTADORES

2.1 - DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO E INDUSTRIAL

2.1.1 - O período anterior à década de 1940

Em 1880, conforme determinava a constituição dos EUA, foi realizado o 11º Censo naquele país. Quase oito anos depois ainda havia dados a interpretar. Este fato alarmou os responsáveis pelo Census Office pois, com a taxa de aumento da população verificada nos últimos anos de então, previa-se que os dados do Censo de 1890 tornar-se-iam obsoletos antes mesmo de sua total apuração. Foi, então, estabelecida uma concorrência por aquele órgão visando selecionar um método eficiente de realizar seus trabalhos administrativos.

Herman Hollerith¹⁶ venceu o concurso com seu sistema Tabulador Elétrico (Electric Tabulating System), o qual podia efetuar as tarefas em menos da metade do tempo de seus competidores. Estes entraram na disputa com propostas baseadas apenas na metodização de procedimentos sem, contudo, introduzir um instrumento que substituisse o homem no trabalho de seleção e contagem como fez Hollerith.

Os procedimentos efetuados pelo equipamento apresentado eram bastante simples vistos dos nossos dias: basicamente, havia um processo de perfuração de cartões com os dados oriun

dos das planilhas (cerca de 13.000.000) dos rescenseadores (em número de 46.804) e a leitura destes cartões nos tabuladores que, por meio de circuitos elétricos especialmente projetados, analisavam e acumulavam os resultados das respostas aos itens rescenseados em mostradores dispostos nos painéis das máquinas. Ao fim de um turno de trabalho, os valores apresentados por estes mostradores eram anotados e os mesmos zerados, para que no va partida de cartões fosse processada.

Este método mostrou-se plenamente satisfatório para os padrões da época e, imediatamente, Canadá, Áustria e Rússia realizaram seus próprios censos utilizando o invento de Hollerith .

Evidentemente, esta não foi a primeira vez em que e quipamentos eletro/mecânicos substituíram o trabalho humano. En tretanto, é em geral reconhecido como o "marco zero" da evolu ção do processamento de dados no seu aspecto de apoio a proces sos administrativos.

No início deste século, grandes empresas particula res e agências do governo de vários países usavam as máquinas de Hollerith na resolução de seus próprios problemas de ma nipulação de dados. Para acomodar mais informações, Hollerith aumentou seus cartões passando a usar como padrão as dimensões da nota de um dólar então em voga, o que permaneceu inalterado até hoje. No final da década de 1920, novas modificações fo-

ram introduzidas na disposição das perfurações.

Nesta época, Hollerith atualizou seu equipamento Tabulador, acrescentando-lhe mecanismos elétricos de soma. Isto tornou-o viável para uso em controle de linhas férreas (para estatística sobre movimentação de passageiros), companhias seguradoras e outras aplicações. Já havia disponíveis no mercado as primeiras máquinas de ordenar cartões, cujo desenvolvimento foi iniciado no começo do século. Também neste período, foram construídas por James Power máquinas classificadoras (ordenadoras), um modelo de Tabulador com impressão dos resultados e uma perfuradora elétrica de cartões.

Em 1938, foram publicados resultados de testes psicológicos efetuados em alunos de escolas secundárias na Pennsylvania, com dados operador com auxílio de máquinas sensíveis a cartões marcados a grafite desenvolvidas pela IBM a partir de 1935.

Quando realizava sua campanha eleitoral, em 1932, Roosevelt prometia um grande programa social para os E.U.A. Eleito, o Social Security Act foi assinado em 1935, estendendo-se a todo país. Isto criava grande demanda de trabalho e, para tanto, foi estabelecida uma verdadeira linha de produção em Baltimore, onde funcionaram 415 perfuradoras para perfurar, ordenar, verificar e arquivar perto de 500.000 cartões por dia. Para esta tarefa, foi desenvolvido pela IBM equipamen-

to especial, denominado IBM Collator (IBM077). O sucesso deste empreendimento estimulou o próprio governo e grandes empresas a criar programas de alcance nacional.

O que se viu neste período foi um desenvolvimento baseado em iniciativas pessoais de grandes inventores e esforços isolados para a solução de problemas específicos. Os equipamentos baseavam-se em tecnologias de natureza mecânica principalmente, o que não permitia avanços significativos em suas performances.

Por outro lado, ficava evidente que o uso destes equipamentos tornava-se cada vez mais necessário e até mesmo imprescindível para grandes projetos, onde buscava-se economia de escala. Centralizavam-se tarefas para aproveitar o potencial das máquinas, uma vez que elas somente se justificavam onde houvesse grande acúmulo de trabalho.

Com a crescente complexidade dos equipamentos e projetos não havia mais lugar para inventos isolados como foram os de Hollerith no final do século passado. Os próximos passos seriam dados por meio de grandes projetos, com altos custos de pesquisa teórica e material. Mesmo assim, sentiam os cientistas e empresários que o campo era promissor e havia muito a fazer.

Todo o esforço de pesquisa, juntamente com os notáveis avanços da eletrônica nas décadas de 20 e 30, viabilizaram os projetos surgidos na década de 40, descritos a seguir. É evidente que isso se realizou graças a confiança que os equipamentos de processamento de dados inspiravam nos grandes empresários, militares e altos burocratas de então, o que permitiu que fossem investidos tempo e dinheiro na construção dos primeiros protótipos de computadores, principalmente nos EUA.

2.1.2 - A década de 1940

No período de 1938 a 1951, o desenvolvimento dos equipamentos de processamento de dados esteve praticamente restrito a construção de protótipos em laboratórios governamentais e universitários, tanto na Inglaterra como nos Estados Unidos. Isto, todavia, não tolheu este desenvolvimento; pelo contrário, houve grande impulso na consolidação da aplicação de princípios teóricos e, principalmente, na sedimentação de tecnologias de construção.

Por volta de 1938, foi iniciada pela IBM a execução de um projeto de Howard Aiken da Universidade de Harvard, EUA que seria denominado de ASCC (Automatic Sequence Controlled Calculator), apelidado de MARK 1. Concluído em 1944, este equipamento tornou-se a primeira calculadora digital, automática de uso geral. Em fevereiro daquele ano, a MARK 1 foi liberada pa

ra uso em Harvard, atraindo aplicações as mais variadas, principalmente militares.

A partir daí começaram a surgir os primeiros protótipos de computadores, já com as organizações básicas dos produzidos atualmente. Para uma melhor apresentação do material disponível, a ordem estritamente cronológica dos fatos será evitada, dividindo-se os equipamentos produzidos em dois grupos:

a) os projetos protótipos, apresentados separadamente neste contexto;

b) os projetos industriais, apresentados na próxima seção, pois surgiram posteriormente, embora sejam frutos da experiência e conhecimentos adquiridos ao longo da década de 1940, principalmente.

2.1.2.1 - Os projetos universitários e/ou governamentais

ENIAC

O primeiro computador eletrônico de larga escala foi o denominado "Electronic Numerical Integrator and Calculator", construído sob liderança dos professores J. Presper Eckert e John W. Mauchly na Universidade da Pennsylvania para o Ballistic Research Laboratories do Exército Americano. A necessidade de calcular trajetórias balísticas fez com que os responsáveis por este órgão fossem receptivos à proposta, feita em 1943, de construção de equipamento constituindo-se num computa

dor totalmente eletrônico, à base de tubos a vácuo (válvulas) conhecidos então já há alguns anos. Como era constituído por aproximadamente 18.000 válvulas, com seu funcionamento dependendo do funcionamento simultâneo de quase todas elas, sem falhas, havia más previsões quanto à robustez do equipamento. Apesar disso, o ENIAC teve razoável sucesso. Tendo sido concluído em 1946 e usado por 10 anos em Aberdeen, foi desligado pela última vez em 2 de outubro de 1955.

No seu projeto original, entretanto, o ENIAC não era um computador que trabalhasse com a idéia de programa armazenado. O ENIAC era programado por fiação e era bastante tediosa esta tarefa pois, para cada aplicação, era necessário refazer todo o trabalho. Após um ano e meio de uso foi desenvolvido, sob supervisão de Von Neumann, um esquema de fiação que permitia ao ENIAC interpretar outros programas, funcionando assim como um computador de programa armazenado. Esta invenção, publicada em 1945 por John Von Neumann, surgiu com a construção do ENIAC em andamento e foi incorporada ao projeto do EDVAC (Electronic Discrete Variable Computer).

EDVAC, EDSAC

Os computadores de propósito geral, com programa armazenado, requeriam grande quantidade de memória, mais do que era econômico prover usando flip-flops de válvulas como elementos de armazenamento. Uma alternativa usada então era baseada

na velocidade de propagação de sinais no mercúrio (delay line). Embora longe de ser a ideal para a construção de memórias, era de uso prático e foi usada em alguns sistemas.

O primeiro desses computadores, o EDVAC, foi iniciado na MOORE SCHOOL (Univ. Pennsylvania) em 1946, mas o primeiro a ser concluído foi o EDSAC (Electronic Delay Storage Automatic Calculator) na Un. de Cambridge, Inglaterra, iniciado em 1947 e concluído em 1949.

Outros Protótipos

Nos Estados Unidos e Inglaterra seguiram-se imediatamente outros protótipos, projetados e desenvolvidos pelas Universidades. No Institute for Advanced Study, em Princeton, o IAS foi iniciado em 1946 por Von Neumann e outros. Os relatórios então publicados, referentes a este projeto, tornaram-se os mais importantes documentos da nascente indústria de computadores eletrônicos. O IAS usava memória eletrostática de acesso direto e aritmética binária paralela. Isto era muito mais rápido que os sistemas "delay line", que usavam memórias sequenciais e aritmética serial. O projeto foi concluído em 1952 e outros sistemas, usando tecnologia semelhante foram iniciados, incluindo o ILLIAC, da Universidade de Illinois, o JOHNIAC da Rand, o MANIAC de Los Alamos e o WEIZAC, no Weizman Institute, Israel.

O Whirlwind I, cuja construção começou em 1947, no Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT), foi provavelmente o primeiro computador projetado para uma eventual aplicação em tempo-real. Usava um circuito de ciclo igual a 0.5 microsegundos e podia multiplicar dois números de 16 bits em 16 microsegundos. Neste laboratório foi desenvolvido mais tarde o sistema de memória de núcleos magnéticos (core memory), depois incorporado aos Whirlwind, disponível à indústria de computadores da época e usado em modelos IBM e vários outros fabricantes.

Na Universidade de Manchester, na Inglaterra, iniciou-se a construção de sistemas em 1947. Lá, desenvolveu-se o primeiro sistema de memória eletrostática de uso prático, o tubo de memória de Williams. (No IAS foram usados destes tubos que podiam armazenar 1024 bits de memória e mediam aproximadamente 50 cm (!) de comprimento). Os primeiros registros indexadores foram usados num computador de Manchester, em 1949. Neste mesmo sistema, havia um tambor magnético como memória auxiliar, organizado em blocos de tamanho fixo chamados de "páginas", os quais eram transferidos para a memória eletrostática de alta velocidade durante a execução de programas. Este foi o início do contínuo interesse em Manchester para a eficiente utilização de memórias hierárquicas, que anos mais tarde resultaria no computador Atlas. Outros sistemas foram desenvolvidos no National Bureau of Standards. O Zephyr, depois

chamado SWAC (Standards Western Automatic Computer), era um dos mais rápidos entre os primeiros computadores, porém limitado por uma pequena memória (256 palavras). O SEAC (Standards Eastern Automatic Computer) foi o primeiro computador de programa armazenado a funcionar nos EUA, quando entrou em operação em 1950.

2.1.3 - Computadores da Primeira Geração

2.1.3.1 - Desenvolvimento da Indústria nos E.U.A.

Em 1947, Eckert e Mauchly deixaram a Universidade da Pennsylvania para formar sua própria companhia. Nos seus primeiros anos como firma independente, produziram o BINAC, um pequeno computador digital e iniciaram a construção do UNIVAC (Universal Automatic Computer). Este sistema seria usado pelo Bureau of the Census para a realização do Censo de 1950. O primeiro sistema foi liberado em junho de 1951 e, durante quase cinco anos, foi provavelmente o melhor sistema disponível para aplicação de processamento de dados. Era provido de fitas magnéticas com leitura para frente e para trás, com sistema de buffers e com velocidade comparável a alguns modelos atuais. Entretanto, a empresa entrara em dificuldades financeiras e não poderia manter seus compromissos de entregar sistemas a \$250.000 por unidade. Assim, formou-se a Divisão Eckert-Mauchly da Remington-Rand Co. Os preços foram imediatamente corrigidos e normalizadas as vendas.

A Rand tinha entrado no mercado com um produto que estava anos à frente de seus competidores. Em 1952, esta posição foi solidificada com a absorção pela Rand da Engineering Research Associates, formando a UNIVAC, que seria a Divisão de Computadores da Remington Rand. O computador UNIVAC passou a chamar-se UNIVAC I.

Este sistema era ainda algo incompleto. A conversão cartão-fita magnética fora desenvolvida apenas para cartões de 80 colunas, normalmente comercializados pela IBM e, durante anos, o UNIVAC I não pode usar os cartões de 90 colunas da Remington Rand. Além disso, nos primeiros anos, até o desenvolvimento da impressora da UNIVAC de 600 linhas por minuto, o sistema usava somente a Uniprinter, que era operada à velocidade de uma máquina de escrever elétrica ligada diretamente à fita magnética.

O UNIVAC I foi o único sistema de memória "delayline" que alcançou o status de produto comercial. Por volta de 1955, percebeu-se que os computadores com memória de núcleo magnético seriam viáveis para produção, o que tornaria o UNIVAC I obsoleto. Em 1954 a IBM anunciou seu computador modelo 705 ao que a Remington Rand respondeu um ano mais tarde com a apresentação dos planos do UNIVAC II, um computador com memória de núcleos magnéticos compatível com o modelo anterior e mais poderoso. Entretanto, dificuldades atrasaram o projeto, fazendo com que o primeiro sistema só fosse liberado dois anos mais tarde,

em 1957. Neste ínterim, muitos compradores optaram pelo IBM-705 lançado no mercado em fins de 1955. Estes dois anos permitiram a IBM tomar a dianteira da indústria da computação de forma definitiva.

A IBM, que havia entrado no ramo dos computadores por meio de produtos eletro-mecânicos que complementaram sua linha de equipamentos para manipulação de cartões perfurados, já havia produzido a série MARK de calculadoras automáticas. No início da década de 50, a IBM liderava absoluta o mercado de calculadoras acopladas a equipamentos de cartões. O Card Programmed Calculator (CPC), comercializado nesta época, não era um equipamento de programa armazenado, mas podia executar programas de tamanho arbitrário. Um programa consistia de um lote de cartões, cada um dos quais contendo um código que chamava uma sequência de programa. Além de executar cálculos, cada passo (150/min) podia imprimir uma linha ou perfurar um cartão. O CPC era semi-automático, uma vez que requeria o auxílio humano constantemente para carregar e retirar cartões ou realimentar o programa em processamentos interativos. No início de 1953, a IBM lançou seu modelo 701, que era um computador para uso científico. Naquela época, foi iniciado o desenvolvimento do modelo 702, que era projetado para uso comercial. Este era construído usando tubos Williams de memória eletrostática - (10.000 caracteres). Lançado no início de 1955, mostrar-se-ia logo inadequado em vários aspectos. A memória eletrostática não tinha a confiabilidade necessária em aplicações de

processamento de dados; o processamento era muito lento; as unidades de fita liam apenas num sentido, não trabalhavam com buffers e os periféricos eram lentos. Evidentemente, estas deficiências deviam-se ao estado, então, da tecnologia de fabricação mas, na verdade, o UNIVAC I era-lhe superior no plano geral. Imediatamente foi iniciado o projeto do IBM-705 e o 702 foi declarado obsoleto e retirado do mercado. O novo modelo, com memória de núcleos magnéticos, teve ainda a incorporação dos TRC (Tape Record Coordinator), que eram controladores de fita com 1024 caracteres de memória e um circuito lógico associado atuando como sistema de buffers. Isto tornou o IBM -705 um sistema poderoso, principalmente com o aumento de memória significativo surgido com o modelo II.

Este modelo, introduzido em 1958, trazia uma memória de núcleos mais rápida. Em 1959, quando surgia a segunda geração dos computadores, o 705 estava firmemente estabelecido no mercado. Entretanto, como outros computadores à válvulas, ele era muito vulnerável a competição com os novos produtos. No mercado liderado pela IBM e UNIVAC havia, no entanto, muitos outros sistemas.

A RCA (Radio Corporation of América) foi um dos laboratórios pioneiros na computação eletrônica. Tornou-se, provavelmente, a primeira a construir um sistema de memória de núcleo magnético viável. Sentindo que tinha uma importante vantagem neste sentido, a RCA lançou-se ao desenvolvimento do BIZ

MAC, projetado com uma pequena memória de núcleos suportada por um tambor magnético. Os programas, armazenados no tambor eram transferidos para a memória principal para execução. Alguns sistemas foram instalados, mas o BIZMAC sofreu imediatamente o efeito da obsolescência pois, em 1956, quando foi liberado, a pareciam no mercado sistemas com grandes memórias de núcleo, o que era péssimo para um computador com memória de tambor.

Este tipo de sistema já era conhecido no meio computacional. Tambores magnéticos haviam sido construídos na Universidade de Manchester, Inglaterra. Podiam prover grandes quantidades de memória de média velocidade (5-25 milissegundos de acesso), a um preço unitário inferior comparado às memórias "delay line", eletrostáticas ou magnéticas. Este uso permitia a construção de sistemas de baixo custo, mesmo que não comparáveis em velocidade e capacidade aos grandes sistemas então em desenvolvimento, criando uma alternativa a quem não pudesse arcar com altos custos.

Nessa linha, foram industrializados no EUA o CRC 102A, comercializado pela NCR (National Cash Register), tendo sido logo retirado do mercado; a IBM produziu o modelo 650, do qual foram vendidas mais de 1000 unidades. Permitia, em versão posterior, a utilização de fitas magnéticas e impressoras on-line. Uma unidade de disco magnético, RAMAC, que havia sido desenvolvido como memória auxiliar do IBM-305, foi usada também no 650.

A Remington Rand tinha dois modelos diferentes de sistemas deste tipo. O modelo zero era uma calculadora "plug-board" com memória auxiliar de tambor. O modelo 1, um computador de programa armazenado, com tambores de grande capacidade para uso em arquivos de rápido acesso. Esse produto, conhecido como Univac File Computer, teve o seu desenvolvimento atrasado e o produto perdeu terreno para os concorrentes. Em 1955, a Univac construiu um sistema de alta performance, usando amplificadores magnéticos como elementos ativos e contendo apenas 15 válvulas. Versões comerciais deste sistema, que originalmente era destinado a Força Aérea, foram conhecidas como 80 e 90, referindo-se um e outro modelo ao uso de cartões com 80 e 90 colunas respectivamente. Estes modelos foram mantidos fora do mercado por anos, enquanto a Remington Rand tentava promover seu File Computer. Sob o nome de UCT, foram lançados na Europa antes dos Estados Unidos, o que aconteceu em 1958, quando a IBM já havia vendido centenas de 650. O sistema usava tambores a 16.500 rpm proporcionando um tempo de acesso de 1.7 milisegundos para 4.000 palavras. Podia-se obter ainda 425 milisegundos para um conjunto adicional de 1.000 palavras.

Outros sistemas a tambor foram o LGP 30, fabricado pela Librascope Corporation e o Bendix G-15, os quais tiveram sucesso na linha de pequenos sistemas.

Na área de computadores para uso em aplicações de cunho científico, houve neste período vários modelos industriali

zados. Pela IBM, após a fabricação do 701, o qual oferecia pouca confiabilidade devido a sua memória eletrostática (a média de tempo entre falhas de memória era inferior a 20 minutos), foi desenvolvido o 701M, com memória de núcleo e que acabou denominando-se 704. Este modelo, provido de 3 registros indexadores, possuía instruções de ponto flutuante, ciclo de 12 microsegundos e memória mínima de 4K. Lançado em 1956, permitiu a IBM um quase monopólio em sua faixa, a de grandes sistemas de aplicação científica. Seus concorrentes eram os modelos 1103 da Remington Rand. O 1103A, com memória de núcleo e o 1103AF com instruções de ponto flutuante, derivado do modelo 1103. Este sistema foi o primeiro a introduzir como característica a possibilidade de interrupção de programa. Posteriormente, foi incorporado um sistema de interrupções ao IBM 709.

Os sistemas científicos foram inicialmente construídos na filosofia de que necessitavam de pouca capacidade de entrada e saída de dados. Os modelos 701 e 704 da IBM, por exemplo, inicialmente usavam uma leitora de cartões (150/minuto) e uma impressora (75-150/minuto). Com o 704, foram feitas adaptações que permitiam o uso dos equipamentos cartão-fita e fita impressora, desenvolvidos para os modelos 705. Entretanto, este problema só ficou satisfatoriamente resolvido na década de 60, com o surgimento de equipamentos off-line mais adequados, tais como o IBM-1401 e outros computadores periféricos colocados no mercado.

Os sistemas 701 e 704 não possuíam sistemas de buffers para tambores magnéticos e fitas. Toda informação da, ou para a memória, passava através do registro MQ na unidade aritmética. Uma melhor avaliação do uso destes sistemas, tanto nas aplicações ditas científicas como nas de caráter administrativo, em que o computador pudesse ser considerado, levou a IBM ao desenvolvimento do modelo 709, que trazia como avanço o sistema de entrada e saída. Era possível efetuar operações em periféricos simultaneamente ao processamento, por meio do compartilhamento da memória principal entre o processador central e até seis canais de dados. Lançado em 1958, o 709 teve curta carreira, pois foi tornado obsoleto pelo lançamento dos sistemas a transistores.

2.1.3.2 - Desenvolvimento de Software - Linguagens de Programação e Sistemas Operacionais

É interessante, neste caso, fazer uma separação de ordem cronológica. O perfil inicial de uso de computadores foi, a partir de 1956, alterado substancialmente em relação aos anos precedentes. Desse modo, serão agrupados os sistemas em uso até este ano e posteriormente, até o advento dos sistemas da segunda geração.

2.1.3.2.1 - O período anterior a 1956

A caracterização do uso de computadores nesta fase³⁴ podia ser apresentada como o usuário que disputa seu horário na escala de uso, "limpa" a máquina até que não haja resíduos de uso dos programas anteriores, carrega os programas necessários através de fitas ou cartões e inicia a operação do sistema. Se o seu programa estiver em fase de depuração, o usuário usa o console, as chaves de painel e o que esteja disponível para alteração do mesmo. Havia primitivos montadores com facilidades de uso de subrotinas e os interpretadores foram bastante difundidos nos anos iniciais. Estes serviam para evitar exaustivos detalhes de hardware, criando um sistema virtual de uso mais facilitado e com instruções mais poderosas.

O sistema EDVAC, que foi o primeiro computador de programa armazenado a operar, tinha um sistema de subrotinas como base de sua programação e possuía inclusive registro para relocação automática, o que viabilizava o uso de biblioteca de programas. Na IBM CPC, Card-Programmed Calculator, os códigos de operação eram determinados pela fiação dos painéis de controle. Podia-se projetar painéis que permitissem um melhor desempenho em problemas particulares, que demandavam muito tempo de processamento ou que fossem usados como solução geral numa classe de problemas. Muitas instalações adotaram uma fiação em que a UCP aparecia como uma máquina de ponto flutuante, com lógica de três endereços e com um vocabulário padrão para cha

da de funções matemáticas tais como seno, raiz quadrada, etc. As experiências nesse equipamento tiveram muita influência na programação dos computadores de programa armazenado.

No sistema Whirlwind, mencionado anteriormente, a dificuldade de usar sua linguagem máquina criou incentivos para o desenvolvimento de linguagens de programação. O Summer Session Computer, desenvolvido no MIT, foi um dos primeiros sistemas interpretativos, projetado para tornar o computador disponível para estudantes de um curso de verão. O aperfeiçoamento deste software levou ao "Comprehensive System", também para o Whirlwind.

O UNIVAC I havia sido desenvolvido para ser um sistema relativamente fácil de ser programado. Ele era um computador decimal, com instruções mnemônicas. Na época, não era claramente visível a vantagem de montadores e compiladores pois eram muito lentos. Apesar disso, havia algumas convicções de que a programação deveria ser feita através de linguagens orientadas para o problema. Pelo grupo de programação da UNIVAC foi desenvolvido o compilador AL, que proporcionava chamada de rotinas de ponto-flutuante; o Algebraic Translator AT3, que contribuiu com muitas idéias para o desenvolvimento do ALGOL, mas que não chegou a ser usado e o BØ (Flow-matic), que teve grande influência no COBOL. Os primeiros programas gerais de ordenação também foram produzidos por este grupo.

Na IBM, a mais conhecida linguagem desta fase foi de desenvolvida no sistema 701, o Speed-code, que transformava a mãquina numa de ponto-flutuante com registros indexadores.

Talvez a maior contribuição destes grupos tenha sido a ênfase com que buscavam soluções a nível de sistema ao invés da linguagem simplesmente, fazendo com que a máquina usada pelo programador não fosse a que permitia seu hardware diretamente mas sim, uma extensão dela.

2.1.3.2.2 - O período final da Primeira Geração

Neste período, o acontecimento marcante foi o desenvolvimento da linguagem FORTRAN, liderado por John Backus, que se destinava a prover um compilador adequado ao computador 704. Com um esforço calculado em 25 homens-ano, foi produzido o primeiro compilador FORTRAN. Como a maioria dos sistemas desta época, o FORTRAN teve seu lançamento atrasado e não estava completamente testado. Chegou inclusive, nos seus primeiros testes, a ficar desacreditado. Gradualmente, porém, chegou-se ao ponto em que um programa podia ser compilado e executado, o que hoje em dia é algo impensável de não acontecer, principalmente num compilador desta linguagem. Um critério usado então, pelo quais os compiladores eram julgados, era o de que "Compila-se um programa uma vez e executa-se o código objeto várias vezes", o que levava ã preocupação com a eficiência do código gerado. Assim, algumas construções do FORTRAN foram simplificadas

uma vez que o mesmo não se destinava a ser uma linguagem independente de máquina totalmente. O projeto era destinado ao sistema 704 e outros da série. A experiência, entretanto, levou a uma gradual mudança de filosofia com respeito aos compiladores.

O desenvolvimento do FORTRAN II tornou possível seu uso sem excessivos tempos de compilação. Essa versão permitia ao programador dividir o programa em pedaços, que poderiam ser compilados e testados separadamente, chamados subprogramas. Com o FORTRAN II funcionando, o uso da linguagem cresceu rapidamente. Muitas instalações passaram a usá-la exclusivamente e este fato influenciou definitivamente os projetos então em andamento na área de software.

Os sistemas monitores ainda estavam no limiar de seu desenvolvimento. Provavelmente o primeiro monitor do IBM 704 foi construído pela General Motors.³⁴ A idéia de sequências automáticas de "jobs" em lotes (batch) cresceu rapidamente. Ela tornava possível para grandes computadores, manipular pequenos jobs rapidamente e com eficiência, aumentando a variedade de aplicações. O objetivo de tais sistemas era fazer o sistema funcionar sem paradas e relegar ao operador tarefas inerentemente manuais, como montagem/desmontagem de fitas. Neste tipo de sistema, procedimentos de teste e depuração de programas eram feitos à parte, tendo o sistema apenas que fornecer mapas

e algumas outras facilidades em caso de erros.

Em 1958, foi publicado o primeiro ALGOL REPORT. Em 1957, um grupo de membros da GAMM, uma organização de computadores europeia, estava interessado no desenvolvimento de linguagens algébricas. Haviam chegado a conclusões positivas sobre a utilização de linguagens independentes de máquina e, sentindo que para haver um esforço internacional neste sentido era indispensável a presença dos E.U.A., entraram em contato com a ACM.

A consequência dessa iniciativa foi um encontro de subcomitês formados pela ACM e GAMM, em 1958, tendo como resultado o Preliminary Report on an International Algebraic Language, que seria popularmente conhecido como ALGOL 58.

2.1.4 - Computadores da Segunda Geração

2.1.4.1 - Desenvolvimento Industrial

Desde sua invenção, em 1948, o transistor teve a expectativa de tornar-se a chave de uma mudança radical na tecnologia de computadores. Um importante fator de melhoria entre o ENIAC e o EDVAC e os computadores mais tarde construídos, foi o desenvolvimento de circuitos que permitiam o uso de diodos de germânio em combinação com relativamente poucas válvulas: um computador típico poderia ter 1.000 válvulas para 50.000 diodos.

As válvulas, que eram os elementos ativos e determinavam a velocidade e capacidade do sistema eram custosas, uma vez que consumiam energia e liberavam calor em quantidades excessivas. O transistor poderia tornar possível a substituição das mesmas por dispositivos semicondutores, similares a diodos, os quais seriam menores e dissipariam menos calor. Como exemplo, o Stretch, um dos sistemas pioneiros nesta tecnologia, usava mais de 150.000 transistores. O sistema CDC 6600, por exemplo, continha acima de 500.000 transistores.

Os primeiros computadores transistorizados oferecidos comercialmente eram de média velocidade, orientados para aplicações não-científicas.

Um fator decisivo para o uso de transistores em computadores muito rápidos surgiu com o desenvolvimento, em 1954, do transistor planar (Surface Barrier Transistor) pela PHILCO. Este foi usado no TX-0 da Lincoln Laboratories e em diversos outros modelos inicialmente transistorizados. Não havia mais dúvidas de que era viável construir sistemas tão ou mais rápidos do que os à base de válvulas, aproveitando-se das vantagens inroduzidas pelos novos componentes.

A partir de 1954, em quatro anos, as válvulas tornaram-se obsoletas como componentes de computadores.

Dentro de uma variedade enorme de computadores, se rão citados os que alcançaram mais sucesso no mercado ou que tenham introduzido novos conceitos de fabricação e uso.

A NCR foi uma das primeiras das grandes companhias a retirar-se do mercado de sistemas a válvulas. Seu modelo 304, projetado por ela e construído pela GE, foi o primeiro computador totalmente transistorizado em sua classe, porém muito lento e de pouca capacidade, tendo tido pouca aceitação.

Do mesmo modo, a RCA lançou o modelo 501, com as características citadas anteriormente, mas que trazia como atrativo um dos primeiros compiladores COBOL. Este era muito lento mas, para muitos usuários, um COBOL lento era melhor do que não ter COBOL algum.

O sucessor dos modelos 650 e 705 da IBM, o 7070, lançado um pouco depois, era mais poderoso que seus competidores. Pressionada pelos clientes, a IBM lançou o modelo 7080, que era uma versão compatível com o 705, mas que tornou-se uma mã-quina lenta, grande, anti-econômica, embora com mercado assegurado.

O lançamento do Honeywell 800 criou grande expectativa quando de seu anúncio. Ele estava na faixa de médio preço mas sua performance estava além de todos os outros modelos de sua classe. Possuía um interessante sistema de multi-programação com oito conjuntos de registros de controle dividindo as u

nidades de controle e aritmética. O software, no qual houve investimentos de porte, trazia o compilador FACT, que ajudou a vender perto de 800 sistemas.

A Burroughs, com seu modelo B5000, foi fortemente influenciada pela linguagem ALGOL. Seu hardware foi projetado para implementar muitas das características do ALGOL, tais como chamadas recursivas e alocação dinâmica de memória. Entretanto, quando lançado em 1963, o sistema decepcionou em virtude de sua lentidão.

O desenvolvimento dos transistores e das memórias magnéticas de custo relativamente baixo permitiu a construção de pequenos sistemas, comparáveis aos mais poderosos sistemas a válvulas.

As séries IBM 1400 e IBM 1600, lançadas em 1960, venderam milhares de unidades pelo mundo. Era vasto o mercado para pequenos computadores. Também centenas de RCA 301, CDC 160 foram vendidos. Havia ainda os Burroughs 200, Honeywell 400, GE 200, NCR 300 e outros.

A Philco, que estava adiantada em relação aos seus concorrentes em sistemas transistorizados, lançou no final da década de 50 o PHILCO 2000. Ele surgia como um caminho natural na substituição de sistemas IBM 709 e 704 e, de fato, alguns dos seus primeiros pedidos visavam tal substituição.

Surgia no mercado nesta época o IBM 7090, com memória de 2,18 microsegundos em comparação aos 10 microsegundos do P 2000 e com maior velocidade de aritmêtica. No modelo 211, houve a troca dos transistores planares do modelo original 210 para os transistores MADT, mais rápidos. Com uma memória de 2 microsegundos então desenvolvida, o modelo PHILCO 2000-212, posto no mercado em 1963, pode ter sido o mais poderoso computador de então, comparado favoravelmente com o CDC 3600 e o IBM 7094. Surgia porêm a necessidade de melhores sistemas de fitas e perifêricos que, aliada ao não investimento nesta área por parte da empresa, impediram o sucesso de mercado a este computador.

Um grande fabricante surgido nesta época foi a CDC, formada em 1957, por um grupo de funcionários da UNIVAC que haviam trabalhado em projetos de computadores transistorizados militares. Seu modelo 1064, disponível a partir de 1960, era um sistema binário 48 bits, não tão poderoso como o 7090 ou o 2000 mas com preço inferior. Inicialmente eram entregues sem suporte de software, sendo que vários modelos foram vendidos a universidades com descontos. O 3600, entregue a partir de 1963, sendo uma versão desenvolvida do 1064, tornou a CDC um importante concorrente no mercado de sistemas de grande porte.

Por parte da IBM, houve neste período o lançamento da série 7090, surgida a partir do modelo 709X que havia sido projetado para atender a uma concorrência de fornecimento para a

plicações militares. O modelo original, completamente transistorizado, compatível com o modelo 709, era cinco vezes mais rápido que este. O 709 era um computador síncrono, no qual o tempo de cada instrução era definido por um número de ciclos de memória. O 709X funcionava da mesma maneira, porém com um ciclo de memória de 2.4 microsegundos contra 12 do 709. Após alguns problemas de engenharia surgidos nos primeiros modelos e logo resolvidos, o 7090 tornou-se um computador robusto e de grande sucesso de mercado. Centenas deles foram vendidos com preços em torno de \$3.000.000. No período 62-63, a IBM lançou os sistemas 7040 e 7044, similares à série 7090 mas com performance inferior e baixo preço. Uma combinação do 7094 com um destes modelos foi comercializada com o nome de Direct-Coupled System, dispondo de canal especial memória - memória. O computador menor agia como um supervisor de entrada/saída, limitando o 7094 a execução de instruções da UCP.

A UNIVAC lançou o UNIVAC III em 1960 mas o sistema não teve sucesso devido a seu custo, superior aos concorrentes. O sucessor da série 1103 deste fabricante foi o 1107, lançado em 1962, um pouco tardiamente. Entretanto, este sistema serviu de base para o 1108, da terceira geração, que permitiria a UNIVAC tornar-se líder do mercado de computadores de grande porte para uso científico no final de 1967, uma vez que a IBM não produziu um sistema adequado para ser o sucessor da série 7090.

2.1.4.2 - Sistemas de Grande Porte

No final da década de 50, foram desenvolvidos alguns projetos de sistemas de grande porte.

O LARC (Livermon Atomic Research Computer), anunciado em 1956 por J. P. Eckert, da UNIVAC, era provido de um processador de entrada/saída atuando em paralelo com o processador e comunicando-se com a memória de núcleos. Este processador de E/S trabalhava com programa armazenado em sua própria memória de instruções. O uso deste tipo de solução provia grande flexibilidade para manipular periféricos nos seus mínimos detalhes. O primeiro LARC foi instalado em 1960, porém não houve aceitação do sistema como produto comercial.

Neste mesmo período, a IBM construiu o Stretch, cujo protótipo foi instalado em 1969. Uma das mais interessantes características deste sistema era a unidade de "look-ahead" que decodificava, calculava endereços efetivos e trazia operandos de várias instruções adiante. Uma unidade deste tipo, trabalhando com uma memória inter-leaving, podia prover instruções e operandos a um ou mais processadores a uma velocidade bem maior do que seria possível num sistema estritamente sequencial. O propósito da unidade é fazer um processador muito rápido com uma memória relativamente lenta trabalhar como se fosse com uma memória rápida. Algumas engenhosas soluções foram projetadas para a solução de problemas surgidos na operação de look-ahead tais como instruções decodificadas que são alteradas an

tes da efetiva execução, desvios condicionais que tornam ambigua esta operação e processamento de interrupções.

Por variadas razões, o Stretch não teve sucesso. Era difícil implementar um sistema eficiente de multiprogramação e, somente para programas de grande demanda de memória e processador, o sistema podia usar toda sua potencialidade. Além disso, o "look-ahead" ainda tinha problemas. A velocidade de transferência do sistema de discos teve que ser reduzida à metade, de modo a assegurar confiabilidade nas operações paralelas de E/S.

Outro sistema de grande porte, surgido um pouco mais tarde, em 1964, foi o CDC 6600. Em parte, a excepcional velocidade deste sistema, da ordem de três vezes a do STRETCH, foi obtida pelo uso de múltiplas unidades lógicas e aritméticas e dez processadores periféricos, os quais eram pequenos computadores. De acordo com especificações do fabricante, o sistema era capaz de processar 3×10^6 operações por segundo. No final de 1965 havia vários CDC 6600 instalados.

Por alguns anos, após o insucesso do Stretch, parecia a IBM ter perdido o interesse na área de sistemas de grande porte. Entretanto, imediatamente após o anúncio da série - 360, havia planos de construção da série 90 naquela linha. Neste interim, a CDC anunciava seu modelo 6800, compatível logicamente com o 6600, porém quatro vezes mais rápido ao mesmo custo.

2.1.4.3 - Desenvolvimento de Software - Linguagens de Programação e Sistemas Operacionais

Caracterizou-se este período (60-65) por notáveis progressos na área de Sistemas Operacionais e Linguagens de Programação. Alguns dos mais importantes passos em Sistemas Operacionais foram:

- . exploração das possibilidades oferecidas pelo uso de canais de E/S e sistemas de interrupção, então recentemente introduzidos;
- . supervisores residentes;
- . esquemas de proteção de memória;
- . introdução de facilidades para manutenção de software;
- . linguagens de comando;
- . sistemas de multiprogramação e multiprocessamento;
- . compiladores mais eficientes;
- . uso das facilidades de arquivos em discos, tanto para dados de programas como para rotinas do S.O.;
- . técnicas de "time-slicing", "time-sharing", "spooling", características de ambientes de multiprogramação.

Quanto a Linguagens de Programação, registrou-se o desenvolvimento de quatro linguagens de alto nível mais populares:

COBOL:

Em 1960, o governo americano anunciou que não compraria equipamentos nos quais não houvesse disponível esta linguagem, a menos que o fabricante pudesse provar que seu equipamento não melhoraria com tal compilador. Isto bastou para um grande impulso na implementação e padronização dos compiladores COBOL.

ALGOL:

A Burroughs parece ter sido o único fabricante a investir maciçamente nesta linguagem. (O modelo B5000 oferecia somente COBOL e ALGOL). A própria arquitetura de suas máquinas era orientada para estrutura de blocos aninhados. Embora fosse popular nas universidades e pessoal de aplicações matemáticas, especialmente na Europa, manteve uma participação discreta neste período.

PL/1:

Em 1963, foi organizado um comitê para iniciar o projeto da linguagem MPPL (Multi-purpose programming language), depois denominada PL/1. Fazia parte do esforço de Software levado adiante pela IBM para sua linha 360. O primeiro relatório desta linguagem era impreciso e incompleto, havendo sido lançada uma revisão em 1966. A penetração da linha 360 e a parti

cipação do SHARE (Associação Americana de Usuários IBM) tornaram esta linguagem de largo uso.

FORTRAN:

Inicialmente consolidada com a versão II, ainda na década de 50, esta linguagem tornou-se a mais popular neste período, devido à facilidade de aprendizado e ao fato de ter sido a primeira linguagem de alto nível de ampla utilização.

2.1.5 - Computadores da Terceira e Quarta Gerações

2.1.5.1 - Desenvolvimento industrial

Os sistemas à válvula constituíram a primeira geração de computadores e os sistemas transistorizados caracterizaram a segunda. Entretanto, não há um fator decisivo para a caracterização da terceira geração. A partir de 1965, os fabricantes começaram a comercializar seus produtos como sendo da terceira geração, que seriam assim situados pela utilização da tecnologia de circuitos integrados. Outros fabricantes, entretanto, que ainda usavam componentes discretos, argumentavam que era a performance do computador que o situava numa ou outra geração ao invés da natureza de seus componentes.

É difícil alinhar num trabalho deste alcance todos os sistemas produzidos e lançados no mercado pertencentes a terceira geração. É enorme a variedade de produtos então disponíveis e a tendência à diversificação. Mesmo assim, é indispen

sãvel mencionar o surgimento, em meados da década de 60, do sistema /360 da IBM.

O projeto do mesmo foi iniciado em 1961, com o objetivo principal de buscar, dentro da própria IBM, a padronização de códigos de instrução, códigos de caracteres, modos de aritmética, etc. Esta compatibilidade foi obtida pela técnica da micro-programação. Em abril de 1964 a IBM anunciou seis modelos da série (30, 40, 50, 60, 62, 70).

Apesar de pretender com estes sistemas substituir sua linha de produtos anteriores, não houve a preocupação de torná-los diretamente compatíveis com os mesmos. A IBM introduziu então o termo "emular", pelo qual designava a técnica da simulação usando rotinas de micro-programa. Tida como muito eficiente, comparada aos métodos tradicionais de simulação por software, a emulação mostrou-se ineficiente e muitas aplicações originais das séries 1400 e 7000 tiveram que ser reprogramadas.

O 360 é orientado tanto para palavra (32 bits) como para bytes, que são endereçáveis. É um computador binário, com aritmética de ponto-flutuante hexadecimal e aritmética decimal, operando cadeias de dígitos de 4 bits. Para a construção do 360 foi desenvolvida a tecnologia SLT (Solid State Logic). Os circuitos eram antes de um tipo híbrido do que do tipo de circuitos integrados propriamente ditos. Milhares de sistemas da linha 360 foram vendidos, o que provocou um grande impacto na indústria da computação. Muitas características desses sistemas foram incorporadas por outros fabricantes como, por exemplo, a

RCA, que lançou a série SPECTRA 70, quase que completamente com patível com os modelos 360, fabricada com tecnologia de circuitos integrados e que teve boa aceitação no mercado.

A Burroughs lançou o modelo 5500, que era uma versão melhorada do B5000 em 1964. Era um modelo de organização "Cross bar" com dois processadores. Em 1969 foi lançado o sistema 6500 e logo a seguir, em 1970 e 1971, os modelos 5700 e 6700 respectivamente.

Observa-se no período 1964-1970 um extraordinário aumento na capacidade de processamento dos computadores.

Conforme Weitzman⁴⁴ assinala, é difícil precisar o ponto de quebra entre a terceira e a quarta gerações de computadores. Para ele, isto começou a ocorrer com o advento dos circuitos integrados de média escala (MSI), no final da década de 60, ou no início dos anos 70, com o uso de circuitos LSI em computadores como CDC 469 ou Bunker Ramo BR-1018. Segundo o mesmo autor, a quarta geração incorporou mudanças na tecnologia de armazenagem assim como de lógica micro-miniaturizada. Sistemas de quarta geração usam memórias de semi-condutores, substituindo ou complementando o uso anterior de memórias de núcleo. São baseados em memória virtual, "firmware", multi-processamento e multiprogramação. Nenhuma destas tecnologias, entretanto, é exclusiva da quarta geração. Contudo aceita-se estas técnicas como características da última geração.

Outra conotação que é evidenciada pelo histórico dos equipamentos é a de que mini e micro computadores devem ser analisados separadamente. A figura 2.1 apresenta uma correlação do desenvolvimento de sistemas e mudanças que levaram à distinção de geração de computadores.

Como fica bastante difícil descrever uma certa sequência lógica no aparecimento dos sistemas a partir de 1960, é apresentado um resumo, em ordem cronológica, dos sistemas mais significativos lançados neste período (exceto mini e micro computadores).

<u>DATA</u>	<u>MODELO</u>	<u>COMENTÁRIOS</u>
1960	Ramo Woolbridge TRW-400	Sistema "polymorphic". Não completo.
	Univac LARC	Processador de E/S e processador central capazes de atuar em paralelo. Somente um modelo entregue.
1961	IBM STRETCH	Com unidade de "look-ahead".
1963	Burroughs B5000	Um ou dois processadores.
	IBM 704X/709X	"Direct Coupled System".
1964	CDC 6600	Múltiplas unidades lógicas e aritméticas, cada uma executando uma fração do repertório de instruções. Dez processadores periféricos (aumentados para vinte em 1969)
	Burroughs 5500	Nova versão de B5000.
	IBM série 360	

<u>DATA</u>	<u>MODELO</u>	<u>COMENTÁRIOS</u>
1965	UNIVAC 1108	Até três processadores, com memória multiport.
1966	IBM S/360 Modelo 67 CDC 6500	Dois processadores, "time-sharing" 6400 dual.
1967	CDC 6700	6600 dual, grande porte, 2 processadores, palavra de 60 bits.
1968	CDC 7600	Similar ao 6600, mais rápido, com hierarquia de memórias.
1969	IBM S/360 Modelo 65MP	Versão do modelo 65 com processador dual, memória de até 8 módulos de 256 Kbytes.
1970	Burroughs 5700	Similar ao B5500, capacidade de quatro 5700 dividirem discos.
1971	Honeywell 6050, 6060, 6080	Máquina de grande porte, até 4 processadores, palavra de 36 bits, memória de até 16 módulos de 64 K palavra.
1972	UNIVAC 1106	Até 2 processadores, palavra de 36 bits.
	ILLIAC IV (Burroughs)	"Array Processor" - 64 elementos de processamento (processadores) Palavra de 64 bits, com memória de 2K pal. p/cada processador.
	Burroughs 7700	Até 7 processadores (contendo os de E/S), memória até 1048K pal.

<u>DATA</u>	<u>MODELO</u>	<u>COMENTÁRIOS</u>
1972	CDC Cyber 72, 73, 74, 76	Equivalentes aos 6200, 6400, 6600, 6700, 7600.
	Texas Inst. ASC	Grande porte, 2 processadores (um processador pode ter 1, 2, 3 ou 4 unidades aritméticas, todas con- troladas por uma única unidade) - Memória central de até 8 módulos de 512 K pal (palavra de 32 bits).
1974	IBM S/370 Modelos 158, 168MP	Memória Virtual e memória real com partilhada. Memória até 8 módulos de 1048 K bytes, 2 processadores.
	Carnegie-Mellon C.mmp	Multiprocessador, memória crossbar usando 16 PDP-11.
1975	UNIVAC 1100/10, 20, 40	2 processadores, memória até 8 m <u>o</u> dulos de 64K pal (36 bits).
1976	DEC System 10	Processador dual.
	UNIVAC 1100/80	2 processadores, memória de até 16 módulos de 256K pal.
	IBM S/370 e 158, 168 AP	Multiprocessadores assimétricos
1977	Goodyear STARAN E	Sistema paralelo associativo (2048 processadores).

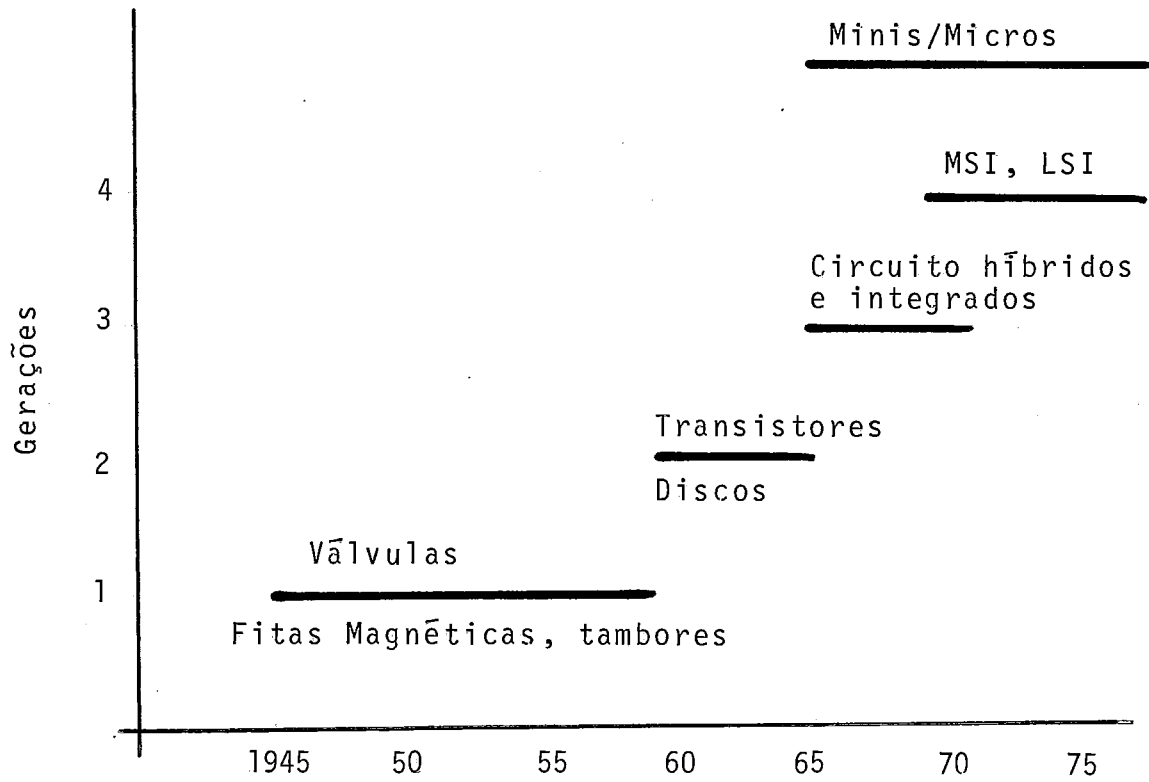


Figura 2.1

2.1.5.2 - Desenvolvimento de Software - Linguagens de Programação e Sistemas Operacionais

Na área de Sistemas Operacionais este foi, muito mais, um período de aprimoramento do que de desenvolvimento de novas técnicas. Entretanto, algumas devem ser mencionadas:

- . gerenciamento de memórias hierárquicas, paginação e segmentação;
- . projetos experimentais de sistemas operacionais distribuídos;
- . mecanismos de prevenção de problemas de concorrência e acesso a recursos por processos mutuamente exclusivos;
- . desenvolvimento de sistemas de construção de programas interativos;
- . métodos de acesso para equipamentos de telecomunicações e utilização de redes de computadores;
- . desenvolvimento de software de gerenciamento de bancos de dados;

Quanto à área de L.P. , destaca-se neste período:

- . desenvolvimento de linguagens de programação para micro-processadores tais como PL/M, PLuS, Basic e outras;
- . desenvolvimento e crescente uso do PASCAL e PASCAL concorrente;

- . esforço de implementação de linguagens de uso geral, como COBOL, ALGOL, FORTRAN para microprocessadores;
- . desenvolvimento de linguagens de consulta a bancos de dados de uso facilitado e intuitivo.

2.1.6 - Comparação de Preços

Uma vez caracterizada a evolução dos computadores, é interessante analisar resumidamente o comportamento de cada um de seus principais componentes, quanto a sua evolução tecnológica e orçamentária.

Unidade Central de Processamento

Tomando-se por base uma medida rústica, como o custo por instrução processada, obtém-se a seguinte evolução no preço por 100.000 operações de soma (este custo é calculado dividindo-se o preço unitário de uso no tempo, pelo período necessário para a execução das instruções).

ANO	COMPUTADOR	CUSTO (em \$-s/correção inflação)
1952	IBM 701	1.26
1958	IBM 7090	0.26
1964	IBM 360/50	0.12
1972	IBM 3033	0.005
1977	IBM S/80	0.0025

MEMÓRIA CENTRAL

Evolução de preços para 1.000.000 de bytes de memória IBM.

Ano	Modelo	Preço em \$ s/correção
1964	360/30	2.000.000
1970	370/155	600.000
1973	370/115	300.000
1976	Série I	120.000
1977	3033	75.000
1979	4300	15.000

Evolução de dimensões físicas para 1.000.000 de bytes de memória IBM.

ANO	VOLUME (Pés-Cúbicos)
1950	400
1964	100
1971	8
1973	0.5

DISCOS

Evolução da quantidade de caracteres armazenados ao preço de 1 dólar (modelos IBM).

ANO	MODELO	CARACTERES
1964	2311	300
1965	2314	1.300
1970	3330	3.800
1975	3350	12.825
1979	3370	16.268

FITAS MAGNÉTICAS

Evolução de preços para unidades de fitas magnéticas IBM.

ANO	MODELO	TAXA TRANSFERÊNCIA (caracteres/segundo)	PREÇO (dólares)
1965	2401	90.000	33.950
1969	2420	160.000	27.880
1971	3420(5)	200.000	18.320
1973	3420(8)	320.000	28.440

2.1.7 - Conclusões

Juntamente com a baixa de preços e melhoria das performances dos computadores, deve-se observar que ocorreu também enorme crescimento na variedade de opções oferecidas no mercado. A busca da maior capacidade de processamento, objetivo primordial dos produtos surgidos na década de 50 e início dos anos 60 foi substituída, em parte, pela procura de novas aplicações e maior adaptabilidade de equipamentos a certos usos. Este é o ponto fundamental da viabilidade da descentralização: o surgimento de opções, no caso através de minis e micros, que possibilitam a divisão de tarefas por entre sistemas que atendem a baixo custo as solicitações.

2.2 - EVOLUÇÃO DA APLICAÇÃO DE COMPUTADORES

Embora já utilizassem métodos rudimentares de automação, através de equipamentos orientados para cartões perfurados, muitas grandes empresas na Europa e EUA adquiriram seus primeiros computadores a partir de 1953.

Em 1951, o computador UNIVAC-I introduzia o uso de fitas magnéticas. Apesar da grande vantagem que traziam sobre o uso de cartões, estas não alteraram substancialmente o modo de processamento dos dados. A organização dos arquivos era sequencial, embora com a possibilidade de uso de registros de tamanho variável. A terminologia usada para cartões tal como arquivos, registros e campos foi transportada para os sistemas em fita.

As aplicações então surgidas eram basicamente na área contábil e financeira, como folhas de pagamento, contas a pagar e contabilidade uma vez que, em geral, estes eram os setores das empresas onde as tarefas eram mais formalmente definidas e melhor organizadas. A implementação de sistemas desta natureza era, desse modo, simplificada.

Um sistema de folha de pagamento típico, por exemplo, consistia de um grande número de pequenos programas, com as informações espalhadas por vários arquivos. Os sistemas eram considerados e projetados separadamente, sem o conceito de integração de dados. Esta situação mudou quando se levou a cabo

tentativas de implementação de aplicações mais complexas. A especialização, surgida com os analistas de sistemas, trouxe também uma visão de conjunto sobre as aplicações, o que permitiu o conceito de arquivos integrados.

No início dos anos 60, eram iniciadas as primeiras aplicações integradas a nível de dados. Esta tendência continuou neste período, reforçada pela introdução de discos magnêticos, que permitiam arquivos de acesso direto viáveis.

Os computadores da segunda geração eram de uso prático e orientados para tarefas então bem definidas, como processamento em "batch", o que era satisfatório para a maioria dos usuários que não conheciam outra forma de tratar grandes volumes de dados.

Entretanto, algumas instalações implantaram sistemas de consultas on-line usando primitivas versões de processadores de comunicações (no período da segunda geração, tais processadores foram oferecidos por diversos fabricantes, incluindo Control Data 8090/8050, GE Datavet-30 e IBM 7740), a exemplo de algumas companhias de aviação que já utilizavam sistemas on-line em meados dos anos 60.

Ganhava popularidade nesta época o conceito de Sistemas de Informações Gerenciais (MIS). O método básico para isto era utilizar arquivos de aplicações distintas agregados em torno de um pacote que interrelacionava os diversos itens de inform

mações de uma empresa. Cedo, porém, observou-se que o excessivo número de arquivos, bem como a duplicação de dados em algumas aplicações, tornavam difícil a tarefa de agregação.

Em 1965, a GE (hoje Honeywell) lançou o " Integrated Data Store", que era um pacote destinado a criar arquivos de grande porte que poderiam ser compartilhados por várias aplicações, suportando um certo número de estruturas de dados. Este tipo de sistema foi o precursor dos modernos bancos de dados, cujo conceito e utilização cristalizou-se a partir do início da década de 70, embora o termo haja sido anteriormente usado para designar arquivos integrados de um modo geral.

Paralelamente a este desenvolvimento, no período 1966-1974, houve uma queda acentuada no preço relativo dos equipamentos e novos tipos de terminais remotos tornaram-se viáveis permitindo o uso dos computadores de pontos geograficamente distantes. Houve, neste período, uma forte tendência à centralização, pelo uso de sistemas de grande porte equipados de facilidades de uso remoto.

Uma pesquisa realizada em 1974, entre usuário de bancos de dados nos EUA, pela NCC, revelou entre outros pontos que:

. a decisão dos usuários em adotar pacotes de bancos de dados era claramente pela necessidade de encontrar uma ferramenta melhor para a solução de problemas de gerenciamento de dados;

- . o tipo de pacote usado tinha um significativo efeito no processo de desenvolvimento das aplicações;

- . a impressão geral era de que bancos de dados podem ser um eficiente instrumento com custo/benefício favorável se usado com bom senso;

- . a carga de controle (overhead) estava em níveis aceitáveis.

Withington apresenta uma divisão da evolução do software de aplicação em cinco estágios: o primeiro, de 1953 a 1958, ao qual deu o nome de "gee whiz" (meu Deus!), que caracteriza o estado incipiente de usuários e aplicações nesta época; o segundo, de 1958 a 1966, o qual denominou "paper pusher" (empurradores de papel), caracterizando as aplicações em batch surgidas no período, baseadas na emissão de longas quantidades de informação em relatórios; o terceiro de 1966 a 1974, "communicators" (comunicadores), caracterizando o uso de acesso remoto via terminais em sistemas centralizados; o quarto, de 1974 a 1982 possivelmente, que seriam os sistemas de custódia de informações baseados em bancos de dados complexos e unificados, utilizando computadores periféricos com processamento de dados locais e acesso a arquivos comuns centralizados; o quinto, a partir de 1982, que seriam uma extensão lógica do anterior, usando dados para usos estratégicos e operacionais.

Evidentemente, nem todas as empresas evoluem através do processamento de dados no mesmo passo. Deste modo, os usuários estão espalhados entre os diversos estágios, de acordo com suas conveniências. Há aplicações similares às da primeira geração assim como há outras usando características do último estágio tecnológico. Algumas das razões para este descom-passo são:

- . programas de computadores, precisos e determinísticos, são desenvolvidos num universo de valores e procedimen-tos subjetivos e imprecisos;

- . o medo e o risco de ser pioneiro em alguns ramos do processamento de dados;

- . os objetivos dos sistemas mudam constantemente;

- . as coisas acontecem numa ordem natural, sendo às vezes, difícil queimar etapas e buscar soluções que requeiram bruscas mudanças.

CAPÍTULO III

INTERCONEXÃO DE COMPUTADORES

3.1 - TECNOLOGIAS DE INTERCONEXÃO

3.1.1 - Introdução

Na definição de sistemas de processamento distribuído é mencionado que estes são compostos por computadores interconectados, cooperando entre si.

Há várias maneiras de realizar esta interconexão, seja por elementos comuns de memória ou linhas de comunicação, bem como várias formas de arranjar os sistemas em torno dessas ligações.

Destacam-se cinco modos básicos, descritos a seguir, aceitos em geral na literatura como padrões para interconexão de computadores.

3.1.2 - Memória Compartilhada e Via Compartilhada^{1 5}

Nesta classe de sistemas o principal meio de interação é através de memória ou via comuns. Este arranjo proporciona transferência de dados à alta velocidade entre seus componentes e é em geral conhecido como sistema de multiprocessamento, na forma definida por Enslow^{1 5}:

- a) um sistema multiprocessador possui dois ou mais processadores de características equivalentes e semelhantes;
- b) todos os processadores compartilham do acesso à memória comum;
- c) todos os processadores compartilham do acesso aos canais de E/S, unidades de controle e periféricos;
- d) o sistema inteiro é controlado por um único sistema operacional.

Alguns dos sistemas distribuídos de memória compartilhada, entretanto, não atendem exatamente à definição de sistemas de multiprocessamento, uma vez que alguns computadores têm sua própria memória além da compartilhada e funcionam com software particularizado, usando a interconexão apenas para troca de dados entre os diferentes processos em atividade nos processadores individualmente.

Os sistemas desta classe são caracterizados pelos seguintes esquemas gerais de ligação (físicos e lógicos).

3.1.2.1 - Via Compartilhada

É o modo mais simples de interconexão, usando um caminho comum para a comunicação entre todas as unidades funcionais. Uma vez que este caminho é compartilhado por várias uni

dades, deve haver um meio de contenção para garantir acessos in dependentes. Técnicas como prioridades fixadas, filas e outras são usadas.

Um ponto frágil é que um defeito na via traz a to tal impossibilidade de funcionamento do sistema.

As transferências de dados são controladas completa mente pelas interfaces da via tanto no transmissor como no re ceptor. A unidade que deseja iniciar uma transmissão, podendo ser um processador ou um controlador de E/S, deve primeiro de terminar se a via está disponível ou não, endereçar a unidade de destino, avaliar sua capacidade de receber a mensagem e for necer dados de controle.

A unidade que recebe tem somente de reconhecer seu próprio endereço e sinalizar o recebimento para o emissor. Es tes são conceitos básicos e as operações evidentemente não são assim tão simples. No sistema PDP 11, por exemplo, o UNIBUS tem 56 linhas para prover controles e canais necessários a transmissão de palavras de 16 bits.

Uma possível simplificação neste processo é a utili zação de um controle central na via (arbiter), que seria res ponsável pelas operações de contenção na linha quando em uso, embora isto traga desvantagens quanto a flexibilidade e confia bilidade.

As mudanças de hardware para retirar ou incluir unidades funcionais são mínimas. Este tipo de sistema é, por sua natureza, de baixo custo e confiável.

A limitação mais séria, entretanto, é que a capacidade de total de transmissão de dados fica limitada à capacidade do bus. Uma técnica para evitar isso é providenciar dois caminhos de "mão-única", uma vez que isto não aumenta consideravelmente a complexidade do sistema.

Outra solução é o uso de várias vias o que, entretanto, aumenta a complexidade do hardware.

3.1.2.2 - Crossbar - Memória Compartilhada

Aumentando-se o número de vias na organização anterior, até haver um caminho para cada memória e cada unidade de E/S, chega-se ao método presente.

Num sistema $N \times M$ há N elementos ativos (processadores e unidades de E/S) e M elementos passivos (módulos de memória). A maior vantagem deste método é a possibilidade de haver transferências simultâneas entre os vários processadores e várias memórias.

O controle de resolução de conflitos de acesso é feito pela "switch matrix", que necessariamente é complexa, de controle custoso e fisicamente grande. Esta complexidade cresce exponencialmente com N e M .

3.1.2.3 - Memória Multiport Compartilhada

Neste arranjo, o controle e a lógica de prioridades é concentrada nas interfaces das unidades de memória ao invés de estar na switch matrix como no caso anterior. Estes sistemas empregam vias dedicadas na conexão de processadores com memórias e unidades de E/S. Cada um dos elementos passivos tem múltiplas entradas, uma para cada conexão com os processadores. A lógica de contenção é construída diretamente no elemento passivo para arbitrar o acesso simultâneo. Uma técnica frequentemente usada para este fim é a de designar prioridades pré-fixadas para as diferentes entradas. Em virtude da possibilidade de uma alta taxa de tráfego de dados, este tipo de interconexão é bastante utilizado.

Logicamente, há dois esquemas principais de interconexão que usam o princípio deste método. O primeiro é incorporá-lo a um ambiente de memória virtual. Isto proporciona um espaço maior de armazenagem e requer um conversor de endereços para o acesso. Deste modo, os processadores podem acessar uma memória comum de ordem de grandeza superior a de seu endereçamento. O outro modo tem o intuito de minimizar os acessos às portas das unidades passivas. Assim, há a memória local e a compartilhada, que funciona apenas como um depósito das mensagens que são "entregues" ou "recolhidas" pelos processadores.

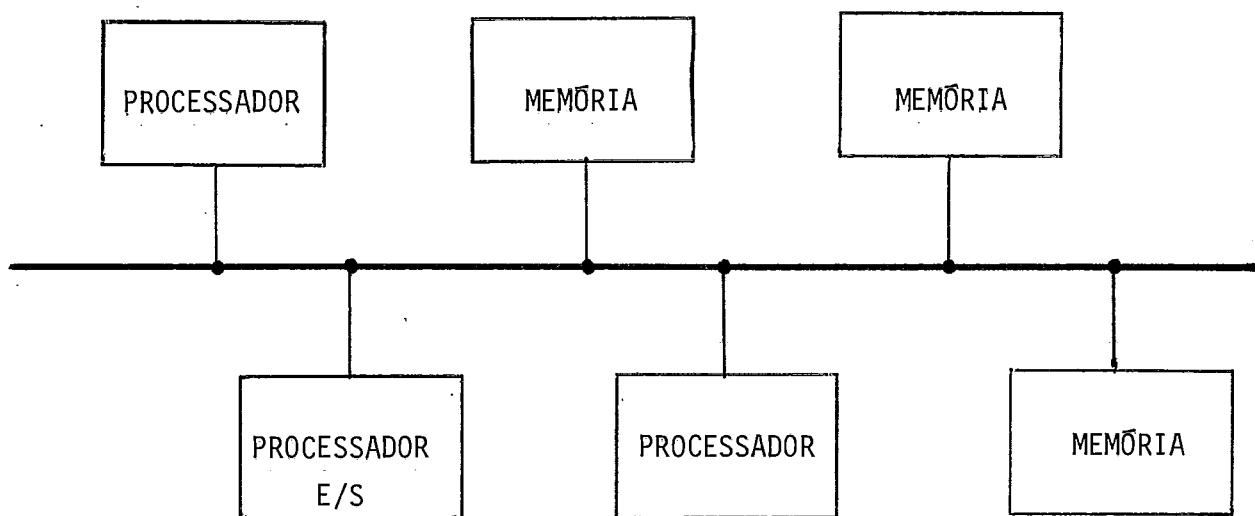


Figura 3.1 - Via Compartilhada

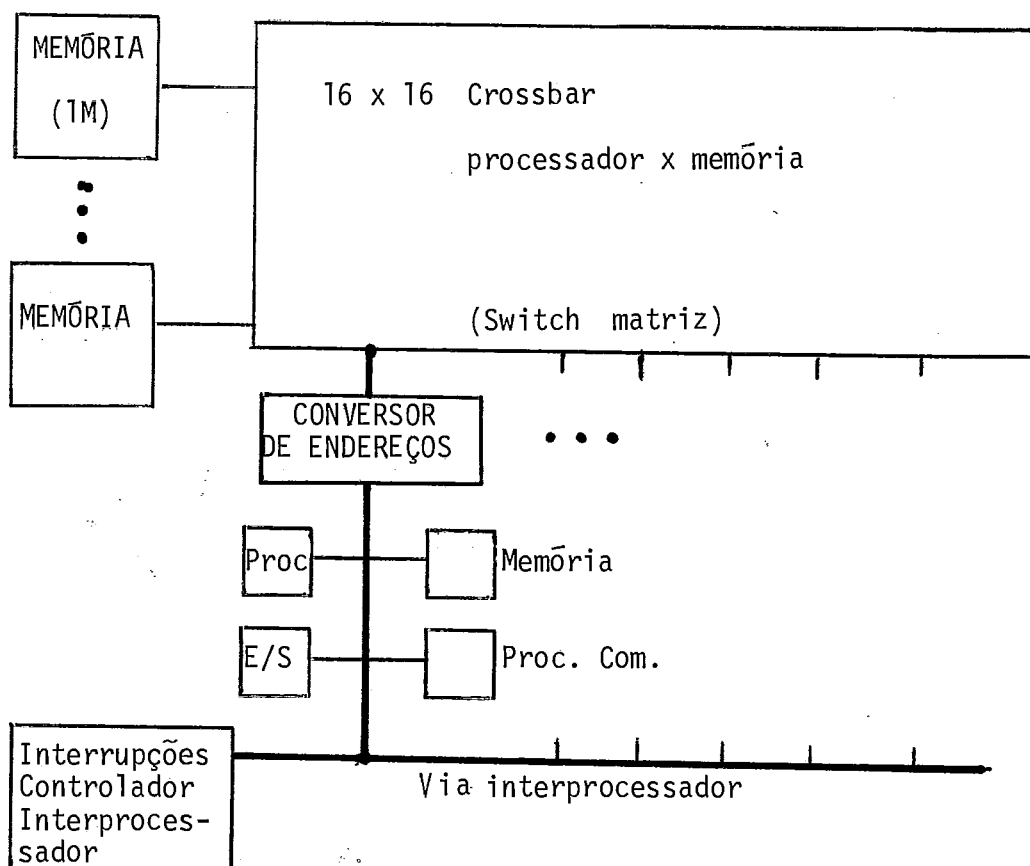


Figura 3.2 - Crossbar - memória compartilhada
C.mmp (Carnegie Mellon Multi-mini processor)

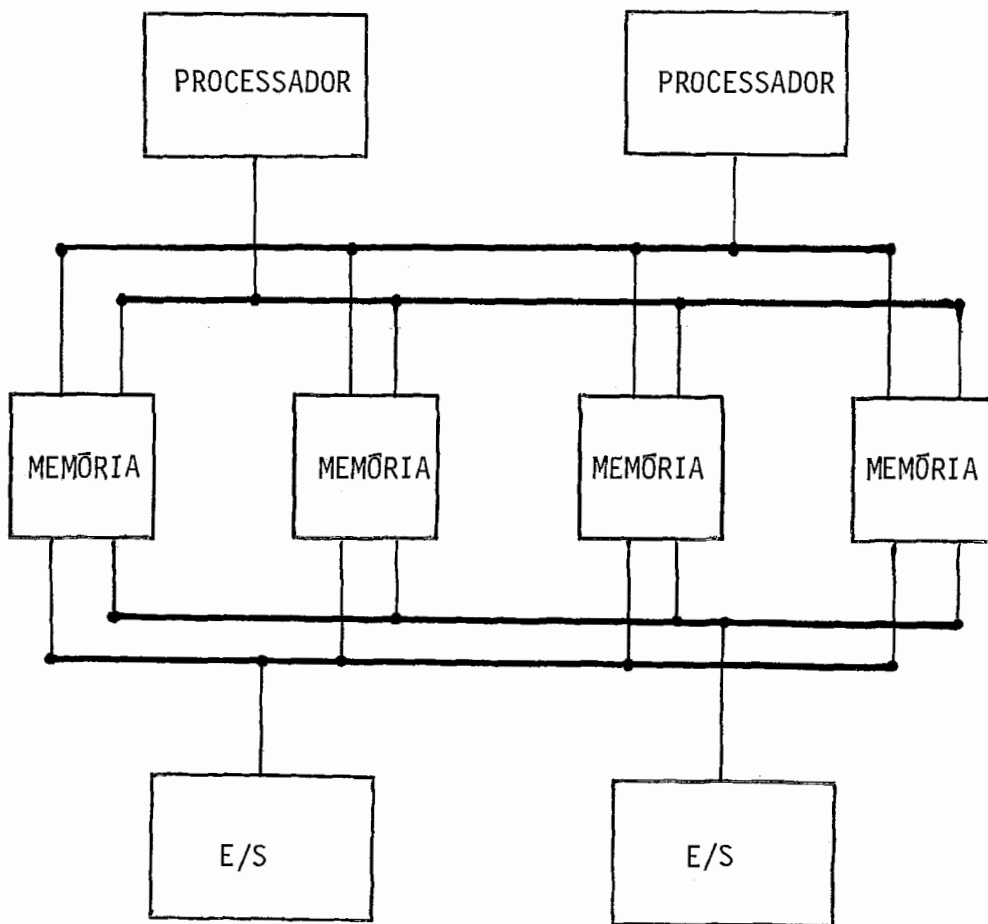


Figura 3.3 - Memória Multiport Compartilhada

3.1.2.4 - Comparação dos Arranjos de Memória e Vias Compartilhadas

Via Compartilhada^{15 43}

- Menor custo do hardware;
- Mínima complexidade;
- Facilidade para modificar a configuração do hardware, adicionando ou removendo unidades funcionais;
- Capacidade do sistema limitada pela capacidade da via;
- Falhas na via acarretam a parada total do sistema;
- Expansão do sistema pela adição de novas unidades pode prejudicar a performance total do mesmo;
- A eficiência máxima do sistema é a menor comparada a outros arranjos;
- Organização apropriada apenas para sistemas de pequeno porte.

Crossbar - Memória Compartilhada

- Maior complexidade dentre todos os arranjos;
- Unidades funcionais são as mais simples e menos dispendiosas, uma vez que a lógica de controle está contida na "switch-matrix";
- A segurança de funcionamento do sistema pode ser melhorada através de segmentação e/ou redundância no controle da matriz.

Memória Multiport Compartilhada

- Requer as mais dispendiosas unidades de memória, uma vez que a maior parte da lógica de controle está incluída nas próprias unidades;

- Altas taxas de transferência podem ser alcançadas no sistema como um todo;
- Tamanho e a configuração são limitados pelo número de entradas (port) nas unidades passivas;
- Grande quantidade de cabos e conectores são necessários.

3.1.3 - Ligação em Anel (Loop)^{4 3}

A ligação em anel consiste de um canal de comunicação de alta velocidade (10-50 Mbit/s)^{20 45}, que é disposto em forma de "círculo" fechado. Nós, tais como computadores, periféricos e outros dispositivos, são acoplados ao canal por meio de unidades chamadas interfaces (loop interfaces).

Uma mensagem, introduzida no anel para ir de um nó a outro, viaja através do sistema até encontrar o nó de destino ou retornar ao seu nó de origem, no caso de não encontrá-lo. Em alguns sistemas as mensagens são retiradas do anel pelos nós de destino e, em outros, pelos nós de origem quando a mensagem houver circulado por todo o anel. Neste caso, é possível a comparação da mensagem recebida com a originalmente transmitida para prevenção de erros.

A configuração em anel é atrativa num sistema distribuído por várias razões:

1) Não há o problema de encaminhamento de mensagens para localização do nó de destino, uma vez que só existe um ca

minho pelo qual seguem todas as mensagens. Um nó transmissor não precisa conhecer a localização do nó receptor, apenas identificá-lo na mensagem. Também as transmissões que se destinam a todos os demais nós são facilmente efetuadas.

2) As conexões podem ser estabelecidas fácil e rapidamente, o que é apropriado em sistemas distribuídos onde, em geral, as mensagens são intermitentes e de pequena extensão.

3) As transmissões de dados são digitais, eliminando a necessidade de conversores.

4) Há pequeno investimento inicial para implementação do sistema e os custos são proporcionais ao número de estações ligadas ao mesmo.

5) A configuração em anel proporciona uma alta taxa de utilização, uma vez que a retransmissão e substituição de mensagens é feita pelas interfaces dos nós e mais de uma mensagem pode estar em trânsito num determinado instante.

6) Anéis são de fácil implementação, não havendo necessidade de sofisticados controles centrais, uma vez que cada interface pode prover sua própria sincronização e controle.

Como desvantagem, a estrutura em anel é bastante vulnerável a falhas nas interfaces, uma vez que elas podem causar a parada total do sistema em virtude da sua organização serial.

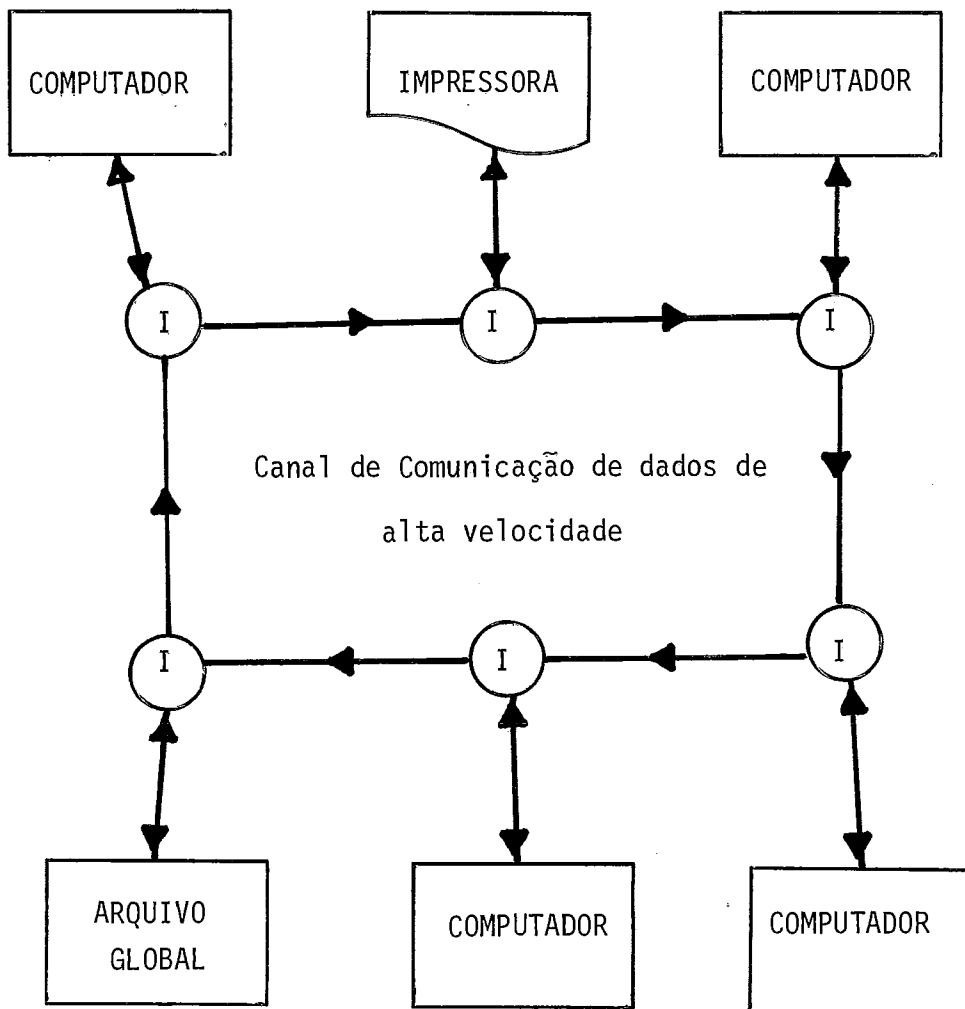


Figura 3.4 - Organização Geral de um Anel.

A caracterização das tecnologias usadas reside no modo como as mensagens são transmitidas e inseridas no anel.

Hã três tipos básicos a considerar: Newhall, Pierce e Delay Insertion.

3.1.3.1 - Anéis do Tipo Newhall

Neste caso, um símbolo de controle é passado através do anel de interface em interface. Somente a interface em poder deste símbolo pode inserir mensagens no anel. As demais interfaces podem apenas receber enquanto não detêm o controle. Quando a transmissão é completada, o símbolo é passado para o no seguinte. Assim, uma interface não recebe interferências durante a transmissão de uma mensagem uma vez que todos os outros nos estarão bloqueados. Isto acarreta, entretanto, que quando uma interface está pronta para transmitir ela deve esperar a chegada do símbolo de controle, mesmo que a porção do anel onde vai ocorrer a transmissão esteja disponível.

O primeiro sistema deste tipo foi construído por Farmer e Newhall em 1969.^{4 5} O primeiro exemplo de um anel Newhall num sistema distribuído é o Distributed Computer System-(DCS), construído em 1972 na Universidade da Califórnia, em 1972.

No DCS, as mensagens são endereçadas aos processos e não as estações. Cada interface tem uma lista dos processos armazenados numa memória associativa. Estes processos são os que estão em atividade no computador ligado aquele nó (a memória associativa pode ser endereçada por conteúdo e possui um mecanismo de busca paralela). Quando a interface é instruída pelo elemento ativo da estação para transmitir uma mensagem, esta adiciona um conector ao início da mesma para assegurar a sincronização. São inseridos também dois bits de controle, denominados Match e Accept, inicialmente com valor zero.

Quando a mensagem passa pelas interfaces do anel é feita a comparação do endereço desta contra as tabelas de processos dos nós. Se há coincidência, a interface que está recebendo cópia a mensagem, alterando para 1 o bit ACCEPT se a cópia for correta ou o bit MATCH se ocorrerem problemas de cópia como erros de transmissão ou impossibilidades lógicas. Estes bits são verificados na volta da mensagem ao nó de origem, fornecendo informações sobre o ocorrido durante a circulação no anel.

3.1.3.2 - Anéis do tipo PIERCE

Neste caso, o espaço de comunicação no anel é dividido em partes (slots) de tamanho fixo nas quais as mensagens são depositadas. Ele pode ser imaginado como uma trilha circular, com vagões encadeados onde alguns podem estar carregados e outros vazios. O controle em anel PIERCE⁴⁵ é centralizado. Cada uma dessas partes contém um bit que indica ela conta ou não mensagens. Desse modo uma interface, para transmitir, deve dividir as mensagens em blocos, aguardar a passagem de partes vazias e preenchê-las com os blocos. Esses devem ser de tamanho fixo, uma vez que as partes assim o são.

Há várias técnicas para preenchimento de mensagens. A Demand Multiplexing (DM) significa que qualquer parte desocupada pode ser usada por um transmissor. Na Synchronous Time Division Multiplexing (STDM) cada interface tem suas partes fixadas, com frequência dependente da velocidade do canal do anel.

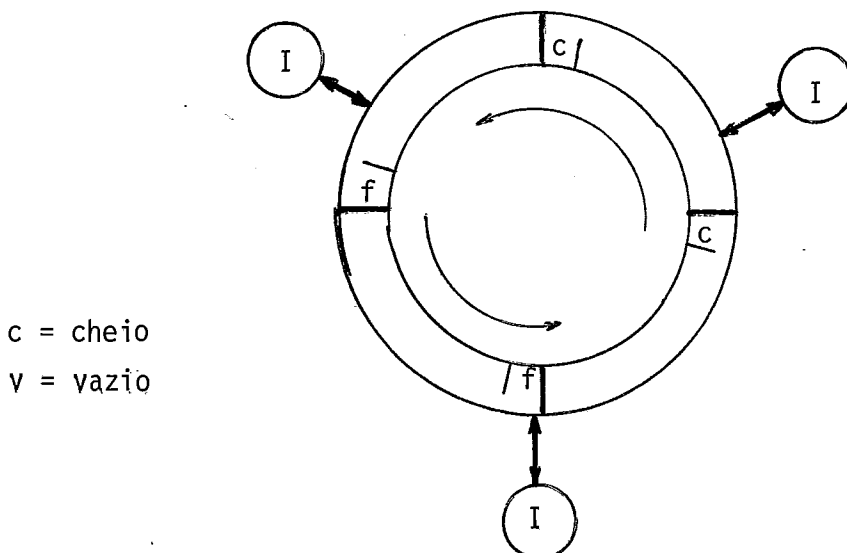


Figura 3.5 - Anel do tipo PIERCE

3.1.3.3 - Anéis do tipo Delay-Insertion

Este esquema foi desenvolvido simultaneamente por E. R. HAFNER para uso em telefonia e por pesquisadores da Ohio State University. A principal diferença entre os dois trabalhos é que no segundo foram consideradas mensagens de tamanho variável. A presente descrição utiliza o modelo desenvolvido por Hafner que o denominou "loop extension strategy". Cada interface tem um conjunto de possibilidades de controle. A figura 3.6 ilustra o princípio básico de funcionamento dessas interfaces.

O registro RSR está normalmente conectado a entrada da linha de comunicação e executa tantas inserções como retiradas de mensagens do fluxo. O segundo registro, TSR, é usado na preparação de mensagens para inserção no anel. O envio e recepção de mensagens é controlado por um conector de três posições que liga a saída do TSR, o RSR ou a entrada da linha à extremidade da linha no sentido de saída do nó.

Quando uma mensagem deve ser transmitida, o conector inicialmente na posição 1, abre o anel por um certo intervalo de tempo indo para a posição 3. Uma vez que o fluxo de chegada de mensagens ao nó é interrompido, o registro RSR atua como um buffer temporário das mesmas. Imediatamente após a inserção da mensagem que estava contida em TSR no anel, o conector volta à posição 3 e a saída de mensagens fica atrasada de uma

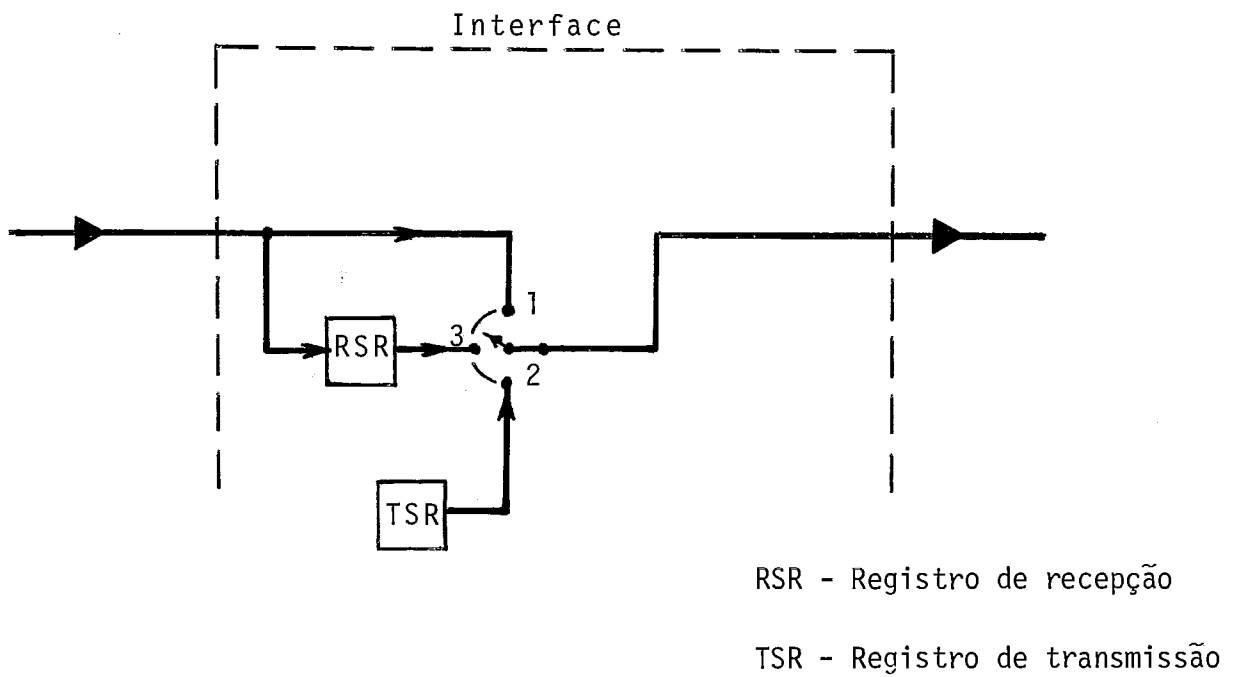
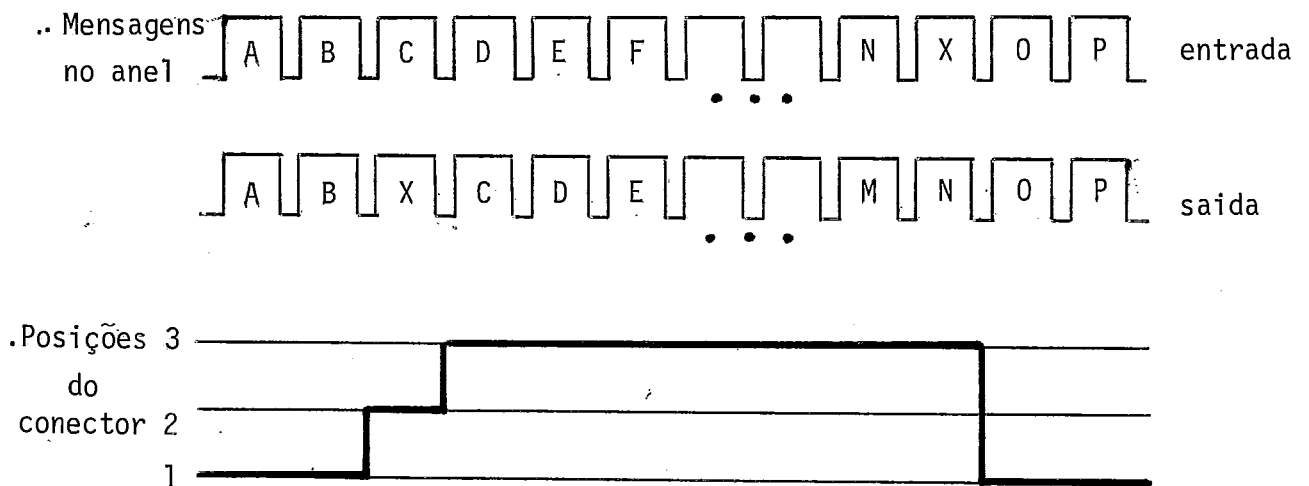


Figura 3.6 - Interface de anéis do tipo "Delay Insertion"

mensagem em relação ao fluxo original, ou seja, a mensagem retransmitida não é a que está sendo recebida, mas sim a anterior, que estava armazenada na interface e assim por diante. Neste ponto, diz-se que a interface está ativa, conectada ao anel. A transmissão de um bloco se pode ser efetuada com a interface no estado passivo, isto é, com o conector na posição 1. Cada nó no anel remove suas próprias mensagens que já tenham circulado no mesmo. Nesta ocasião, a interface se torna passiva. No diagrama a seguir é indicada a passagem do conector do ponto 3 para o 1 por ocasião da retirada da mensagem X.



Neste tipo de anel, uma estação central de monitoração é usada para verificação de blocos com erros de endereçamento e sincronização do sistema.

Vários estudos de performance, baseadas em métodos de simulação, mostraram ser o desempenho global deste método superior aos dos modelos anteriores.

3.1.3.4 - Análise da Performance

Um estudo comparativo da performance dos três modelos aqui citados foi efetuado na Ohio State University utilizando métodos de simulação. O modelo usado consistia de seis nós. As mensagens produzidas em cada nó eram uniformemente endereçadas aos demais, o tráfego inteiramente simétrico e os comprimentos das mensagens eram baseadas numa distribuição de Poisson com média de 50 caracteres. Ficou demonstrado que, nas condições acima, o comprimento ótimo de blocos no modelo PIERCE é de 36 caracteres. Para uma baixa taxa de utilização do canal de comunicação o desempenho do modelo NEWHALL aproxima-se de um Delay Insertion. Com o aumento do tráfego, entretanto, o primeiro mostra-se inferior.

Trabalhando a baixos níveis de utilização, o modelo PIERCE é menos atrativo do que os outros dois, uma vez que há sempre um tempo de espera médio de meio bloco (até que se encerre o atual bloco em transmissão e se inicie um novo) além da necessidade de dividir a mensagem em blocos. Com tráfego

intenso, o modelo PIERCE é mais indicado que o NEWHALL, uma vez que permite transmissão simultâneas por diferentes nós. Nestes modelos, o tempo médio de transmissão não varia com a carga do sistema, o que não acontece no Delay Insertion onde esta média varia bastante com o tráfego.

Nos anéis PIERCE há uma natural prioridade das mensagens que partem dos nós que são primeiramente alcançados pelo fluxo de mensagens sobre seus nós subsequentes. Se um destes nós requisitar seguidamente o canal para transmissão terá acesso aos blocos vazios, diminuindo-se a performance do sistema pelo ponto de vista do nó subsequente. Este problema, chamado dominação do anel (loop domination) é resolvido por introdução de prioridades na obtenção de blocos vazios.

3.1.3.5 - Confiabilidade

O ponto fraco da estrutura em anel é sua vulnerabilidade a erros simples que ocorram em qualquer interface. Erros de transmissão podem afetar o desempenho do sistema produzindo mensagens com endereços não reconhecidos e que ficam circulando indefinidamente no sistema.

Algumas implementações utilizam monitores que examina o fluxo e retiram mensagem que já tenham circulado pelo menos uma vez. Há casos ainda em que as próprias interfaces executam esta tarefa.

Um defeito em um nó qualquer pode provocar a perda de acesso ao mesmo ou a total parada do sistema. Neste caso, é interessante isolar o nó defeituoso, desligando-o do sistema na tentativa de restabelecer as condições normais para as demais interfaces. Farmer e Newhall mostraram ser possível construir uma interface composta de duas seções: a primeira alimentada pela própria energia da linha e a segunda conectada pelo efeito transformador à primeira, alimentada localmente, que seria a interface propriamente dita. A parte secundária conteria um relê que, em caso de pane local, curto-circuitaria a primária desligando a interface e mantendo a continuidade do sistema.

Outro esquema de aumentar a confiabilidade e resistência do anel é a introdução de um canal reserva. Há dois modos básicos de fazê-lo. No primeiro, denominado Bypass, o fluxo é desviado do trecho defeituoso através de unidades de reconfiguração, conforme indicado na figura 3.7. O problema é que a própria unidade de reconfiguração passa a ser um ponto crítico na incidência de defeitos, podendo causar a parada do sistema.

Outra técnica, conhecida como do Isolamento (Self-Heal), é baseada numa duplicação bidirecional do canal de comunicação. Neste arranjo, a ligação do sistema pode ser mantida mesmo com defeito em unidades de reconfiguração e/ou nós adjacentes, pois o trecho é isolado (figura 3.8).

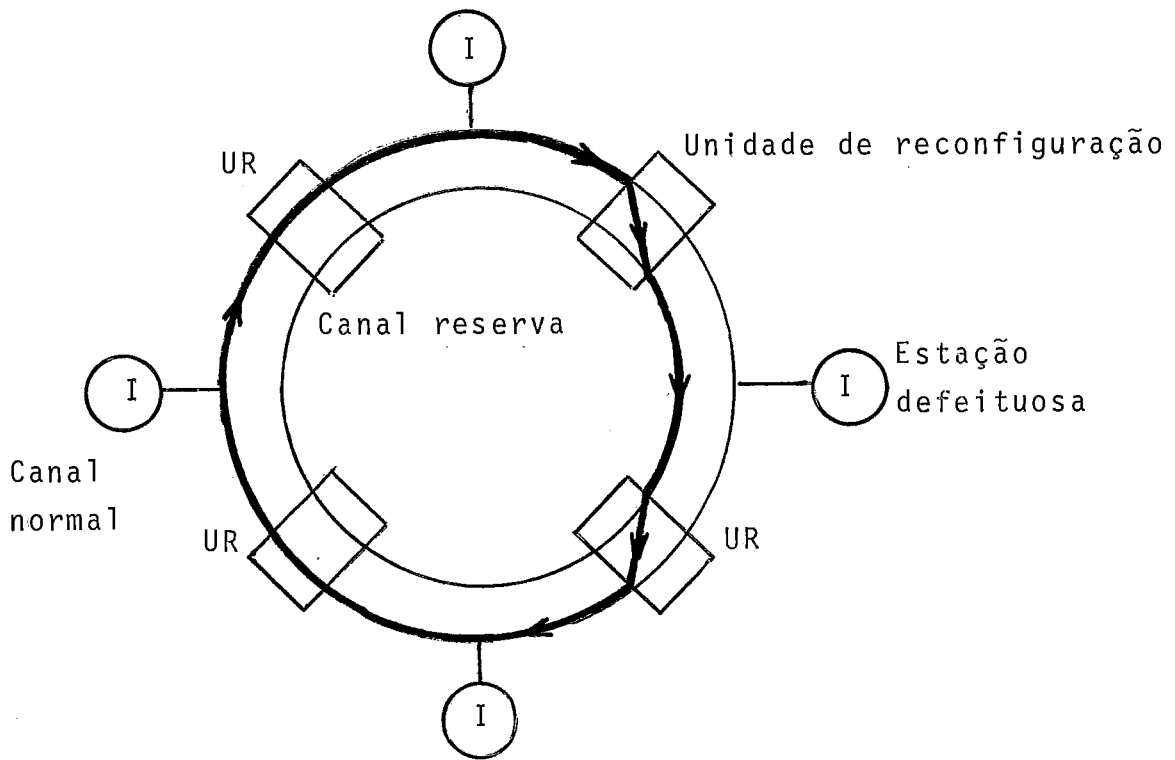


Figura 3.7 - Técnica "Bypass"

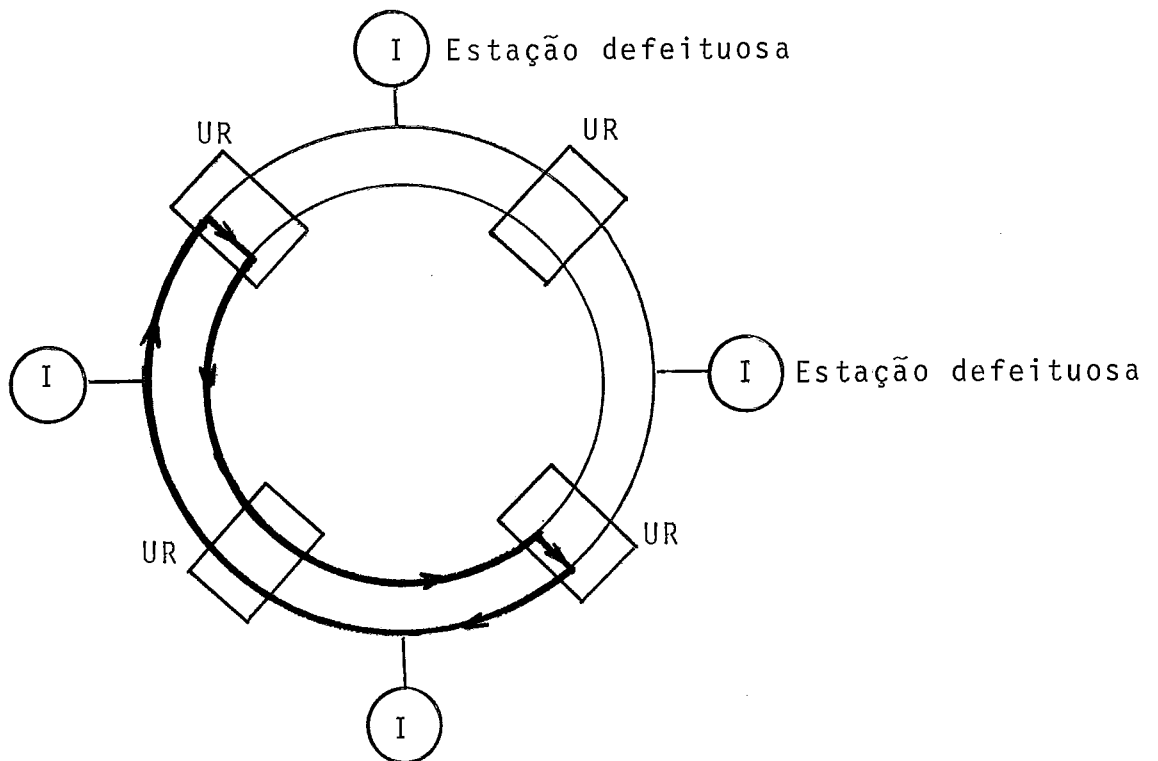


Figura 3.8 - Técnica do Isolamento

Sistemas dispostos em forma de multi-anéis hierárquicos aumentam consideravelmente a confiabilidade. As figuras 3.10 e 3.11 mostram exemplos de dois e três estágios. Nestes sistemas, os sub-anéis são conectados por interfaces especiais que transferem blocos de um anel para outro.

Outra técnica, apresentada por Hafner, consiste numa configuração trançada (Braid), pela qual obtém-se considerável aumento de confiabilidade em relação aos sistemas duplicados. A figura 3.9 mostra as diferenças entre um sistema duplicado comum e um sistema trançado. Usando o mesmo número de interfaces, mas com 50% a mais (em média) de extensão de linhas, o que não chega a ser significativo, este método apresenta a vantagem adicional de poder-se retirar um nó sem a parada do sistema. No caso da figura c, por exemplo, apenas a parada de três nós consecutivos provocaria a interrupção do anel.

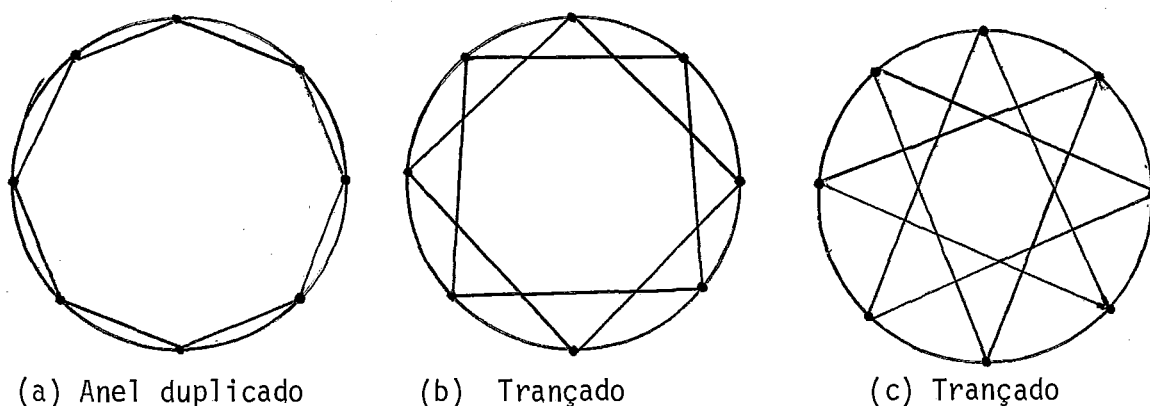


Figura 3.9

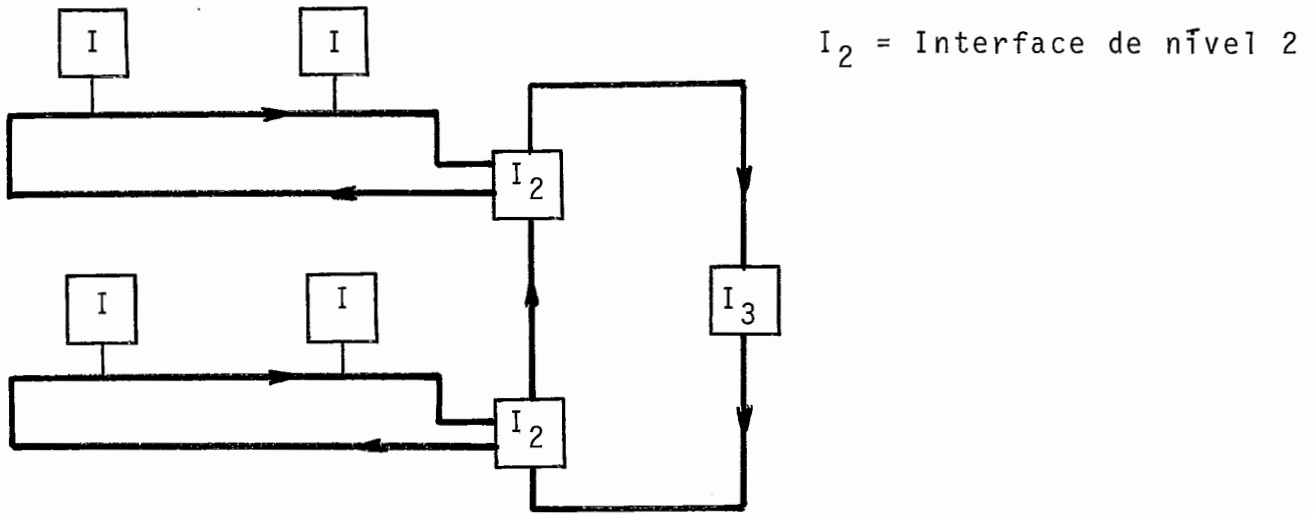


Figura 3.10 - Anéis hierárquicos (2 níveis)

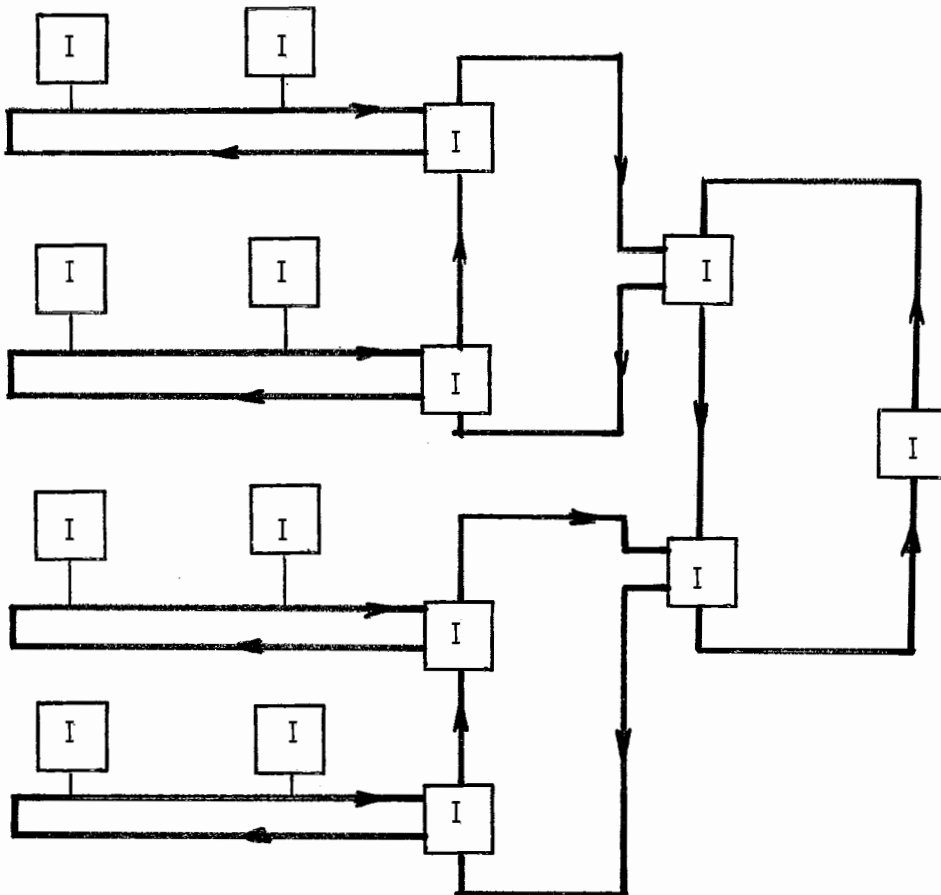


Figura 3.11 - Anéis hierárquicos (3 níveis)

3.1.4 - Ligação em Estrela⁴⁰

Neste arranjo, um computador forma o centro do sistema (master) agindo como controlador ligado independentemente aos computadores periféricos (slaves). A figura 3.12 apresenta o esquema básico desta técnica. O funcionamento é similar ao da rede hierárquica de dois níveis, onde o master atua tanto como um comutador de mensagens quanto um computador de uso geral. É evidente que a ligação em estrela pode ser expandida para um esquema hierárquico.

O funcionamento básico desta configuração, de acordo com a figura, é descrito a seguir. Quando o sistema A tem mensagens a enviar para o sistema B, aquele solicita ao master o estabelecimento de um caminho até o sistema de destino para a transmissão. Se o sistema C requer uma transmissão para o sistema B neste ínterim, deve aguardar até que seja efetuada a ligação master-B. Em geral, são efetuadas transmissões simultâneas em caminhos sem trecho em comum.

Há diferenças na escolha da gama de funções executadas pelo central. Enquanto em alguns sistemas este atua simplesmente como um comutador de mensagens, redistribuindo informações trocadas entre os demais componentes da rede, em outros esta função é complementada com a execução de tarefas solicitadas pelos sistemas periféricos. Isto acarreta um maior porte para o Sistema Central de acordo com a carga de processamento solicitada.

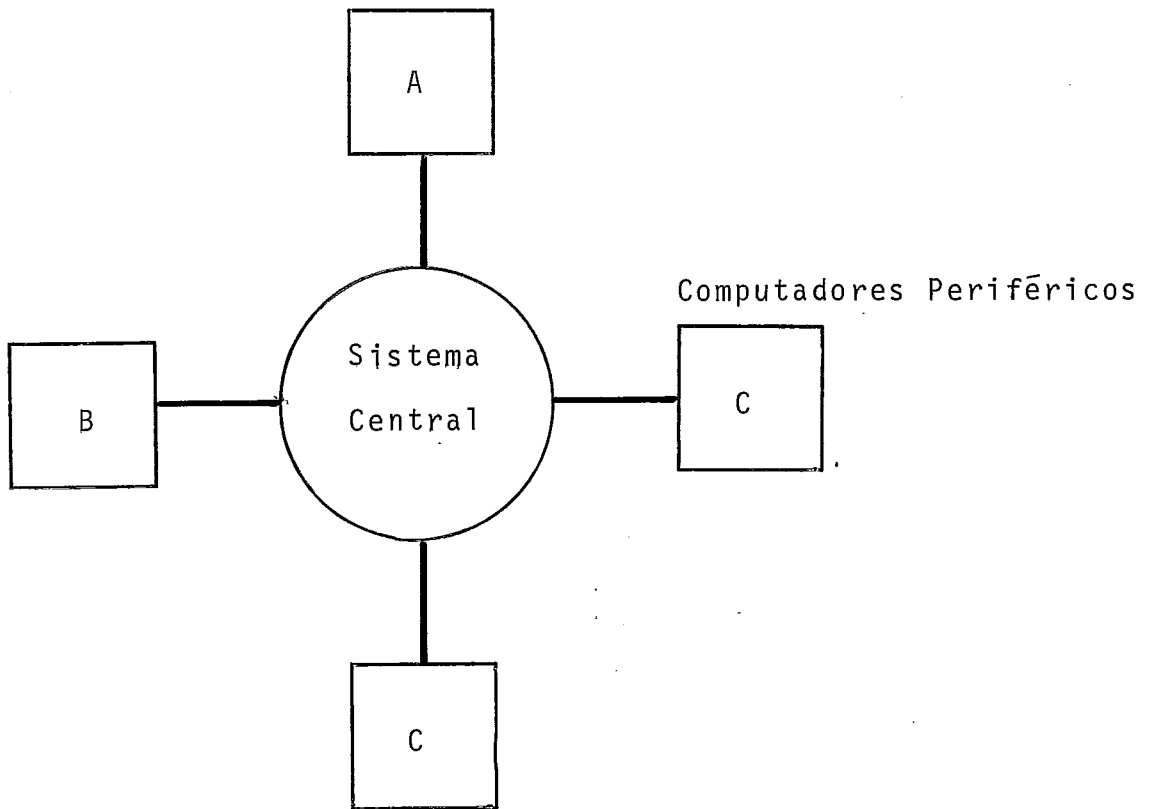


Figura 3.12 - Ligação em Estrela

Do ponto de vista estrito da ligação, este modelo é similar ao de via compartilhada, onde os sistemas trocam mensagens por um caminho centralizado.

A capacidade requerida no computador central depende dos tempos de resposta máximos das mensagens e de sua frequência no tempo. O processamento de uma mensagem depende ainda do número de componentes do sistema e do comprimento da mesma. Este tempo, necessário para transferir uma mensagem de um componente a outro, é composto pelo tempo de espera e transmissão ao master, processamento pelo master e transmissão do master ao componente de destino.

Um exemplo de ligação em estrela é o NODM (Network-Oriented Data Acquisition System), projetado para atuar num ambiente hospitalar no controle de laboratórios.

Este sistema utiliza um DEC-10, de grande porte, atuando em time-sharing ligado a computadores PDP-11 como satélites. Para o DEC-10, os PDP-11 aparecem como terminais inteligentes interativos. A ligação entre os mesmos é através de loop de corrente, 20 mA, serial, assíncrona a velocidade de 9600 bps. A distância típica dos satélites ao master nesta configuração é de 250 metros. Os programas para os computadores menores são desenvolvidos no sistema central e carregados nos mesmos através das linhas de conexão.

3.1.5 - Ligação Hierárquica ou em Árvore

Neste arranjo, os computadores dedicados que execu tam determinadas funções estão ligados a outro, geralmente de maior porte, que monitora suas operações. O segundo sistema, por sua vez, pode também ser monitorado por outro e passar para ele sua carga de processamento de maiores proporções. Em qual quer caso, a comunicação entre processadores e computadores o corre com máquinas em diferentes níveis hierárquicos e não de mesmo nível como em outras configurações. Essa organização é análoga à de muitas empresas e indústrias onde, num nível pri mário, as atividades são de propósito específico, definidas e executadas por agentes especializados.

Num sistema hierárquico, os componentes situados na base da pirâmide são em geral minicomputadores dedicados e com configuração restrita à execução de tarefas específicas. Como no caso da indústria, a medida que se sobe na hierarquia, con centra-se a maior capacidade de processamento; atuando, entre tanto, com dados já filtrados nos níveis inferiores. A infor mação transita verticalmente entre os componentes consistindo esta de dados, comandos, programas ou combinações destes ele mentos.

Um exemplo típico de distribuição hierárquica é apre sentado na figura 3.13.

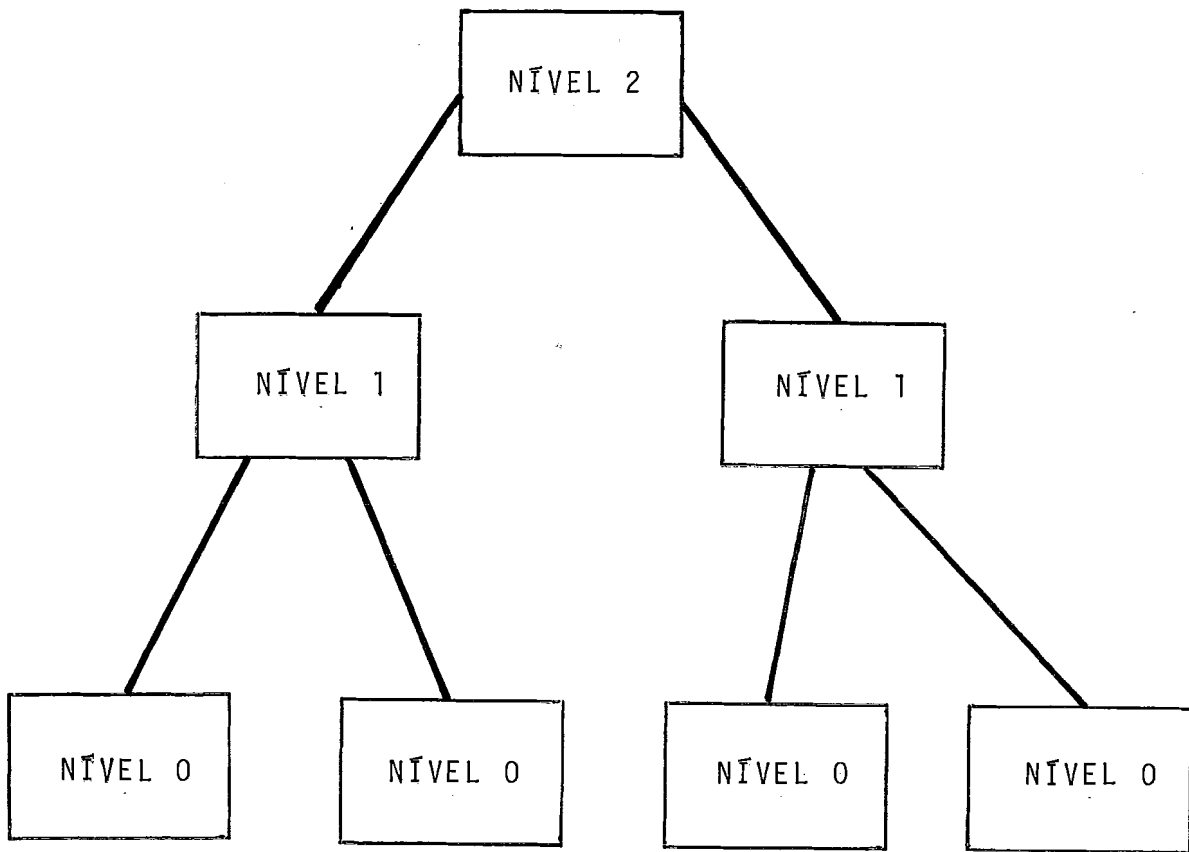


Figura 3.13 - Ligação Hierárquica

No nível 0 estão microprocessadores ou circuitos lógicos ligados a sensores que analisam dados de tensão, temperatura, pressão, etc. Funções de validação de unidades sensoras também podem aqui ser executadas. Mudanças nestes valores atingindo níveis fora do padrão ou discrepâncias de dados são imediatamente armazenadas e transpostas para o nível 1. Os componentes do nível 0 são, como se observa, sistemas dedicados e especializados com processos limitados, em geral executando tarefas de aquisição de dados e transferindo-os aos níveis superiores. No nível 1 aumenta a capacidade de processamento dos componentes e a complexidade dos processos ali instalados. Como funções básicas neste nível estariam a transmissão de programas e/ou padrões para os componentes monitorados e a recepção dos dados por eles transmitidos. Além disso, é comum nos níveis superiores a capacidade para desenvolvimento de programas, processamento em batch e execução de sistemas interativos. A consulta por parte do nível 1 ao nível 0 para recebimento de mensagens pode ser feita à base de polling ou via interrupções. O aumento do número de níveis pode gerar uma pesada carga de controle nas comunicações, o que aumenta consideravelmente o tempo de resposta.

3.1.5.1 - Confiabilidade

Hã dois pontos principais a considerar: uma falha num processador, que pode invalidar toda a estrutura a ele ligada (quando não estiver no nível 0) e uma falha num canal de comunicação, com efeito semelhante. A solução tentada é através de introdução de redundância. Num primeiro esquema, pode-se duplicar o equipamento, o que teria altos custos. Outra solução é introduzir processadores para discrepâncias nos níveis superiores que, verificando falhas no sistema original, provocam o desvio para o sistema de reserva da ligação inicialmente no sistema defeituoso.

A introdução de redundância apesar de duplicar o equipamento não aumenta necessariamente a confiabilidade do sistema nessa proporção.

Embora usando de redundância, uma técnica frequentemente usada é fazer com que o sistema distribuído possa trabalhar em condições não ideais. A idéia é observar alguns pontos para que possíveis falhas causem um mínimo de perda de informações e descontinuidade. Estes pontos seriam:

- na falha de um componente do nível 0, interromper seu processamento passando o controle automaticamente para o reserva;
- cada componente deve ser capaz de reter por longos períodos dados destinados a outros componentes, proporcionando tempo para reparos;

- componentes independentes no que tange a programas a executar e coisas deste tipo. O sistema pode estimar dados ou trabalhar com resultados anteriores em caso de pane do fornecedor;

- o sistema deve ser capaz de localizar e sinalizar seus componentes defeituosos, proporcionando maior rapidez no reparo dos mesmos.

3.1.5.2 - Comunicação entre os Componentes

Em geral nos esquemas hierárquicos a comunicação de dados é feita ponto-a-ponto entre os vários níveis. As transferências são feitas em blocos de tamanho fixo ou variável, identificados e contendo informações para verificação vertical e horizontal de erros de transmissão.

O problema do recebimento de mensagens aparece mais intensamente nos componentes do nível 1, aos quais estão ligados, geralmente, diversos componentes do nível 0, com mensagens frequentes e não sincronizadas, resultantes do processo de aquisição de dados. O atendimento a estas mensagens pode ser efetuado na forma de pooling, interrupção ou com transferência direta para a memória dos computadores do nível 1.

O primeiro caso ocasiona uma maior constância no atendimento a cada elemento de nível 0 separadamente, embora possa representar um tempo mínimo entre um atendimento e outro que

seja inviável para o sistema. No segundo caso, o atendimento é feito sob demanda. O inconveniente, entretanto, é que poderia haver perda de mensagens caso a demanda em determinado instante estivesse em níveis nos quais o processador de nível 1 não fosse capaz de garantir um tempo de resposta máximo.

O acesso direto à memória é bastante eficiente quanto a tempos de atendimento a mensagens ocasionando, porém, a necessidade de buffers que garantam a exclusividade de acesso para cada um dos componentes que devem transferir dados, além de introduzir custos em geral mais elevados devido à natureza complexa de tal hardware.

3.1.6 - Ligação Ponto-a-Ponto ou Completamente Conectada

Consiste de dois ou mais componentes ligados entre si por linhas de transmissão serial. A complexidade da rede cresce rapidamente com o número de elementos.

Um componente do sistema pode estar ligado a alguns ou a todos os demais, sendo neste último caso o sistema dito "completamente conectado". Na figura 3.14 vê-se o exemplo de uma ligação completa.

A falha de um elo de comunicação entre dois sistemas quaisquer (havendo mais de 2 no conjunto) não afeta o fluxo de comunicação, pois há outros caminhos para que uma mensagem a

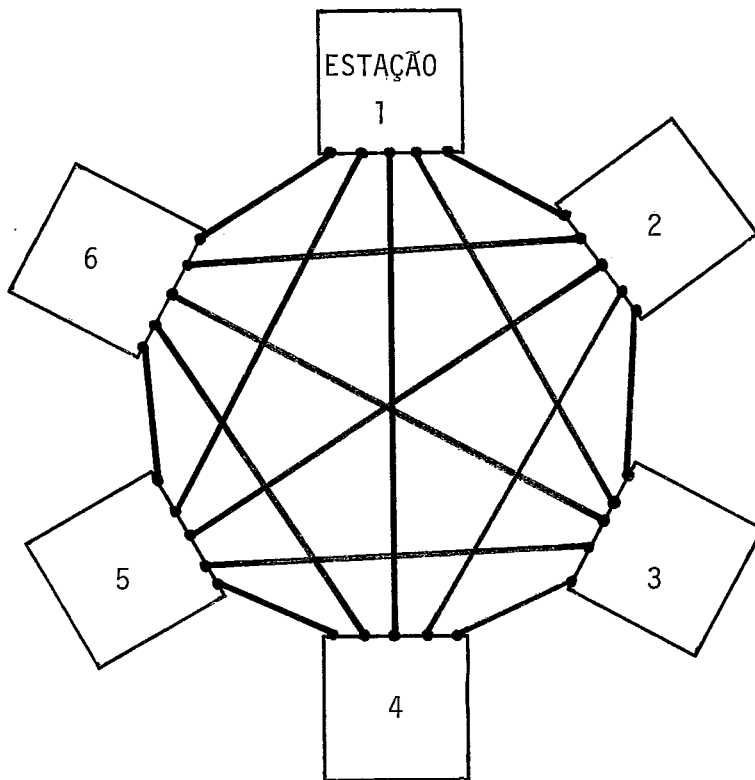


Figura 3.14 - Ligação Completamente Conectada

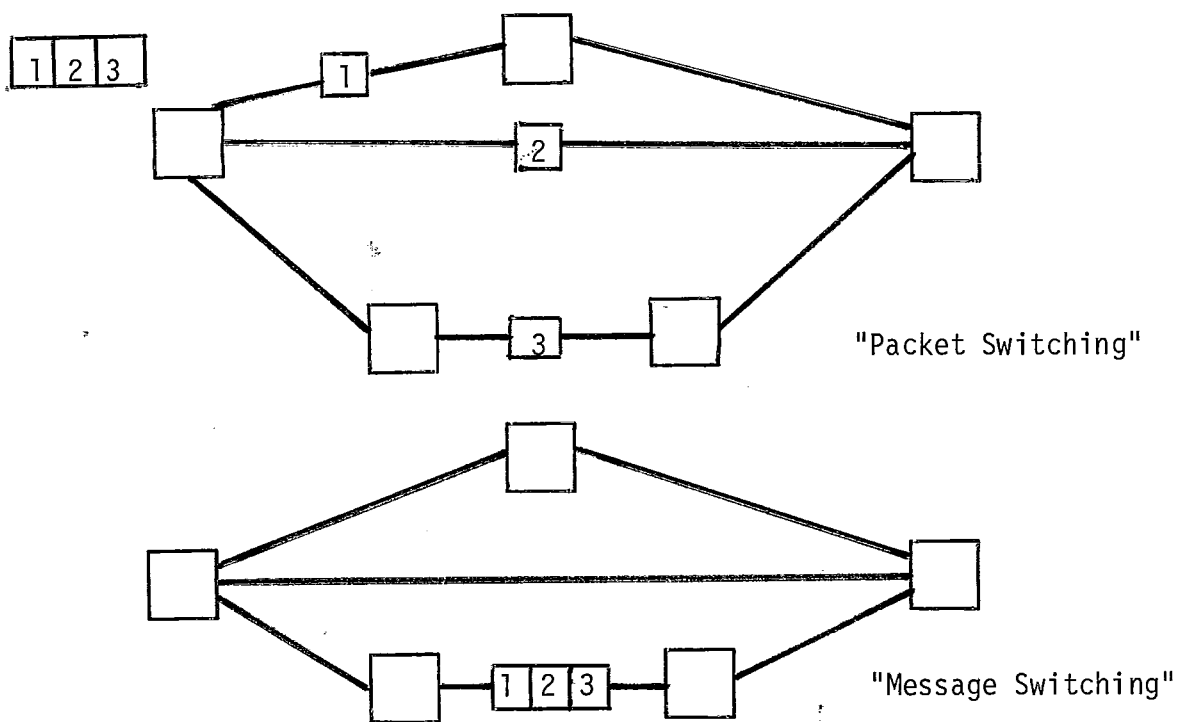


Figura 3.15

tinha a seu destinatário. O número de canais num arranjo desse tipo, entretanto, seria expresso por $N(N-1)/2$ (combinação de N elementos tomados dois a dois), o que torna bastante custosa tal solução.

O mais comum nestes sistemas é usar redes parcialmente interconectadas, ou seja, prover a possibilidade de indiretamente existir pelo menos um caminho para comunicação entre dois pontos sem, contudo, ligar fisicamente estes pontos entre si.

As técnicas baseadas nesta idéia são chamadas circuit-switching, message-switching e packet-switching.

Na primeira, as comunicações são estabelecidas sob demanda, através de circuitos comuns pelo tempo necessário. Este arranjo assemelha-se a uma chamada telefônica em que os aparelhos ficam conectados durante a ligação usando troncos comuns.

As demais técnicas referem-se ao modo como a mensagem é transferida. Em grandes redes de distribuição, o que se tem são processadores de comunicação geograficamente distribuídos, ligados entre si parcialmente ou completamente, com caminhos exclusivos de transmissão de dados. Ligados a estes processadores há as subredes, formadas por mini-computadores, terminais inteligentes, periféricos e outros.

As mensagens são introduzidas na rede pelos processadores e as redes são classificadas como message e packet switching nas condições a seguir.

Nos sistemas de message-switching, as mensagens deslocam-se através da rede como foram construídas originalmente e através de um caminho único, estabelecido de acordo com as condições da rede no momento da transmissão. Isto acarreta processadores mais dispendiosos, atrasos maiores em alguns troncos devido a mensagens muito extensas, uso ineficiente dos recursos da rede e flexibilidade limitada no atendimento a flutuação de demanda.

A alternativa comumente utilizada consiste no desmembramento das mensagens em blocos, por ocasião de sua transmissão e a transformação da mesma em diversas mensagens de tamanho fixo, que percorrem a rede independentemente, por caminhos distintos ou não e são reagrupados no ponto de destino, refazendo a mensagem original. A figura 3.15 ilustra este conceito.

O processador de comunicação geralmente executa as tarefas de decomposição e restauração das mensagens. Cada bloco (1000 bits é um comprimento típico) é transmitido como se fosse uma mensagem independente. A escolha da rota a ser tomada pode ser efetuada dinamicamente a partir de informações sobre a topologia da rede e das condições atuais de tráfego. Desse modo, pode não ser previsível esta rota, permitindo inclusi

ve a cada um dos blocos tomar diferentes caminhos. Esta filosofia foi empregada com êxito na ARPANET (rede da Advanced Research Projects Agency, nos EUA) e foi imediatamente seguida por vários outros sistemas deste tipo.

A diferença básica entre redes com "circuit-switching" e "message/packet switching" é que, no primeiro caso, virtualmente não há intermediários numa transmissão de dados, ou seja, cada componente é capaz de "sintonizar" o seu par, apesar da não existência física do caminho exclusivo, e efetuar diretamente a transmissão.

Um sistema packet-switching é mais simples de ser implementado quando os caminhos de comunicação são definidos dinamicamente. Esta vantagem é evidente em redes de grande porte com um intenso tráfego de mensagens entre componentes dispersos geograficamente. A transmissão em blocos de tamanho fixo proporciona maiores facilidades para definição e padronização dos protocolos e software de comunicação.

3.1.7 - Rede Local do Campus da UFRJ¹

Um dos projetos em andamento no NCE/UFRJ objetiva a construção do software e hardware necessários ao estabelecimento de uma rede local integrada pelos sistemas atualmente em uso no campus.

Devido a proximidade dos componentes, optou-se pela técnica de anel onde consegue-se altas taxas de transferências a baixo custo.

3.1.7.1 - Descrição do Equipamento

As características da rede são:

- Velocidade de transmissão: até 10 M bits/s;
- Transmissão via 2 pares TTY comuns;
- Distância máxima entre repetidores: 100 m;
- Mensagens em blocos de tamanho fixo: 38 bits.

Cada estação é formada por uma repetidora (REP), uma interface da repetidora (ICR) e um processador de mensagens (PRM). Estas três partes são independentes com vistas a confiabilidade do sistema. Um defeito no ICR ou PRM não impede que a repetidora continue funcionando, dando continuidade ao fluxo de transmissão. A interface controla efetivamente a estação. É responsável pela lógica de transmissão, recepção de blocos e atualização de bits sinalizadores nas mensagens.

O processador de mensagens comunica o computador ou periférico ligado a estação à interface. Nesta rede, este processador foi implementado por microprocessador que cumpre ainda a tarefa de dividir e reagrupar blocos. A ligação entre este e o computador é feita através de ligação assíncrona a 9600 bauds, serial. Isto deve-se ao fato de que tais ligações já

serem efetuadas normalmente por outros equipamentos desenvolvidos na UFRJ. Com a implementação inicial da rede será possível analisar meios mais eficientes de efetuar a ligação dos componentes da rede às interfaces.

Há na rede uma estação especial, chamada estação monitora, responsável pela partida da rede, sincronizando os pacotes vazios e pela verificação e retirada de mensagens perdidas em circulação.

Na fase inicial, esta insere uma cadeia de blocos zerados (vazios) interpretados pelas demais estações.

Para evitar a circulação de blocos, perdidos na passagem pela monitora os mesmos são marcados. Se um bloco assinado passar novamente é retirado.

Outra função da monitora é mostrar erros de paridade ocorridos na rede. O mecanismo de detecção funciona do seguinte modo: Cada repetidora verifica a paridade de um pacote marcando-o em caso de erro. Neste caso, envia uma mensagem automaticamente à estação monitora, usando o próximo bloco vazio, informando àquela a ocorrência de erro, bem como o endereço da estação remetente. A monitora, ao receber o pacote, identifica num painel a estação geradora do erro.

A estação monitora não dispõe de processador de mensagens ficando isolada de outros computadores. A lógica é por hardware.

A transmissão através da rede realiza-se em blocos de tamanho fixo de 31 bits com o seguinte formato:

bit

1	marca de início do pacote
2	indicador ocupado/vazio
3	usado pela estação monitora
4 - 11	endereço da estação de destino
12 - 19	endereço da estação de origem
20 - 35	campo de dados
36 - 37	código recebimento
38	paridade

Os pacotes são "retirados" pelas estações de origem. O código de recebimento pode indicar quatro situações:

1 - bloco ignorado

Quando a estação de destino estiver desligada, funcionando apenas a repetidora.

2 - bloco aceito

Caso normal.

3 - bloco não aceito, estação ocupada

Quando a estação de origem reconhece o bloco mas não pode aceitá-lo.

4 - bloco rejeitado

Quando a estação está logicamente bloqueada para determinadas estações de origem.

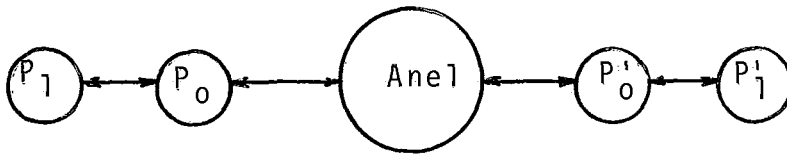
Quando uma estação utiliza um bloco vazio para transmissão ela, ao esvaziá-lo após a circulação, não pode utilizá-lo novamente na mesma passada. Isto faz com que a vez da transmissão seja cedida à próxima estação. Esta técnica, conhecida como "round-robin", permite um melhor equilíbrio na distribuição da utilização da rede evitando que alguma estação monopolize as transmissões.

A comunicação computador-estação realiza-se ao nível de mensagens. Dentro da estação estas são decompostas formando os blocos de transmissão. Para cada mensagem é enviado um bloco de controle, no início, contendo informações de controle e indicando o número de blocos que compõem a mensagem.

Ao primeiro bloco seguem-se N pacotes, cada um com 16 bits de dados. O tamanho máximo de uma mensagem é 2.048 bytes.

3.1.7.2 - Software de Apoio

A rede provê uma infra-estrutura de software para comunicação entre os processos nos computadores da mesma.



Este serviço é executado pelos processos P_0 que agem como intermediários na comunicação dos processos P_1 . As seguintes primitivas são disponíveis a estes processos:

Identificação - Usada para identificação de um processo para com seu processo P_0 correspondente, fornecendo parâmetros como nome, normas de acesso, etc.

Ligação - Para o envio de mensagens é necessário antes o estabelecimento de ligação com o processo destinatário.

Ler - Leitura de uma mensagem de outro processo.

Escrever - Envio de uma mensagem para outro processo.

Finalizar - Encerrar a ligação.

Status - Estado da transmissão, mensagens pendentes, etc.

Cancelar - Cancelar comandos pedentes.

Reiniciar - Voltar a um estado inicial conhecido.

3.2 - INTERCOMUNICAÇÃO DE MENSAGENS

3.2.1 - Introdução

Uma rede de computadores é basicamente uma ferramenta. Sua tarefa é bastante parecida com a de um sistema operacional, cuja função é prover meios e facilidades para programas sob sua supervisão. Assim sendo, a rede deve criar possibilidades para que os processos e serviços possam estabelecer canais de comunicação entre si de modo compreensível e de uso simples.

O termo "protocolo" foi introduzido no jargão da computação no final da década de 60³⁰, quando da implantação da rede americana ARPANET. Um protocolo, analogamente ao uso do termo com respeito a relações pessoais, é um conjunto de regras que controlam a troca de informações entre entidades ou elementos de um sistema. Estes elementos podem ser circuitos, modems, terminais, concentradores, computadores, processos ou mesmo pessoas.

3.2.2 - Redes quanto a utilização⁴²

É interessante analisar que as redes podem ser classificadas quanto à sua utilização. Este fato influencia a escolha dos protocolos a serem implementados. Basicamente, distinguem-se três tipos de utilização: redes de recursos compartilhados, redes de processamento distribuído e redes para comunicações remotas.

3.2.2.1 - Redes de recursos compartilhados

A idéia básica nestas redes é fazer com que os recursos de um sistema fiquem disponíveis ou sejam divididos com os demais elementos da rede. Os recursos podem ser físicos, como uma impressora, ou virtuais, como um arquivo em disco. A rede encarrega-se de torná-los acessíveis como se fossem locais ao componente que os acessa. Exemplos de atividades com recursos compartilhados são o acesso a arquivos remotos, transferência de arquivos entre computadores, consultas a bancos de dados distribuídos e uso remoto de impressoras. A comunicação é, em geral, feita entre um programa sendo executado e um dispositivo de E/S ou um gerenciador de recursos. Em alguns casos, a comunicação envolve uma série sequencial de dados (como no caso da transmissão de um arquivo) enquanto, em outros, dá-se por meio de mensagens curtas e independentes, como no caso de gerenciamento de terminais.

3.2.2.2 - Redes de Processamento Distribuído

Nestes sistemas, processos cooperantes trocam informações para a execução de uma tarefa global.

Esta comunicação entre programas é análoga à comunicação via chamadas de subrotinas ou co-rotinas, apenas que a troca de parâmetros dá-se através da rede. Exemplos de processamento distribuído são controle de processos em tempo real, sistemas de multi-processamento tais como bancos de dados e estruturas de processamento paralelo.

3.2.2.3 - Redes de Comunicações Remotas

O objetivo destas redes é conectar usuários a sistemas em locais remotos, de modo a se obter um custo compensador. Terminais interativos e estações de RJE usam este tipo de comunicação, dividindo a possibilidade de comunicação dentro da rede, em geral por concentradores e multiplexadores, tanto na movimentação de informações para o computador hospedeiro como vice-versa.

As mensagens características dos terminais são curtas e espaçadas enquanto que no processamento remoto em batch há transferência de longas sequências de dados.

3.2.3 - Estações de Trabalho (Work Station)

Outra maneira de analisar sistemas de comunicação de dados é dividindo a rede num conjunto de estações de trabalho e modelando-a de acordo com o fluxo de comunicação ou informações existentes entre estas estações.

Uma estação de trabalho ou não é a reunião de elementos que executam no todo um conjunto definido de funções que são executadas de acordo com programas ou circuitos integrantes da estação. Esta comunica-se com o mundo exterior seguindo uma regra e canais de comunicação definidos. Os pedidos para a execução de tarefas chegam através destes canais, assim como são enviados resultados gerados no decorrer do processamento.

A figura 3.16 mostra um modelo de estação de trabalho. Sistemas de RJE, Sistemas de bancos de dados, terminais inteligentes e programas de aplicação podem ser vistos como estações de trabalho.

3.2.4 - Níveis de Protocolos

Inicialmente, quase todos os protocolos eram projetados como elementos compactos, específicos da aplicação, que executavam todas as tarefas necessárias na rede, do mais alto ao mais baixo nível.³⁶ Em projetos mais recentes, entretanto,

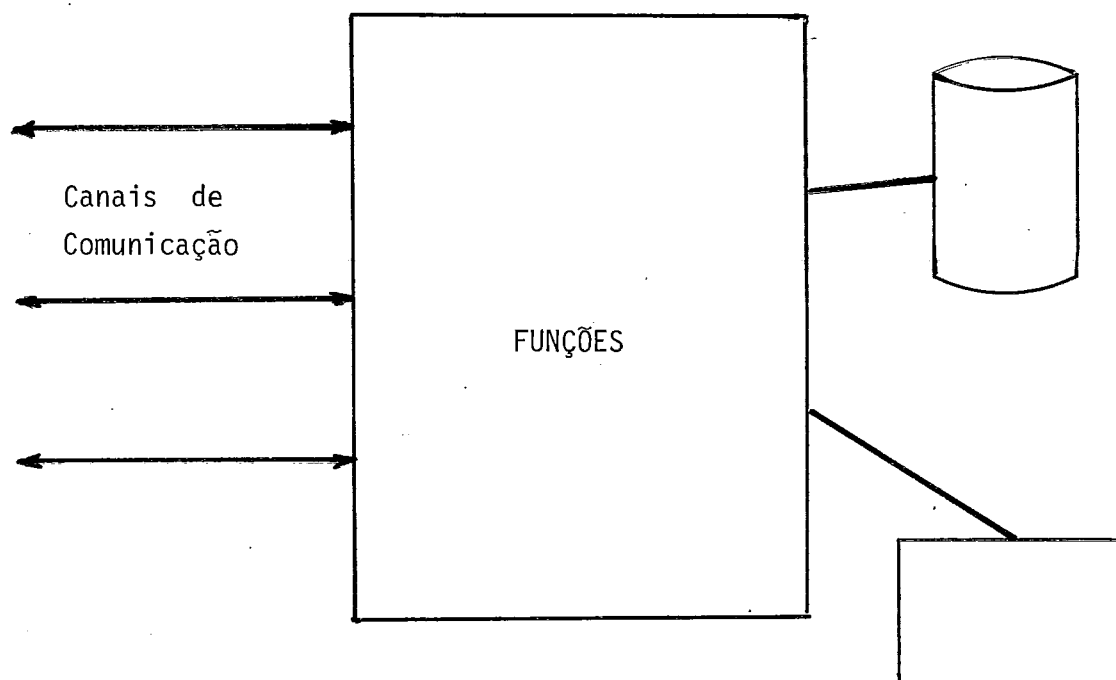


Figura 3.16 - Modelo de Estação de Trabalho

tem surgido a tendência para estruturas hierárquicas de vários níveis, nas quais os detalhes de implementação de cada nível são totalmente transparentes aos demais. Mc Quillan e Cerf²⁵ descrevem três vantagens fundamentais deste método:

- . separação de funções
- . delegação de responsabilidades de gerenciamento de recursos
- . susceptibilidade a mudanças

Não há, a rigor, um padrão uniforme para a escolha destes níveis e de seus limites. É corrente, porém, a divisão em quatro níveis (chamados layers na literatura especializada).

3.2.4.1 - Nível 1

Seriam os padrões para ligações físicas de componentes, descrevendo elétrica e mecanicamente as interfaces entre DCE (data circuit termination equipment) e DTE (data terminal equipment).

Há vários standards internacionais largamente usados. Maiores detalhes podem ser obtidos nas referências ¹⁷ e ⁴³.

3.2.4.2 - Nível 2

Também chamado Data Link Control Layer (DLC). Este nível de protocolo contém a sintaxe ou conjunto de regras segundo as quais são transferidas informações entre dois componentes através de um único canal de comunicação. As funções básicas executadas neste nível são a manipulação de erros de transmissão, formatação de mensagens e sequenciamento de blocos (evitando a perda ou duplicação dos mesmos). Alguns exemplos de protocolos atuando como DLC são o ANSI ADCCP (Advanced Data Communication Control Procedures), o ISO HDLC (High-level Data Link Control), o DEC DDCMP (Digital Data Communications Message Protocol) e o IBM SDLC (Synchronous Data Link), descritos em detalhe na referência⁴³.

3.2.4.3 - Nível 3

Também denominado network control ou end-to-end protocol, este nível cria caminhos de comunicação entre usuários finais. Ele providencia transporte de mensagens através da rede e gerencia mecanismos de circuitos virtuais. Em redes não totalmente conectadas é função deste nível de protocolo o estabelecimento da rota a ser usada para a comunicação. Em algumas implementações, entretanto, este protocolo é subdividido em dois: nível de transporte (transport level) e end-to-end propriamente dito. O nível de transporte movimenta mensagens en

tre nós enquanto o outro movimenta mensagens entre usuários nestes nós. O propósito dessa divisão é tornar independente o método usado para o transporte de mensagens, por exemplo um packet switch, das demais atribuições do nível.

Os métodos para transmissão mais comuns neste nível são circuit switch, message e packet switching. No primeiro caso, um circuito real é conectado para a transmissão de dados entre dois pontos. Nos demais casos, a rota é estabelecida logicamente, podendo a mensagem ser transmitida monoliticamente ou em partes com rotas independentes para posterior remontagem no ponto de destino.

3.2.4.4 - Nível 4

Neste nível também chamado nível de usuário ou protocolo de alto nível (high level protocol) estão as funções a nível de aplicação como acesso a arquivos, transferências de arquivos, suporte a terminais remotos, suporte a RJE, etc.

Há duas funções básicas no trabalho executado neste nível:

A primeira é de uso dos recursos da rede. Isto é feito através de "processos de serviço" que comunicam e gerenciam estes recursos e serviços.

Exemplos destes seriam³⁸:

a) Serviço de RJE: um usuário submete ao processo de serviço um arquivo de texto que constitui-se num job a executar e este encarrega-se da execução e da entrega do resultado ao processo requisitante.

b) Serviço de Terminal Remoto: um processo usuário recebe e envia mensagens de um determinado terminal.

c) Serviço de Arquivos: um processo usuário tem acesso a arquivos ou cria-os através do processo de serviço.

d) Serviço de Correio: um processo de serviço recebe mensagens endereçadas a outros processos/gerenciadores e providencia sua entrega.

e) Serviço Compartilhamento Equipamentos: o processo de serviço recebe e gerencia pedidos de uso de equipamentos tais como impressoras, discos, etc.

A segunda é como gerenciador de comunicações inter-processos, providenciando meios para sincronização de processos concorrentes cooperantes.

3.2.5 - Atribuições dos Protocolos

Hã vários pontos a serem cobertos pela atuação de de terminado protocolo. Estas atribuições aparecem nos diversos nīveis de acordo com a conveniência da implementação especīfica. Hã, entretanto, funções que são inseridas nos mesmos nīveis em várias redes em uso e em projeto, formando um consenso em torno do assunto. Estes atributos são:

Endereçamento

Esta função permea os vários nīveis de protocolos. Nos nīveis mais altos, por exemplo, o endereçamento é feito a nīvel de processos, ou seja, um processo envia mensagens a ou tro processo. Nos nīveis inferiores, este endereçamento é de codificado até chegar-se à localização física do computador on de está ativo aquele processo ou ao equipamento por ele representado. Além disso, na determinação da rota para a mensa gem podem aparecer vários endereços intermediários que guiarão a mensagem através da rede para o ponto de destino.

Controle de erros

Trata da detecção e recuperação de erros introduzidos pelos mecanismos de comunicação de mais baixo nīvel. Estes, po rēm, refletem-se em todos os nīveis hierárquicos. No nīvel 1 são controlados por mecanismos do tipo paridade, tempo de trans missão e pontos de sincronismo. Em outros nīveis, pela intro- dução de redundâncias nas informações, tais como caracteres de

paridade horizontal no final das mensagens, geradas pelo transmissor e verificadas na recepção. A numeração de blocos sequencialmente também é um recurso para prevenção de perdas ou repetição dos mesmos.

Os protocolos em geral tem mecanismos próprios, automáticos, para recuperação de erros e para informação aos níveis superiores das condições a que foram induzidos.

Controle do fluxo de dados

A quantidade de informações transmitidas por um transmissor pode exceder a capacidade de um componente intermediário no sistema de transmissão. Um objetivo do controle do fluxo de dados é manter o tráfego compatível com os recursos disponíveis. Sua função primária, entretanto, é manter o fluxo na medida do possível. Há dois mecanismos básicos para que a quantidade de dados transmitidos entre dois pontos seja regulada: "Stop and go" e crédito (credit).

No primeiro, stop and go, o receptor ou aceita ou rejeita o tráfego, a menos de mensagens de controle. Esta técnica é comum em protocolos de nível 2, tais como o BSC (Binary Synchronous Communications da IBM) ou HLDC (High Level Data Link Control da ISO).

No segundo, crédito, assume-se que o transmissor não pode transmitir até que haja recebido do receptor uma indicação do volume de tráfego que aquele pode aceitar.

Controle de rotas

É um mecanismo que previne que certos elementos da rede não sejam subutilizados enquanto outros ficam sobrecarregados. Estas funções residem comumente no nível de transporte (sub-nível do nível 3). As principais disciplinas de estabelecimento de rotas são⁴³ :

1 - Não adaptativas - São algoritmos fixos que não levam em conta mudanças nas condições reais da rede no momento da transmissão. Não há troca de informações neste sentido entre os nós e as oscilações de tráfego verificadas em cada nó não são observadas.

2 - Adaptativas centralizadas - Utilizam uma autoridade central, o supervisor da rede, que determina mudanças de rotas para os nós em virtude de mudanças e oscilações de tráfego na rede.

3 - Adaptativas isoladas - Operam independentemente em cada nó usando exclusivamente dados locais a este nó na decisão de adaptação as condições atuais.

4 - Adaptativas distribuídas - Operam independente em cada nó, porém usando informações de outros nós a respeito das condições atuais de tráfego na rede, além de informações locais.

Sincronização

Os protocolos trabalham basicamente pela definição de um conjunto de estados tais como iniciação, terminação, pontos de verificação, aceitação de dados, recepção, transmissão, etc. É necessária, ocasionalmente, a verificação e manutenção do sincronismo entre dois elementos em comunicação.

Este tipo de sincronismo aparece também na fronteira entre níveis, uma vez que é importante a sequência das operações.

Transparência da Informação

Em alguns casos, é necessária a transmissão de padrões de bits totalmente aleatórios (por exemplo, programas - objetos) e o protocolo deve prevenir a possibilidade de ocorrerem padrões idênticos aos seus padrões de controle. Isto afeta normalmente protocolos de nível 2.

Gerenciamento de Circuitos

Refere-se a conexão ou desconexão de caminhos (circuitos) em comunicação a base de circuit-switching. Esta função pode ser observada também sob o ponto de vista de Controle de Rotas.

Formatação

Refere-se a formato, tamanho, conjuntos de caracteres das informações transmitidas na rede.

Prioridade

Oferecimento de diferentes graus de atendimento pela discriminação de certos componentes da rede eventualmente considerados como de importância vital.

3.2.6 - Conclusões

A tendência atual no projeto de protocolos para redes de computadores é a construção em níveis hierárquicos com funções definidas e de implementação independente.

Leituras complementares no assunto podem ser obtidas em Folts¹⁷ para protocolos de nível 1; Day¹², Sproull³⁸ para protocolos de mais alto nível; Powzin³⁰, Wecker⁴² que dão uma visão geral do assunto. Weitzman⁴³ descreve detalhadamente alguns dos mais usados protocolos de nível 2 e fornece descrições de alguns protocolos em nível 3.

CAPÍTULO IV

MINI/MICRO-COMPUTADORES

4.1 - HISTÓRICO

No início da década de 60, ficou claro que algumas aplicações não necessitavam de máquinas complexas ou sofisticadas para seu desenvolvimento. Isto, aliado à queda de preço de componentes e à difusão das técnicas de arquitetura, abriu caminho ao amplo mercado de mini e micro computadores surgido desde então. É difícil precisar o ano exato do aparecimento dos minis. Sistemas com palavras de 16 ou 18 bits foram desenvolvidos no início dos anos 60 e um computador transistorizado, com palavra de 12 bits, de baixo custo, foi lançado no mercado poucos anos depois, ainda na segunda geração⁵¹. Entretanto, o mercado de minis só explodiria realmente com a viabilidade comercial dos circuitos integrados.

Os primeiros CI surgiram na década de 60. Um circuito integrado é uma combinação de elementos formando um componente único, chamado chip (feito de silício) e produzido como uma unidade. Em meados desta década, novos processos aumentaram substancialmente a quantidade de circuitos que poderiam ser colocados num chip. O mais comum era o processo MOS (metal - oxide semiconductor). Circuitos integrados simples são conhecidos como SSI (small-scale integration). MSI (medium-scale integration), LSI (large-scale integration) e VLSI (very large-scale integration) são os passos seguintes. Circuitos MSI, con

tendo 12 funções por chip foram lançados no mercado em 1967 e no final da década os primeiros LSI, com mais de 100 funções por chip.

As figuras 4.1 , 4.2 e 4.3 mostram exemplos do desenvolvimento da complexidade de circuitos integrados e ao longo dos últimos anos.

A primeira aplicação da tecnologia MOS-LSI foi em chips de memória. O pequeno tamanho e o baixo consumo de energia fizeram deles componentes ideais para memórias em sistemas de comunicação, equipamento militar e computadores. Tais chips são simples de projetar e fabricar, uma vez que todas as células de memória são idênticas e pouco circuito adicional é necessário. No final dos anos 60, calculadoras e terminais tornaram-se aplicações de memórias MOS-LSI.

O mais recente salto tecnológico da área de componentes eletrônicos, entretanto, é o microprocessador, um dispositivo que tem todas as funções de uma CPU numas poucas peças de silício. Alguns simples microprocessadores custam perto de \$10. Microcomputadores completos, com painel, fonte custam menos de \$1000 e alguns tem maior capacidade de processamento do que os grandes computadores produzidos no início da década de 50.²¹

	MSI	MSI	LSI	VLSI
Número de funções p/chip	10^2	10^3	10^4	10^5

Figura 4.1



Figura 4.2 - Evolução dos tempos de ciclos para RAM-MOS

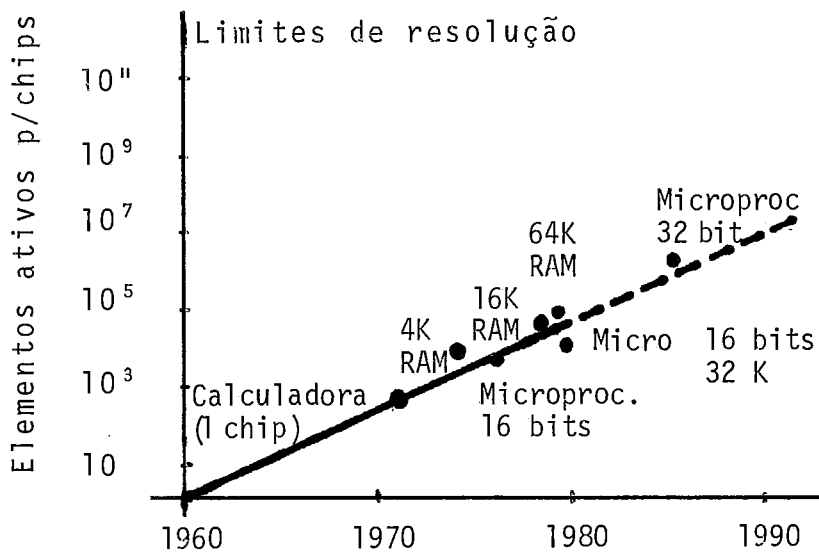


Figura 4.3 - Complexidade de chips de semicondutores.

O microprocessador é consequência do esforço surgido após meados dos anos 60 no sentido de produzir máquinas menores, a baixo custo, para aplicação não muito complexas ou extensas. Esta tendência é oposta à verificada durante a primeira geração onde buscou-se sempre aumentar a potencialidade dos computadores.

4.2 - TECNOLOGIAS DE SEMI-CONDUTORES

Microprocessadores e outros componentes de computadores são disponíveis em várias tecnologias. O comportamento e o potencial de aplicação dos mesmos depende em parte das características da tecnologia usada.

Estas características são:⁵¹

- . Velocidade
- . Densidade
- . Custo
- . Consumo de energia
- . Tolerância a ruídos e interferências
- . Resistência ambiental
- . Compatibilidade com TTL (transistor-transistor logic)
- . Domínio da tecnologia

As principais tecnologias em uso são:

PMOS (P-channel metal-oxide semiconductor) - lenta mas compacta, considerável quantidade de circuitos num único chip, ultimamente compatibilizada com TTL (não era anteriormente), baixos níveis de correntes de saída (precisam de amplificação para ligação em outros dispositivos).

NMOS (N-channel metal-oxide semiconductor) - mais rápida que a PMOS, compatível com TTL, baixo nível de corrente de saída.

CMOS (Complementary metal-oxide semiconductor) - velocidade moderada, mais dispendiosa e menos densa do que outras tecnologias MOS, compatível com TTL, usada principalmente pelo seu baixo consumo de energia, tolerância a interferências e capacidade de funcionamento em ambientes não ideais.

Schottky TTL - mais rápida que as anteriores e do que a TTL Standard, porém mais dispendiosa e não tão densa, compatível com TTL.

ECL (emitter-coupled logic) - velocidade bastante alta porém muito dispendiosa, alto consumo de energia e dificuldade de ligação a outras tecnologias.

I²L (integrated injection logic) - combina a densidade e o baixo custo da NMOS e PMOS, a compatibilidade TTL da

As tecnologias PMOS e NMOS proveêm microprocessadores num Único chip. Tais processadores são os mais compactos dispositivos e tem o maior suporte de software e hardware. São entretanto lentos, mas difíceis de compatibilizar com TTL Standard e outras tecnologias e não possuem uma extensa família de circuitos em sua própria tecnologia para construção de sistemas completos. Uma deficiência significativa é o baixo nível de correntes de saída e a impossibilidade de controlar outros dispositivos sem prévia amplificação. Exemplos de microprocessadores PMOS são Intel 4004, 8008, National IMP-4; de NMOS são Intel 8048, 8080, 8085, Zilog Z-80, Motorola 6800.

Circuitos CMOS são usados principalmente em aplicações como automóveis, equipamento militar e outros onde a tolerância à interferência e resistência ambiental são fatores decisivos, ou em satélites e equipamentos portáteis de telecomunicação onde o baixo consumo de energia é preponderante entre outros fatores. Poucos microprocessadores CMOS são disponíveis, embora esta tecnologia possa se tornar atrativa com recentes avanços surgidos. Exemplos são Intersil 6100 e RCA CDP 1802.

Schottky TTL é usada principalmente em microprocessadores de vários chips devido a seu alto consumo de energia. São muito usados como controladores em equipamentos de comunicação de alta velocidade. É menos densa e mais cara do que PMOS e NMOS, consome mais energia e é menos imune a interferências do

que CMOS. As vantagens dessa tecnologia são sua velocidade e compatibilidade com uma grande variedade de dispositivos TTL-Standard. Exemplos são Intel 3000, Advanced Micro Devices 2090 e Fairchild Macrologic.

A tecnologia ECL, mais rápida e de maior consumo que a anterior, é usada em microprocessadores multi-chip como o Motorola MECL 10800. Estes são extremamente rápidos mas com dificuldades na ligação a outros equipamentos e requerem cuidados especiais devido a alta dissipação de calor. São indicados em sistemas usando circuitos ECL, comunicações de alta velocidade e instrumentos de precisão.

I^2L é uma tecnologia mais recente, utilizada no Texas SBP0400. É de fácil implementação com interfaces para TTL e há pouca experiência industrial de uso com a mesma atualmente.

4.3 - MEMÓRIAS DE SEMI-CONDUTORES

Muitos microprocessadores usam memórias de semicondutores. Os seus desenvolvimentos estão ligados estreitamente e chips com razoáveis extensões de memória já são produzidos.

Três tipos de chips de memória são usados: ROM (read only memory), PROM (programmable read-only memory) e RAM (read write random access memory). Quase todos micro-processadores utilizam os três tipos, que são disponíveis em várias tecnolo

gias, sendo as NMOS as mais usadas.

ROM é o tipo mais simples e compacto de memória. São usadas em tabelas fixas e para versões finais de programas de alta taxa de utilização. Estas memórias são do tipo não-volátil, ou seja, não mudam seu conteúdo com quedas de tensão.

PROM são memórias que não podem ser alteradas em uso normal mas que podem ser programadas em condições especiais. O fabricante produz as mesmas com as células num padrão neutro (bits com valor zero) para posterior mudança pelo usuário, geralmente pela aplicação de pulsos de voltagem por determinado período de tempo. O equipamento utilizado neste processo chama-se "programador de PROMs". Em geral, este tipo de memória pode ser programado apenas uma vez, não sendo reversível o processo. Existem, entretanto, PROM que podem ser reconfiguradas ou EPROMs (Erasable PROM). As memórias PROM são também do tipo não-volátil.

RAM, ou memórias read/write, são as memórias mais complexas. São voláteis, perdendo o conteúdo quando se corta a alimentação do sistema. São usadas em áreas destinadas a dados e execução de módulos diversos.

4.4 - CARACTERÍSTICAS

A questão de identificar o que seja um mini-computador sô pode ser resolvida em termos comparativos aos sistemas maiores. Fatores como tamanho físico, tamanho da palavra (8-18 bits), limitada capacidade de processamento, baixo custo, facilidades reduzidas de diagnóstico assim como para teste de erros e suporte de software fazem a diferença. Entretanto, é possível detectar um conjunto de características comuns aos mini-computadores relacionadas com:^{44 51}

- . processador
- . memória
- . entrada/saída
- . software
- . periféricos
- . tamanho, flexibilidade e expansibilidade

Processador

Em geral com conjunto de instruções de um operando, embora já haja diversos modelos trabalhando a dois operandos, binário, trabalhando em complemento a dois para números negativos e tamanho da palavra de 8 a 18 bits. O número de registros de uso geral varia de um a oito e instruções de multiplicação e divisão, aritmética de ponto flutuante, aritmética decimal, instruções de busca, manipulação de byte são raramente disponíveis ou, no caso mais comum, colocadas como acréscimos opcionais.

Memória

São usadas tanto memórias de núcleo (em geral para minis) como de circuitos integrados (minis e micros), sendo que a segunda apresenta problemas de volatibilidade, em contrapartida a sua maior velocidade. Memórias de núcleo trabalham com ciclos variando de 600 nanosegundos a 1 microsegundo. Memórias de integrado têm tempos de acesso na faixa de centenas de nanosegundos. São disponíveis em módulos de 1, 4, 8 k palavras usualmente, sendo que para a maioria dos minis-micros o limite é de 32 Kb (quando palavra de 8 bits) ou, em alguns casos, 64Kb (quando palavra de 16 bits).

É pouco comum a implementação de mecanismos de proteção de memória, usados em ambientes de multiprogramação.

Entrada/Saída

É um ponto decisivo na performance e na aplicabilidade de do mini, limitados a dois esquemas básicos.

No primeiro, a operação de entrada/saída faz-se através de um ou mais registros na CPU. Neste esquema, a CPU deve providenciar o atendimento do dado, movendo-o para a memória e continuando a operação. Este processo é mais lento e ocupa o processador. Além disso, é ineficiente para atendimento a periféricos de alta velocidade. É próprio de sistemas baseados em micro-processadores.

Outro esquema é através de acesso direto à memória (DMA) sem intervenção do processador no curso da operação. Usado para transferências em bloco (discos é o exemplo mais comum), apresenta a vantagem de suportar periféricos de alta velocidade, embora com a contrapartida da complexidade do hardware de controle.

Outro ponto vital é o sistema de interrupções de entrada/saída. É, quando existe, de dois tipos: de nível simples, ou seja, um endereço único de interrupção para todas as ocorrências ou de múltiplos eventos, na qual são reservados vários endereços de atendimento para interrupções por diferentes causas (vetores de interrupção).

Software

Há uma enorme diversidade neste item. São disponíveis linguagens de programação tais como FORTRAN, BASIC, PASCAL, COBOL e outras específicas.⁸ É evidente que, em certos casos, há limitação dos compiladores quanto a memória, o que faz com que sejam usados subconjuntos de linguagens como COBOL por exemplo⁸.

Os programas compilados são executados por interpretadores ou direto em linguagem máquina. A opção de interpretador (P-code), embora mais demorada, apresenta a vantagem de ser econômica em termos de memória e de possuir maior portabilidade.

Periféricos

Não é comum o uso de periféricos de grande capacidade e velocidade normalmente usados em sistemas de médio e grande porte. Isto deve-se a velocidade que seria necessária ao controlador e a própria incapacidade do software do mini em gerar demanda que justifique tais periféricos. Equipamentos típicos são impressoras de baixa velocidade (atê 600 linhas/minuto), terminais de vídeo e impressão, leitoras de cartão de baixa e média velocidades e fitas cassete.

Quanto a armazenagem de acesso direto, há uma grande aceitação no mercado para o floppy-disk (disquete), com capacidade de armazenar de 256 K a 1 M bytes e tempo de acesso da ordem de 50-200 ms. Também há drives de discos removíveis na faixa de 1.2 M a 10 M bytes, com tempos de acesso entre 10 e 50 ms. Fitas magnéticas são menos comuns, mas são utilizadas unidades com velocidades de transferência da ordem de 50 K bytes/segundo.

Flexibilidade

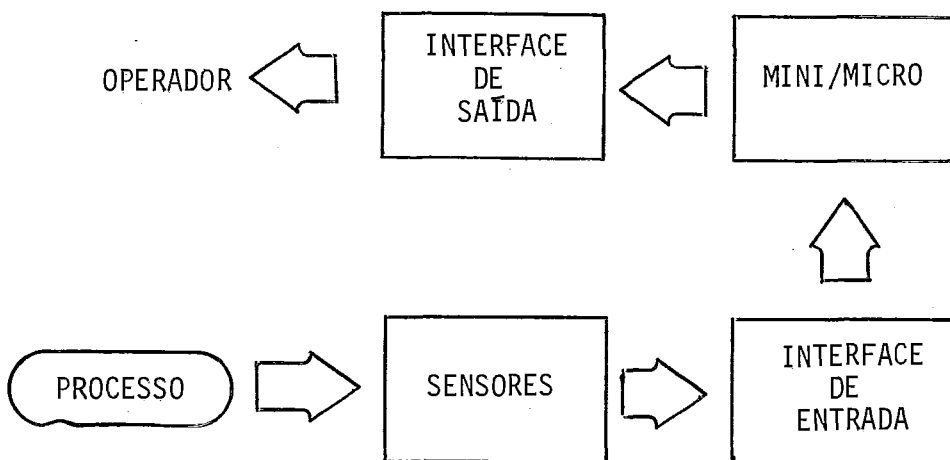
Há facilidade de trocas de módulos por memórias mais rápidas e compactas. Além disso, a enorme gama de periféricos disponíveis faz com que a aplicação de mini torne-se muito versátil, com diferentes configurações através de pequenas mudanças de hardware dado o alto grau de padronização existente.

4.5 - APLICAÇÕES

O mini-computador, visto como elemento de um sistema aparece em basicamente quatro tipos de arranjos: aquisição de dados, controle de processos, aplicações interativas e estação de controle.^{51 44}

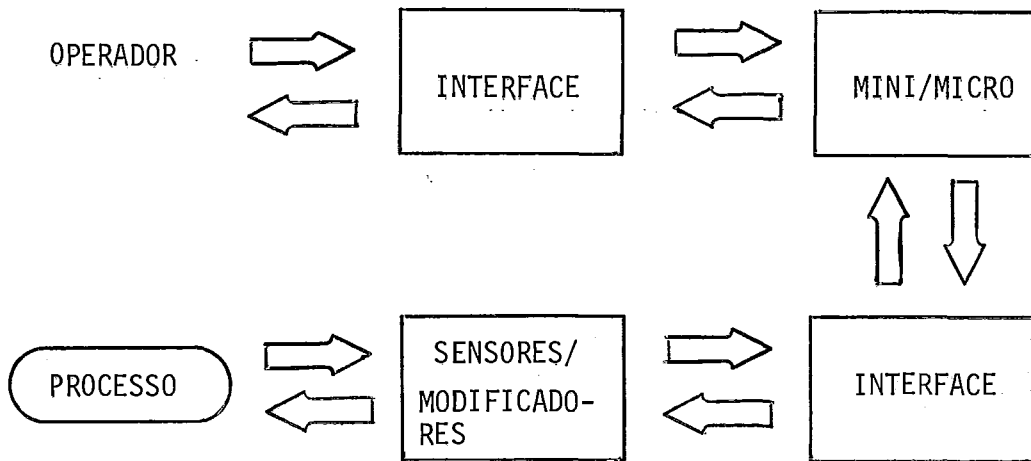
4.5.1 - Aquisição de Dados

São sistemas onde a entrada de dados é feita por equipamentos sensores, em geral conversores analógicos/digitais ou captada diretamente na forma digital. Tais sistemas caracterizam-se por pouca interseção do processo com eventuais operadores, sendo que há no máximo a passagem de informação para este através de painéis ou outros meios apropriados.



4.5.2 - Controle de Processos

É uma complementação do tipo anterior onde há uma efetiva interação entre o computador e o processo controlado. Neste caso, o sistema analisa e pode mudar e/ou influenciar nas condições ambientais segundo resultados obtidos do processo computacional.



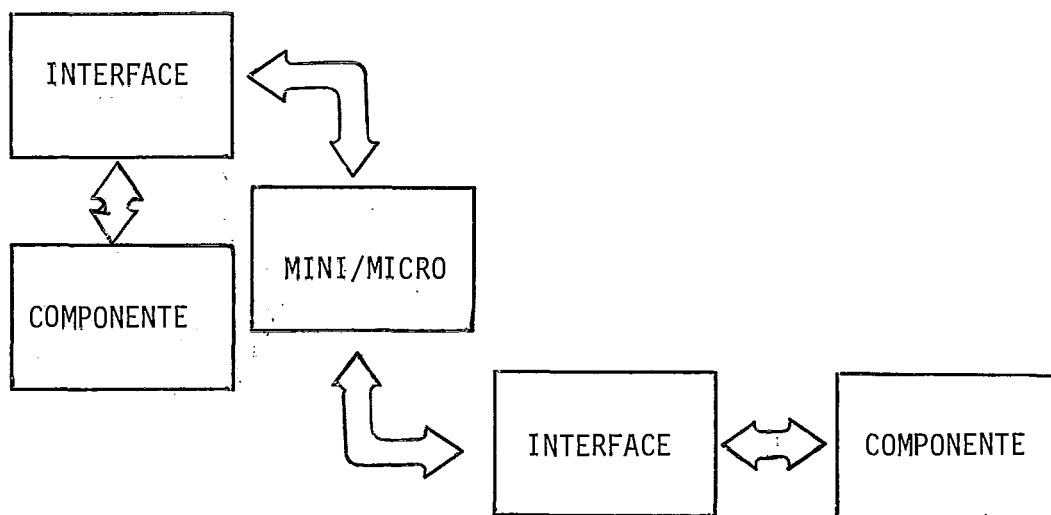
4.5.3 - Aplicações interativas

Usado em aplicações específicas. Neste caso, é preponderante a interação com o operador. Exemplos típicos são sistemas de digitação, consultas on-line e desenvolvimento de software. Neste caso, o mini geralmente tem acesso a um banco de dados externo.



4.5.4 - Estação de controle

Quando o uso do mini destina-se a uma tarefa exclusi_vamente de apoio, sem intervenção de operador e Exemplos são processadores de telecomunicação, onde o objetivo é fazer check de erros, polling, compactação e descompactação de mensagens.



É evidente que, em cada um destes arranjos, a perfor_mance do mini, inferior a sistemas de maior porte, pode ser con_trabalançada pela distribuição. Desse modo, qualquer dos ca-sos anteriores pode se enquadrar numa rede de minis cooperan_tes, trocando informações e relatando situações anormais. No capítulo que trata da comparação entre processamento centrali_zado e distribuído são apresentados argumentos que reforçam ou limitam casos de descentralização.

CAPÍTULO V

OPÇÕES DE PROCESSAMENTO

5.1 - CENTRALIZAÇÃO, DESCENTRALIZAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO

5.1.1 - Introdução

A discussão de vantagens, riscos e desvantagens entre opções centralizadas e descentralizadas de processamento reúne atualmente um número considerável de argumentos. Sendo um assunto relativamente novo e de aspectos variados, é conveniente estabelecer alguns pontos básicos antes de iniciar a análise mais minuciosa desses argumentos.

O primeiro deles é exatamente tentar definir ou precisar o que seja processamento centralizado, descentralizado e descentralizado distribuído.

5.1.2 - Processamento Centralizado

A centralização existe quando o processamento de dados é totalmente, ou em sua grande parte, executado num centro de processamento único não dependendo, durante a execução de programas, de dados oriundos de outros centros. Este centro de processamento pode ser constituído de um ou mais computadores ou pode haver na mesma corporação um ou mais centros.

Sistemas centralizados são, em geral, caracterizados pela existência das seguintes condições:

- Concentração de tarefas de processamento de dados nos centros de processamento;
- Equipamentos, em geral de médio ou grande porte, de propósito geral;
- Não existência de comunicação com outros sistemas durante a execução de aplicações;
- Equipe especializada em computação não vinculada aos usuários, mas sim ao centro de processamento de dados;
- Certo nível de autonomia do centro de processamento de dados dentro da corporação.

Este modelo de realização das tarefas de processamento de dados é implementado na quase maioria das empresas que utilizam computadores eletrônicos. Na década de 50, várias empresas de grande porte adquiriram seus primeiros computadores. Na época, o custo destes equipamentos era altíssimo em relação à sua performance, exigindo que os mesmos tivessem o máximo rendimento na sua utilização. A especialização, surgida inicialmente com a profissão de programadores e mais tarde de analistas de sistemas²⁹ viabilizou a formação de equipes em torno dos equipamentos, cuja missão era a implantação eficiente do ponto de vista técnico, de aplicações no computador.

sibilitou isto mas também o avanço técnico e o barateamento dos componentes para tele-comunicações.

Nos anos 70, ficou evidenciada a real viabilidade técnica do processamento descentralizado. O surgimento, no final da década de 60, de redes nacionais como a ARPANET, nos EUA, levou gerentes e responsáveis por empresas a considerar seriamente o uso de técnicas como compartilhamento de recursos em redes, redes locais, processamento distribuído e outras opções.

O que é exatamente processamento descentralizado? Em primeiro lugar, ele caracteriza-se pela divisão de tarefas. Não há a concentração de tarefas mencionadas como característica de centralização. Estas tarefas são realizadas por vários sistemas, cada um fazendo sua parte no local geograficamente mais adequado.

Os equipamentos de grande porte, presentes em sistemas centralizados, são substituídos na opção descentralizada por sistemas de menor porte, uma vez que a divisão de tarefas torna cada unidade suscetível de ser processada nestes computadores. A existência de comunicação com outros sistemas durante a execução das tarefas não é condição necessária na descentralização, apesar de ser um ponto básico na centralização. Neste ponto, Scher^{3 5} propõe uma diferenciação nos conceitos de processamento descentralizado e processamento distribuído.

Para ele, um sistema de processamento é dito descentralizado "quando dois nós (centros de processamento) que estão executando tarefas de uma mesma aplicação não trocam informações entre si". Isto supõe o caso em que, no processo de descentralização, a divisão das tarefas é feita de modo estancado, não havendo troca de informações pelos nós. Por outro lado a definição de processamento distribuído aplica-se ao caso de descentralização onde existe a troca de informações entre os nós. O processamento distribuído é descentralizado, porém formado por nós cooperantes na resolução de uma tarefa global.

5.2 - CARACTERIZAÇÃO DE SISTEMAS DESCENTRALIZADOS

5.2.1 - Estrutura

Hã vários modos de caracterizar estruturas para imple^{men}tação de sistemas descentralizados, especialmente os de processamento distribu^ído.

Serão apresentados três métodos: no primeiro, anali^{sa}-se a estrutura sob o ponto de vista do nível dos serviços o^ferecidos; no segundo, sob o ponto de vista de como foi dividi^{da} a aplicação; no terceiro, pela localização dos dados.

5.2.1.1 - Método dos três níveis

Divide-se os padrões de atendimento prestado num sis^{te}ma descentralizado em três níveis⁴⁰: no primeiro nível, estã o processamento de crí^tica de dados na ocasião de sua aquisição. No segundo, hã processamento local de dados, execução de tran^{sa}ções e algum processamento usando dados gerados no nã em ques^tão. No terceiro nível, considera-se os sistemas totalmente distribu^ídos, normalmente com o uso de redes de comunicação de dados.

5.2.1.1.1 - Nível 1: Processamento Local de Dados de Entrada

A ênfase aqui é descentralizar o processamento para o nível operacional das empresas. Sistemas descentralizados a

este nível são largamente utilizados. O processamento local de dados é feito por terminais inteligentes ou sistemas dedicados de entrada de dados. A carga de processamento para o diálogo com o usuário e crítica de dados é transferida do processador central para o equipamento local. Este tipo de sistema é conhecido como "front-end". Em configurações multi-terminais também é função deste equipamento concentrar a entrada de dados em nós únicos.

Algumas características operacionais neste nível são:

- . aproximar o diálogo entre sistema-usuário ao modo de trabalho local, com crítica de dados e operações simples;
- . ser adaptável a vários padrões de entrada de dados;
- . executar funções de edição e totalização de dados;
- . ter capacidade de armazenamento local para posterior descarregamento, por volumes portáteis ou transmissão para o sistema central;
- . permitir acesso a registros armazenados para consultas e correção de erros;
- . na comunicação com o sistema central, ser capaz de detetar erros, iniciar, reiniciar e encerrar transmissões;
- . ser de uso extremamente facilitado, podendo ser utilizado por usuários sem prévia experiência em processamento de dados.

A existência de sistemas descentralizados ao nível 1 não implica necessariamente em distribuição, uma vez que a comunicação de dados pode ser feita por métodos convencionais, sem utilização de canais de comunicação específicos ou redes de tele-processamento.

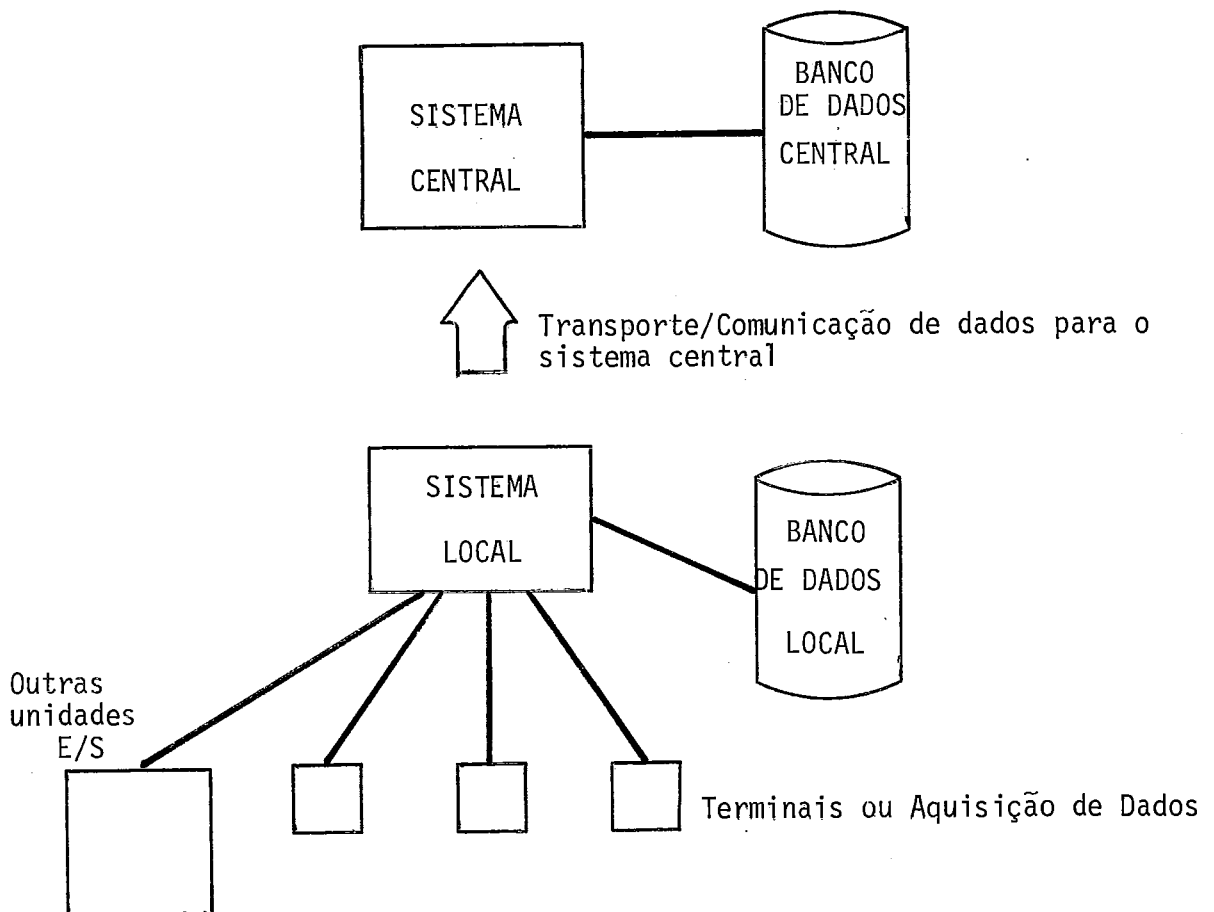


Figura 5.1 - Nível 1

5.2.1.1.2 - Nível 2: Processamento Local de Dados de Entrada, Transações e Relatórios Simples

Este nível de sistemas descentralizados vai além do nível anterior, incluindo processamento mais extenso de dados locais do tipo transação e oferecendo a possibilidade de usar a capacidade de processamento local para a geração de relatórios gerenciais simples, baseados em dados locais. Desse modo obtêm-se maior controle dos dados, tanto a nível operacional como de gerência.

As características operacionais neste nível são:

- . processamento de entrada de dados ao nível de transações completas;
- . extrapolar o processamento de transações com apoio de dados locais, permitindo um controle conjunto da entrada de informações;
- . capacidade de tratar transações já processadas, ordenando, selecionando e emitindo relatórios ou permitindo consultas;
- . demais características operacionais do nível 1.

Como no item anterior, esta organização não implica, necessariamente, em distribuição. Este, aliás, é um caso típico de descentralização adequado para pontos extremamente remotos ou com difícil Sistema de Comunicações. Os dados encaminhados ao Sistema Central são utilizados no nó local e envia-

dos para processamento acumulativo no n^o central. Há pouco ou nenhum retorno de informações sistema-sistema no sentido do n^o central para um n^o local.

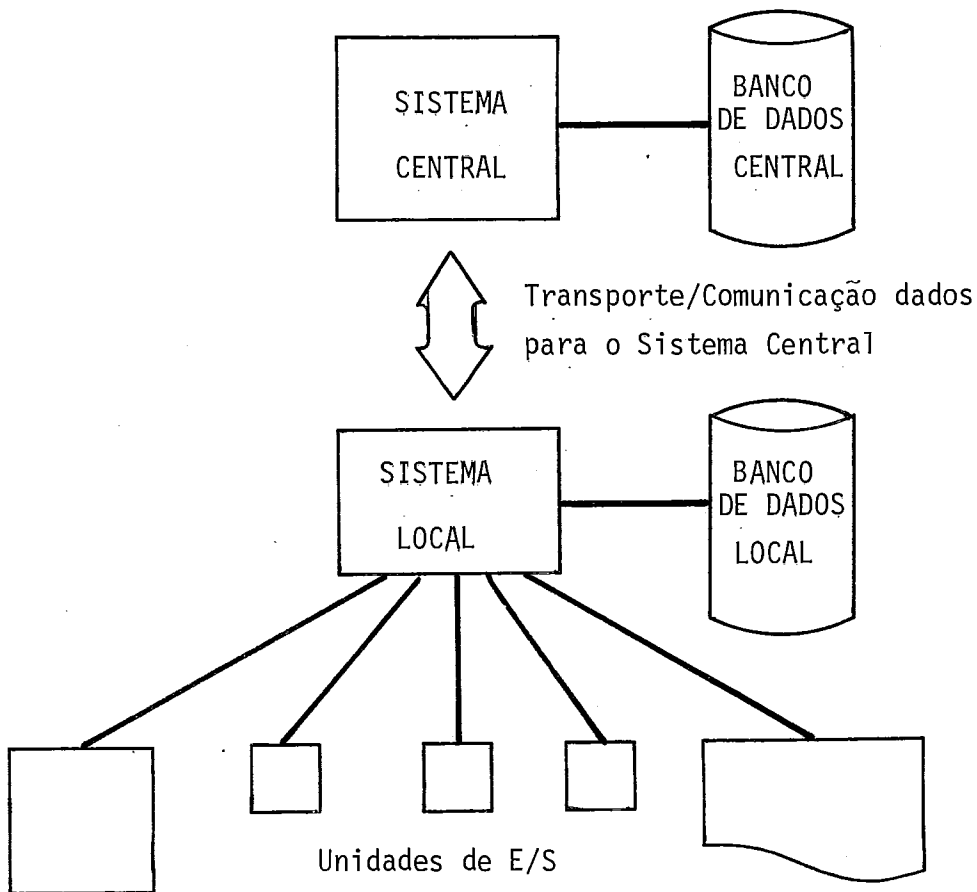


Figura 5.2 - Nível 2

5.2.1.1.3 - Nível 3: Rede de Processamento Distribuído

Neste nível é considerado o sistema em que cada nó tem participação no processamento da tarefa global. Os nós estão organizados formando uma rede de comunicação, estruturada em anel, estrela, rede hierárquica, ponto a ponto ou de modelo híbrido. A divisão de tarefas pode ou não ser equalitária. Se for, os nós interagem num mesmo nível trocando informações; caso contrário, existe hierarquização no tratamento da informação, sendo que os nós do topo da hierarquia têm o controle da informação gerada e armazenada nos nós sob sua supervisão.

As características operacionais neste nível são:

- . permitir que um número de sistemas de pequeno porte (minis e micros) sejam combinados formando um centro de processamento particionado;
- . prover entrada de dados on-line para bancos de dados locais e regionais enquanto processa múltiplos jobs concorrentemente;
- . permitir desenvolvimento de aplicações com simplicidade, geração de relatórios gerenciais e informação resumida para controle em alto nível.

5.2.1.2 - Método da Divisão da Aplicação

Sendo o processamento descentralizado basicamente uma divisão de trabalho entre vários centros de processamento ou nós, é natural que se caracterize um sistema de acordo com a maneira escolhida para particionar a aplicação que origina o mesmo.

5.2.1.2.1 - Caracterização da Aplicação

A representação de um sistema de processamento é feita a partir de três elementos: o usuário, o conjunto de dados e a aplicação em si, consistindo dos procedimentos e programas definidos na interação dos dois elementos anteriores.

Esquemáticamente;

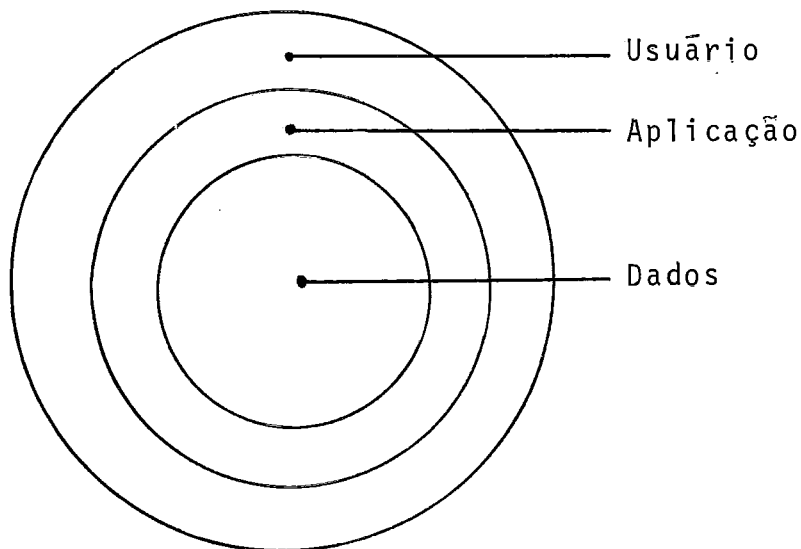


Figura 5.3 - Composição de um sistema

Sendo elementos de naturezas distintas, existe entre um e outro interfaces de comunicação.

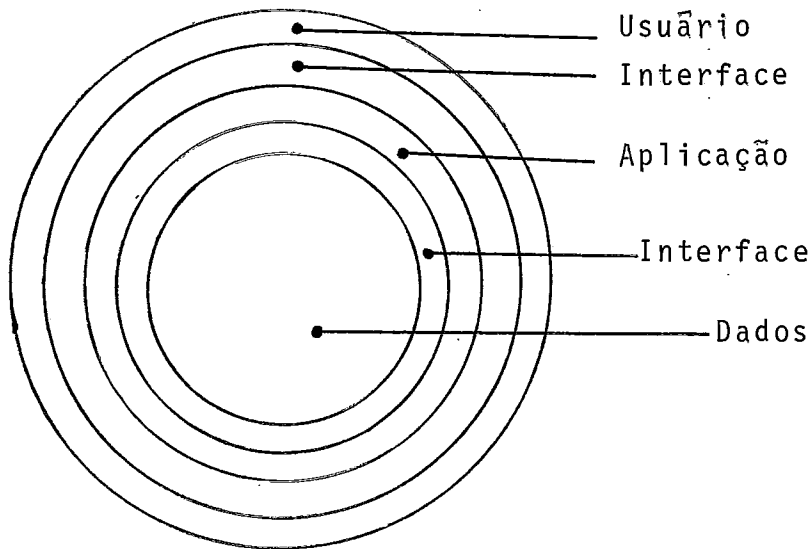


Figura 5.4 - Aplicação não dividida

A representação de uma aplicação está feita por seus elementos principais. Não foram considerados elementos como o hardware e o sistema operacional explicitamente porque considera-se que os mesmos permeiam os demais componentes. As interfaces podem, eventualmente em alguns sistemas, integrar especificamente o sistema operacional.

Tomando este modelo como base, pode-se caracterizar os diversos níveis e arranjos de centralização e descentralização comumente implementados.

5.2.1.2.2 - Aplicação centralizada em "batch"

É a aplicação monolítica representada na figura anterior. Não há divisão de tarefas e o usuário é visto como sendo único. É característica de aplicações convencionais em batch.

5.2.1.2.3 - Aplicação centralizada multi-usuário

É a caracterização de sistemas on-line centralizados. A divisão existe apenas a nível de usuário/interface mantendo-se, entretanto, a integridade da aplicação. Esta divisão identifica também sistemas de time-sharing (RJE convencional).

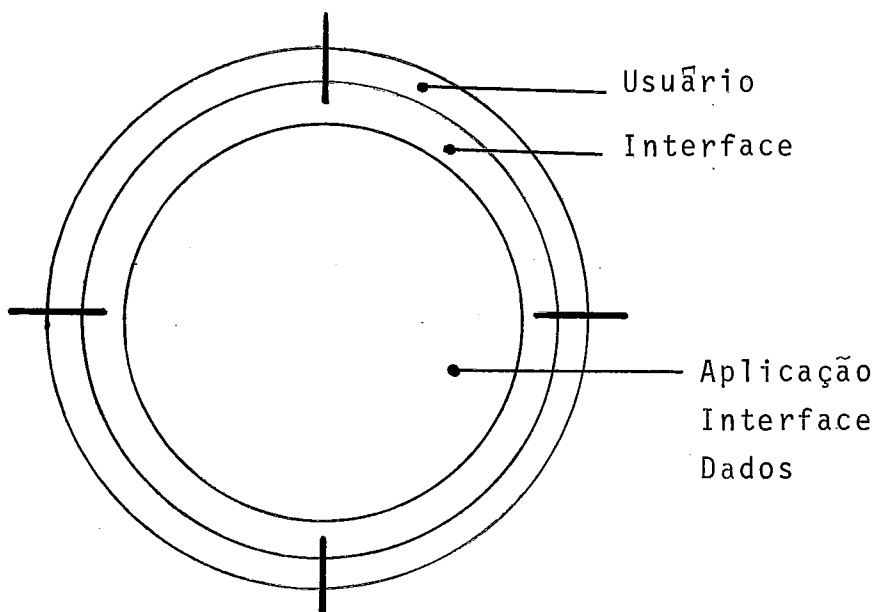
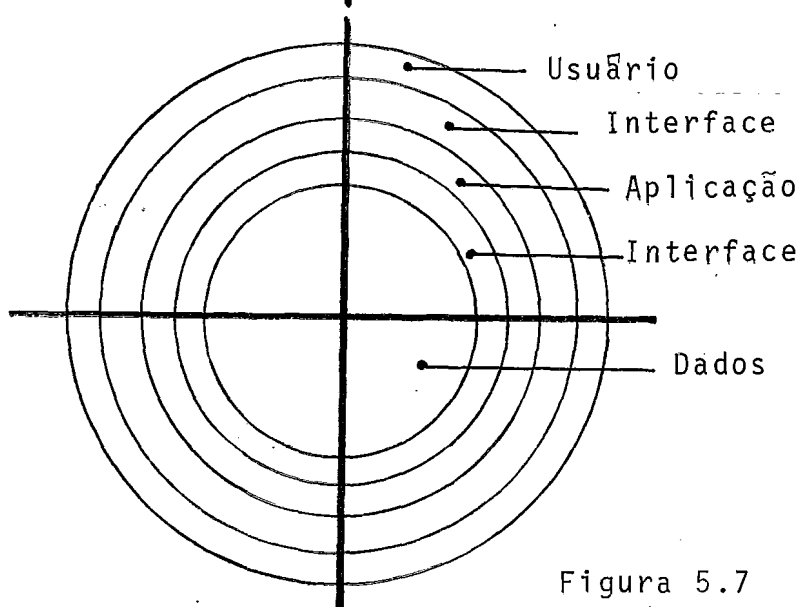
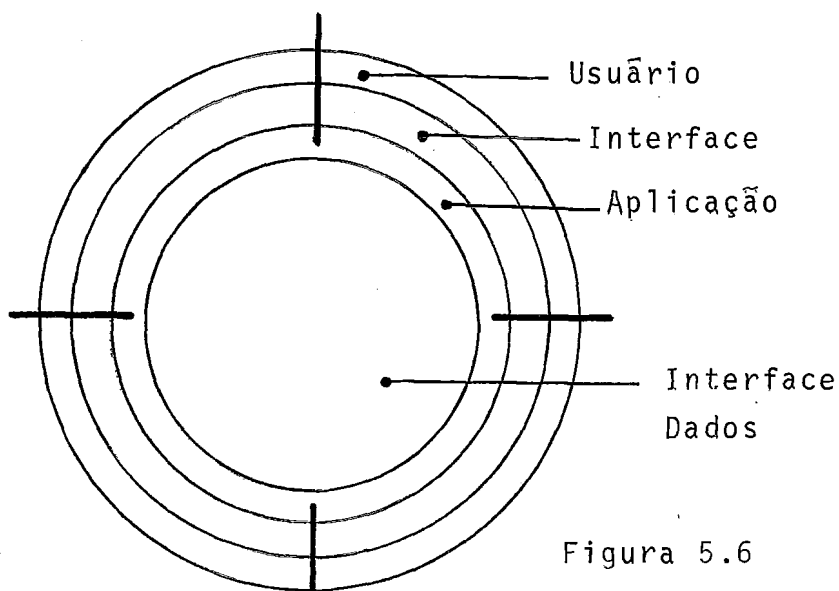


Figura 5.5 - Aplicação centralizada multi-usuário

5.2.1.2.4 - Aplicação Parcialmente Descentralizada Multi-usuário

Consiste na divisão dos usuários/interfaces em vários elementos juntamente com parte da aplicação. A outra parte permanece centralizada. Esta característica é própria de sistemas front-end embora possa ser um nível de distribuição hierarquizada (discutidos mais adiante). Aplica-se a casos em que é limitada a capacidade de processamento dos nós localizados junto ao usuário. (Figura 5.6)



5.2.1.2.5 - Aplicação Distribuída

Ocorre quando a divisão de tarefas atinge também o gerenciamento e armazenamento de dados. É o caso clássico de distribuição cooperante. Há de se considerar dois tipos de divisão: HIERÁRQUICA e HORIZONTAL^{3.10} (Figura 5.7)

5.2.1.2.5.1 - Distribuição Hierárquica ou Vertical

Neste caso, há um tratamento hierárquico entre os nós ou seja, estes não participam num mesmo plano do processamento da aplicação. Tipicamente nesta configuração, dados usados para funções relativamente simples ou de uso local são mantidos nos nós localizados junto ao usuário, enquanto que informações de uso e interesse geral são passadas para nós hierarquicamente superiores que centralizam e executam tarefas de alcance regional ou global na aplicação.

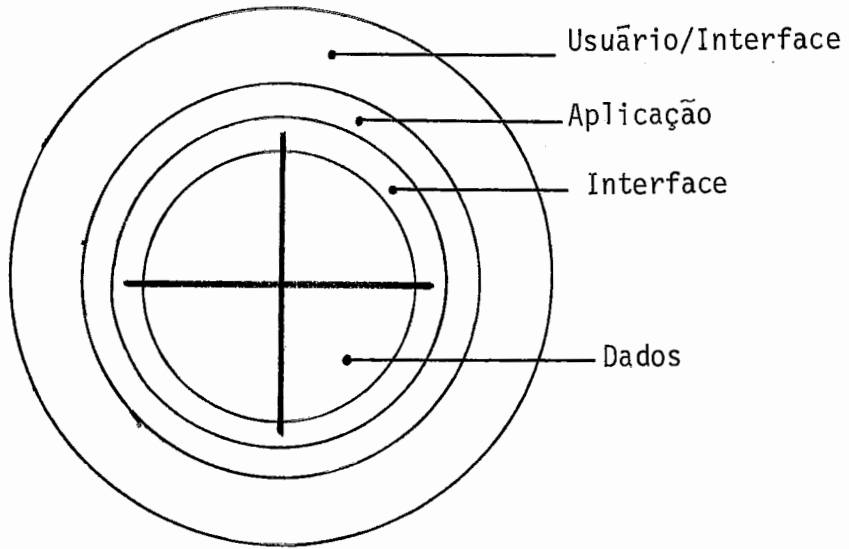
5.2.1.2.5.2 - Distribuição Horizontal

Os nós executam funções basicamente parecidas e de mesmo nível. Pode haver variações apenas ao nível de aquisição de dados ou parte do nó, mas a manutenção de dados é equitativa. Este modelo é usado quando não é forte o sentido de dado geral ao sistema. As informações são em princípios de escopo local podendo ser consultadas por outros nós para cobertura a transações excepcionais que se realizem naqueles.

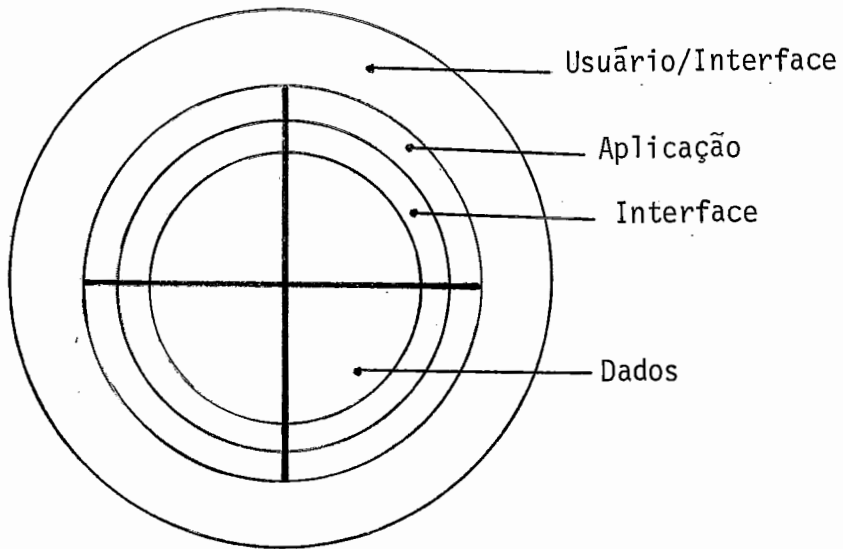
5.2.1.2.6 - Aplicações em ambientes de Compartilhamento de Recursos

Mantendo-se o perfil deste método de caracterização, restam ainda os casos em que a divisão faz-se exclusivamente nos dados, na aplicação ou em ambos. Nestes, caracterizam-se os processamentos de aplicações em redes orientados ou dedicadas ao compartilhamento de recursos puro e simples, sem o sentido de levar a capacidade de processamento para junto do usuário mas sim, possibilitar o acesso deste ao recursor. Aplicações executadas em redes contendo nós dedicados ao armazenamento de dados encaixam-se no caso a. No caso b, o processamento dos programas de aplicação se dá através de computadores na rede, usando dispositivos de armazenagem diversos, de acordo com o porte do processamento. No caso c, estão casos de processamentos isolados como sorts, emissão de extensos relatórios, efetuados através da rede em nós apropriados. Nos três casos, a tônica é o processamento de aplicações do tipo batch em redes. (Figura 5.8)

Caso (a)



Caso (b)



Caso (c)

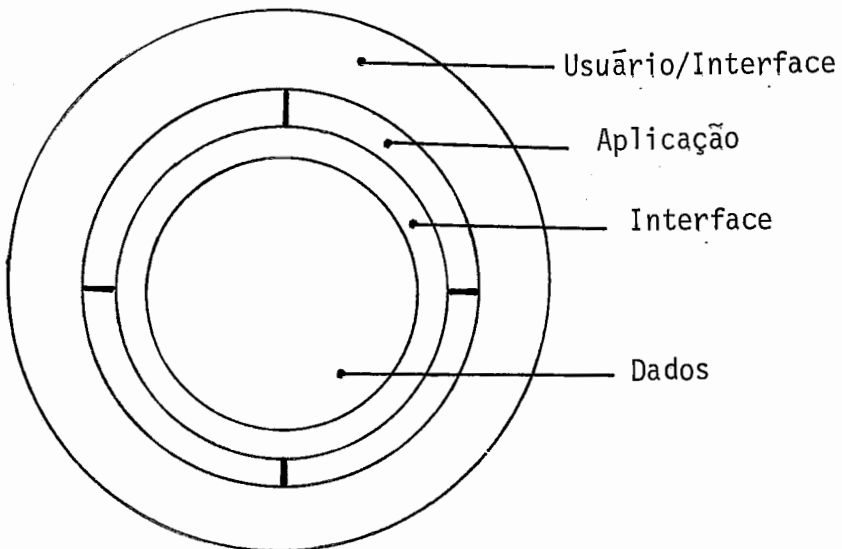


Figura 5.8

5.2.1.3 - Localização dos Dados

Esta forma de caracterização aplica-se primordialmente a sistemas distribuídos e é estruturada a partir da localização dos dados por entre os nós componentes de um sistema. Há basicamente duas características: particionado e reproduzido.^{3 9}

5.2.1.3.1 - Dados Particionados (partitioned)

Neste caso, os dados estão espalhados pelos vários nós do sistema, não havendo duplicação de informações. É natural que o local de armazenagem de um item seja escolhido em função de sua frequência de utilização, minimizando-se a troca de informações entre os nós. Há dois modos de realizar o particionamento: por valor e por estrutura.

5.2.1.3.1.1 - Particionamento por Valor

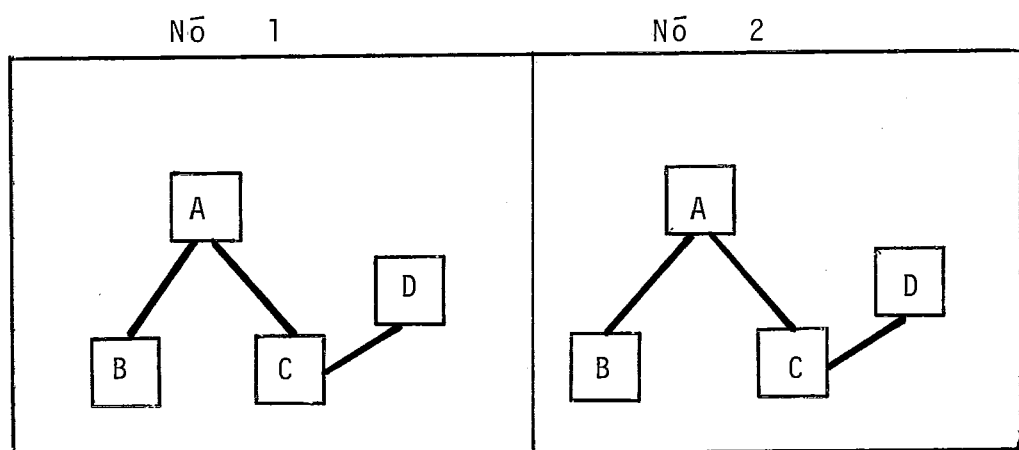
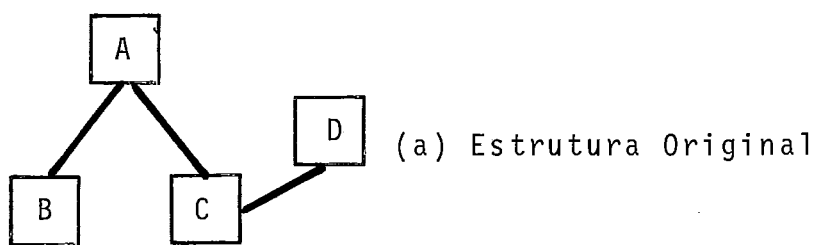
Esta modalidade ocorre quando a estrutura de dados em cada nó é idêntica, apenas que as informações armazenadas referem-se exclusivamente a transações processadas por aquele nó. Esta divisão ocorre frequentemente quando se usa distribuição horizontal, onde cada nó tem funções similares (figura 5.9b).

5.2.1.3.1.2 - Particionamento por Estrutura

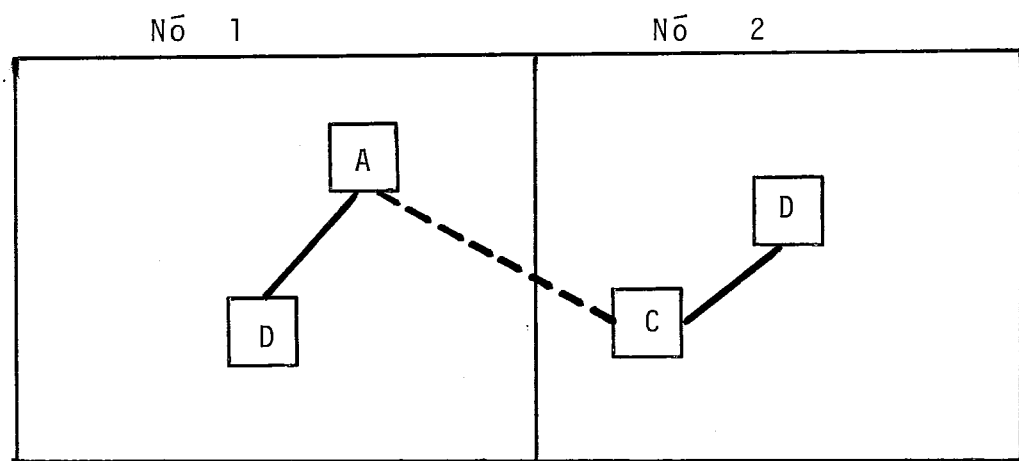
Neste caso, a divisão é feita a nível de estruturação, onde cada nó mantém determinados itens de informação que, integrados, formam o conjunto de itens do sistema distribuído (figura 5.9c).

5.2.1.3.2 - Dados reproduzidos (replicated)

Ocorre quando há mais de um nó no sistema armazenado uma mesma informação. Esta reprodução pode ser total, quando todos os dados tem uma ou mais cópias nos demais nós, ou parcial, quando a reprodução ocorre somente em algumas informações, em alguns nós (figuras 5.10b e 5.10c).

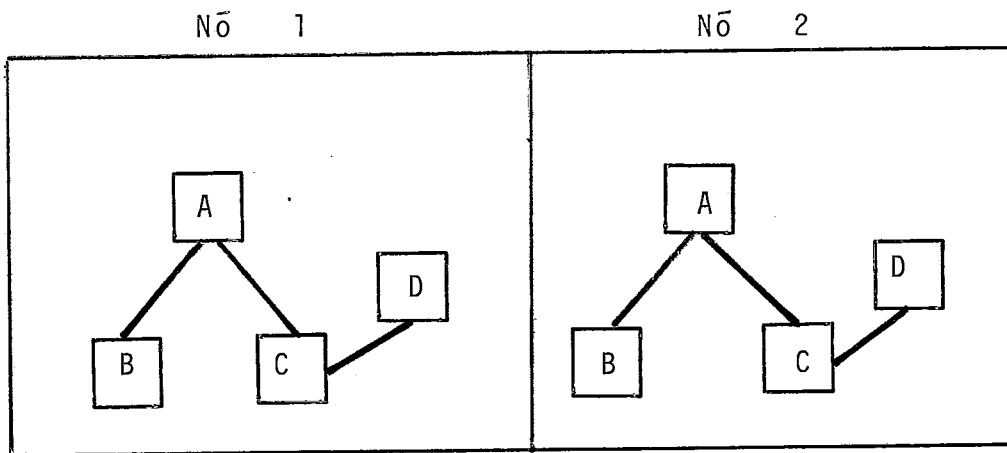
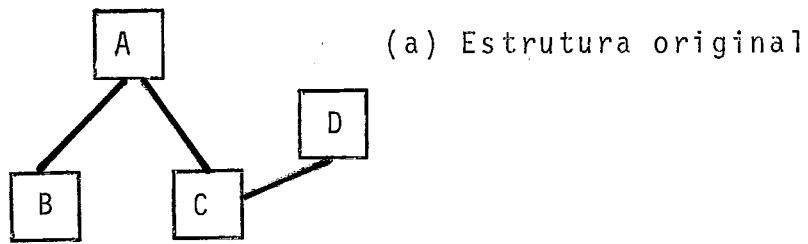


(b) Particionamento por Valor

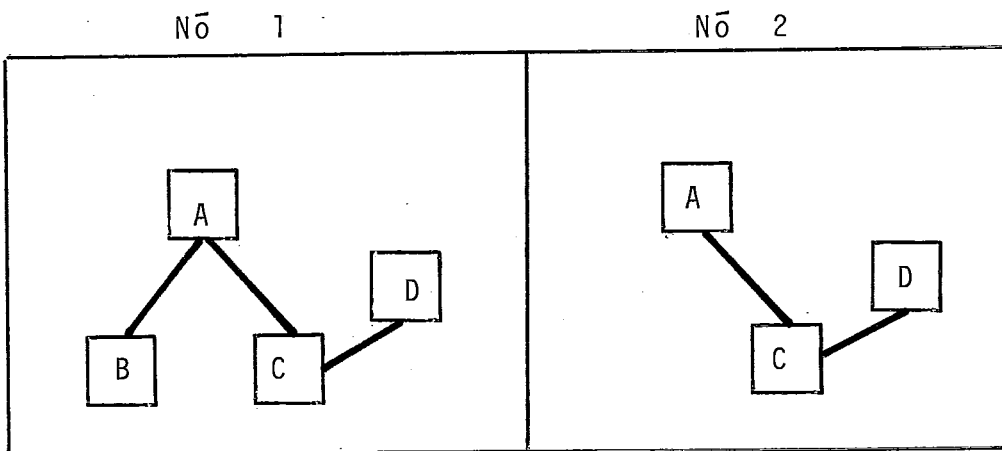


(c) Particionamento por Estrutura

Figura 5.9 - Estrutura Particionada



(b) Reprodução total



(c) Reprodução parcial

Figura 5.10 - Estrutura Reproduzida

5.3 - FATORES DE INFLUÊNCIA PARA ESTRUTURAS DESCENTRALIZADAS

A escolha de uma ou outra estrutura de implementação de descentralização e em especial de distribuição, está sujeita a diversos fatores. É apresentada uma análise de alguns deles, julgados mais influentes e determinantes. É importante observar que nenhum deles por si só define o método mais conveniente de divisão de uma aplicação nem deve ser considerado isoladamente. A escolha de uma estrutura deve ser feita pela resultante dos diversos requerimentos, num processo interativo de acomodação e melhoria em busca da solução ótima.

5.3.1 - Autonomia local de Processamento

Um dos pontos favoráveis à descentralização é a aproximação da capacidade de processamento dos computadores aos locais onde ela é requerida. Este argumento, entretanto, é examinado do ponto de vista da aplicação, ou seja, se a localização de um nó é conveniente no que se refere a manipulação de dados, custos de comunicação e operacionais e outros fatores que influenciam a estrutura neste âmbito.

Por outro lado, pode existir em certos locais a necessidade de uma autonomia de processamento não vinculada a aplicação objeto da descentralização. Anteriormente, observou-se que a reanálise de aplicações com relação custo/benefício desfavorável em opções centralizadas poderia apresentar outros

resultados se introduzida a possibilidade de processamento lo
cal. Desse modo, é importante avaliar a necessidade ou não e
a possibilidade de vir a existir uma demanda local de aplica-
ções isoladas.

5.3.2 - Processamento interativo ou em batch

O processo de distribuição traz a possibilidade de a
plicações interativas a custos compensadores. Entretanto, nem
sempre esta é a maneira mais desejável de processar uma aplica-
ção ou parte dela.

É característico da descentralização em muitos casos,
o acúmulo de informações através de um modo interativo e poste-
rior processamento das informações em batch.

Este fato, quando desejável ou requerido implica em
que a escolha de pontos de processamento e canais de comunica
ção pode variar bastante, de acordo com requisitos exigidos de
tempos de resposta, distâncias e outros fatores.

A necessidade do processamento interativo ou em batch
é definida (1) pela necessidade de acesso a dados recentemente
atualizados (ou se pode haver uma tolerância de atrasos e (2)
pela característica física dos canais de comunicação disponí-
veis.

5.3.3 - Nível de Atendimento Local

Este fator determina até que ponto um determinado nô deve ser provido de capacidade de processamento. De acordo com a aplicação, tem-se diferentes nôs com diferentes necessidades. Alguns exemplos de requisitos referentes ao nível de atendimento são a seguir listados:

- capacidade de funcionamento independente por determinados períodos, aplicável a nôs cuja manutenção do funcionamento seja crítica. Isto pode criar a necessidade de dispositivos de armazenamento de dados não indicados em outra situação;

- capacidade local de impressão, seja de relatôrios ou formulários especiais, tais como notas fiscais e outros documentos;

- processamento interativo com crítica de dados no local contra bancos de dados;

- carga de processamento estimada para o nô;

- processamento de estatísticas sobre as operações efetuada no nô no decorrer de um período determinado;

- comunicação com operador e alarmas no caso de nôs dedicados a aquisição de dados em controle de processos;

- nível intelectual e profissional dos usuários;
- exigências quanto a performance do sistema nas diversas condições de carga passíveis de ocorrência;
- confiabilidade e robustez do sistema em níveis extremamente elevados para o caso de processamento de aplicações críticas.

5.3.4 - Equipamento

O aspecto referente aos equipamentos utilizados num sistema descentralizado podem ser considerados em dois grupos: equipamentos de comunicação (rede) e de processamento de dados.

5.3.4.1 - Equipamento de Comunicação

Tomando-se por base que a organização física da rede será uma escolha do projeto a partir dos fatores aqui mencionados, a classificação do equipamento de comunicação, no que se refere a sua influência no projeto de descentralização, assume o caráter de identificar a natureza desta organização. Desse modo, é interessante considerar-se (1) redes locais dedicadas, (2) redes remotas de canais não dedicados e (3) outros métodos de comunicação de dados.

5.3.4.1.1. - Redes Locais Dedicadas

Sendo estes equipamentos comumente de alta velocidade (50 M bits/segundo é uma velocidade viável em redes locais em anel), a carga de comunicação de dados do sistema toma aspecto secundário nas considerações econômicas do mesmo. Além disso, o fato das redes locais possuírem canais dedicados, não há a preocupação com custos adicionais decorrentes da utilização de canais alugados. Evidentemente, redes locais aplicam-se somente quando a distância entre os nós é relativamente pequena e permite a não utilização de canais públicos.

5.3.4.1.2 - Redes Remotas de Canais não Dedicados

Encaixam-se aqui casos em que os centros de processamento estão colocados a distâncias em que não compensa o investimento de instalar equipamentos próprios da empresa e são utilizados canais alugados. Desse modo, o uso da comunicação de dados afeta diretamente o custo de manutenção do sistema, além de introduzir a dependência a agentes externos à empresa ou ao sistema. Este fator influi na localização de dados pelos nós, bem como na capacidade de processamento dos mesmos.

5.3.4.1.3 - Outros Métodos de Comunicação de Dados

Pode-se imaginar uma enorme variedade de métodos para tal fim. Desde métodos convencionais, como transporte de volumes gravados até sistemas sofisticados utilizando satélites,

canais de micro-ondas, computadores acoplados e outros. O objetivo deste item neste trabalho, entretanto, é observar que a comunicação de dados na descentralização de aplicações não fica restrita aos casos acima, embora sejam os mais largamente usados. Pode haver, na inviabilidade dos métodos citados, saídas originais e compensadoras que mantenham a opção descentralizada como uma alternativa eficiente.

5.3.4.2 - Equipamentos de Processamento de Dados

Limitações referentes ao equipamento utilizado são perfeitamente admissíveis em sistemas descentralizados. Basicamente, estas limitações devem-se a questões:

- . orçamentárias, quando o sistema tem limitações rigorosas de gastos com equipamento;
- . de oferta industrial, quando não existir a oferta de equipamentos com as características necessárias;
- . de reaproveitamento, quando se deve obrigatoriamente utilizar equipamentos disponíveis independente de sua perfeita adequação;
- . de nível de adequação, quando o equipamento escolhido destina-se a usos mais gerais em alguns nós, tendo de suportar uma gama mais extensa de aplicações;

. de compatibilização, quando se busca, através do uso de modelos similares, simplicidade de manutenção do sistema e maior facilidade de introduzir redundâncias no sistema visando-se sua maior confiabilidade e robustez.

5.3.5 - Localização e Atualidade dos Dados

O problema de como distribuir os dados por entre os nós depende basicamente: das facilidades de comunicações entre os nós, do grau de atualidade requisitado pelos usuários e do volume de dados pertinentes as aplicações distribuídas. Para efeito de simplificação, vamos analisar estes fatores isoladamente em função da estruturas de localização de dados anteriormente apresentadas.

5.3.5.1 - Facilidades de Comunicação

A este respeito, Strack³⁹ apresenta um extenso trabalho, por métodos de simulação, que contrasta custos de processamento e comunicações com diversas estruturas de sistemas distribuídos. Utilizando um perfil de transação único, submetido a sistemas centralizados e distribuídos, o método daquele autor levou à conclusão de que "torna-se mais interessante a distribuição à medida em que o custo de transmissão aumenta. Inversamente, quando o custo de transmissão é nulo, no caso de rede local, o processamento distribuído só é economicamente vantajoso para uma elevada taxa de processamento no modo de origem de transações".

Na comparação de várias estruturas de distribuição, o autor menciona que sistemas distribuídos horizontais particionados obtêm o melhor rendimento quanto a taxas de uso de comunicação, mantidas as taxas de probabilidade de acessos a outros nós no processamento de transações.

5.3.5.2 - Grau de Atualidade das Informações

Hã dois casos básicos a considerar quanto à atualidade de das informações⁹: ou elas devem ser atualizadas imediatamente apõs o término da transação ou isto pode ser feito posteriormente.

No caso de uma estrutura reproduzida, seria necessãrio bloquear todas as cópias existentes, processar as atualizações necessárias e liberar as cópias. Isto poderia trazer sêrios problemas de concorrência ao gerenciamento de dados. Para estruturas particionadas, apenas um não teria de efetuar este processamento.

A segunda premissa, de que não é necessário a pronta atualização, traz a possibilidade de que apenas a cópia local do dado seja atualizada e, posteriormente, sejam processadas em blocos as transações acumuladas nos vários nãos. Em estruturas particionadas, haveria a necessidade de que o não que mantêm certos dados estivesse sempre disponível para que outros nãos pudessem ter acesso aos mesmos, ainda que não informassem as alterações imediatamente. A tabela a seguir sugere estruturas de localização em função da atualidade requerida:

ATUALIDADE	ESTRUTURA DE LOCALIZAÇÃO	
	PARTICIONADA	REPRODUZIDA
Imediata	mais indicada	menos indicada
Não imediata	menos indicada	mais indicada

5.3.5.3 - Volume de Dados

Champine⁴, neste caso, propõe uma metodização simplificada do problema da estrutura em função do volume de dados. Para ele, é importante considerar a probabilidade de uma transação necessitar de dados armazenados em outros nós.

A escolha é feita de acordo com o quadro abaixo:

PROBABILIDADE DE ACESSO A OUTROS NÓS	VOLUME DE DADOS	ESTRUTURA DE LOCALIZAÇÃO
-	Pequeno	Reproduzida
Baixa	Grande	Particionada
Alta	Grande	Particionada (Centralizado)

5.3.6 - Localização de Diretórios

A idéia do uso de esquemas (Schema) para definição de dados aplicada a distribuição deve ser analisada no que tange à localização dos diretórios. Uma informação a ser acrescenta

da aos modelos normalmente utilizados em centralizações seria a localização (identificação do(s) nó(s) de um determinado dado). Chu⁶ apresenta quatro configurações básicas para a implementação de diretórios, juntamente com uma análise do comportamento simulado de cada uma delas, descritas a seguir:

Centralizada

Um diretório central é mantido em um dos nós. Quando um nó qualquer requer acesso a dados não presentes em seu próprio diretório, consulta aquele a respeito da localização da informação referida.

Centralizada Estendida

Uma variação da forma anterior, onde os nós são capazes de armazenar em seus próprios diretórios, informações obtidas em consultas ao diretório central. Deste modo, se é frequente a incidência de consultas sobre um mesmo item por parte de um nó, pode haver uma substancial diminuição nos acessos ao nó de referência. Alterações no diretório central, entretanto, geram a necessidade de atualizar os diretórios locais.

Local

Não há diretório central no sistema. Um nó, necessitando de dados de outros nós, deve iniciar consultas aos demais componentes até que seja atendido.

Distribuída

Cada nó tem uma cópia do diretório central.

Analisando os modelos em função da taxa de atualização dos diretórios, Chu obteve que para valores inferiores da mesma, a opção distribuída apresenta menores custos. Para valores intermediários, a opção centralizada estendida é a mais indicada e para valores superiores a solução centralizada é a melhor. Neste estudo estimou-se em 1/3 a média de acessos a dados não locais e considerou-se os custos de comunicação muito maiores que os custos de processamento

5.4 - CENTRALIZAÇÃO VERSUS DESCENTRALIZAÇÃO

5.4.1 - Apresentação dos argumentos

A discussão da conveniência de opções centralizadas e descentralizadas em processamento de dados é extensa. Há vários trabalhos abordando este assunto, alguns dos quais são referenciados neste texto. Procurou-se discutir, em cada item, os prós e contras de uma e outra opção não generalizando, como fazem vários autores, um determinado argumento como vantajoso ou desvantajoso sem contudo analisar em que condições isto acontece. A subjetividade da argumentação aliada ao estado ainda incipiente do uso de descentralização impedem a existência de verdades consagradas nesta discussão.

Os argumentos aqui discutidos consideram os casos gerais de centralização e descentralização na forma em que foram apresentados nas seções anteriores. A particularização de descentralização distribuída (distribuição), de arranjos específicos de inter-conexão de computadores só será discutida quando for conveniente para uma melhor explicação dos fatores considerados.

Economia de escala de hardware

Sistemas centralizados supõem (em alguns casos exigem) a existência de equipamentos com muito maior capacidade de processamento do que teriam sistemas cooperantes distribuídos para a execução das mesmas tarefas. Supõem ainda que estes equipamentos centralizados possuam um alto grau de compatibilização, possibilitando economia de escala de hardware e software.

Por exemplo, quando se usa discos magnéticos é comum a utilização de um único controlador para um conjunto de duas a oito unidades. Num sistema centralizado é mais fácil a obtenção de uma configuração que permita a otimização da razão controladores/unidades, enquanto que em computadores distribuídos independentes, geralmente de pequeno porte, fica difícil esta flexibilidade de escolha. Assim como nos discos, este fato ocorre em consoles de operação, painéis de controle, fitas magnéticas e finalmente em instalações físicas (ar condicionado e outros serviços e equipamentos necessários).

Eficiência no desenvolvimento de sistemas e software

A existência de equipamentos centralizados melhora os níveis de eficiência para desenvolvimento de sistemas⁴⁰. Isto justifica-se pela possibilidade de uso de software de apoio bastante sofisticado tais como bancos de dados, sistemas interativos de construção de programas e pela manutenção de pessoal com alto grau de especialização. Estas facilidades podem eventualmente ser disponíveis para sistemas descentralizados. No caso mais comum, entretanto, isto ainda não acontece.

Expansão de equipamentos centralizados

Este item motiva opiniões diferentes por parte de alguns autores. Thierauf⁴⁰ argumenta que em sistemas de grande porte há maior flexibilidade de expansão da capacidade de processamento do que em sistemas menores. Primeiro, porque os grandes sistemas tem maior espectro de configuração pela adição de canais de entrada/saída, expansão de memórias, instalação de multi-processadores e outras possibilidades. Segundo, porque ocorre exatamente o contrário em sistemas de pequeno porte, onde os limites de configuração dos equipamentos são facilmente alcançados ou ineficientes quando explorados. Isto acontece no caso mais geral, por certo, uma vez que os equipamentos de grande porte são adquiridos inicialmente com a mínima configuração necessária e com o máximo de possibilidades de expansão.

Outro autor, Scherr³⁵, baseia-se no fato de que a expansão de equipamentos de grande porte, quando necessária, é extremamente dispendiosa nos casos em que este incremento requer outro sistema ou a passagem para outros modelos da mesma linha (em geral, há razoáveis diferenças de porte e custo em modelos consecutivos de uma mesma marca), não considerando o caso de troca de fabricante, o que seria ainda mais custoso devido aos problemas de conversão de sistemas. A diferença de opiniões baseia-se nitidamente na possibilidade técnica de futuras expansões. Quanto mais próxima do limite a configuração, mais desfavorável torna-se a expansão para equipamentos de grande porte e, por consequência, para sistemas centralizados. No caso inverso, torna-se um argumento favorável.

Expansão de equipamentos descentralizados

A flexibilidade de configuração de sistemas descentralizados surge tanto da possibilidade de expansão dos equipamentos que formam os nós como da própria arquitetura da rede, através da rearrumação dos canais de comunicação ou adição ou eliminação de nós. Esta característica, denominada granularidade por alguns autores, permite que novas funções sejam incorporadas ao sistema mais facilmente. Um ponto a observar, entre tanto, é com respeito a expansões quando o sistema trabalha perto dos limites do seu sistema de comunicações. Neste caso, pode ser necessária uma reanálise dos padrões de carga devido à

nova divisão de trabalho. Em sistemas bus-compartilhado, estrela, ponto-a-ponto pode haver limitações físicas para este tipo de expansão.

Outro ponto a considerar é a facilidade inerente a sistemas descentralizados para modelos experimentais de aplicações^{3.5}. É usualmente econômica a versão piloto de uma instalação. Considere-se, como exemplo, uma aplicação onde, na versão centralizada haveria um sistema de grande porte e na versão descentralizada diversos mini computadores. A aplicação piloto seria com um sistema de grande porte ou uma versão simplificada deste para a primeira opção, ou um número reduzido de minis para a segunda opção. Poderia haver uma diferença substancial de custos nestas duas possibilidades.

Além de versões experimentais, a própria implementação gradual de sistemas pode ser planejada e sistematizada através da incorporação escalonada de nós ao sistema previamente projetado.

Compatibilidade

A discussão em torno deste item prende-se basicamente a questão de ter-se ou não um sistema descentralizado homogêneo quanto à natureza de seus componentes, uma vez que é evidente o alto grau de compatibilização em sistemas centralizados. Uma rede de computadores tem, para seus vários nós, requisitos vários. A capacidade de processamento, a conexão a equipamentos de comunicação de dados, periféricos especiais e condições ambientais influem na escolha dos computadores para cada ponto. Desse modo, pode haver a necessidade de instalar diferentes produtos de diferentes fabricantes. Este fato é apresentado como uma desvantagem da descentralização³⁹, uma vez que introduz incompatibilidades no sistema. O uso de vários computadores de uma mesma linha oferece a vantagem de que a arquitetura, os componentes e a manutenção tanto de software como de hardware são similares. Há, contudo, dois aspectos a analisar: O primeiro com respeito a portabilidade do software de apoio utilizado e o segundo quanto ao software de comunicações.

O uso de pacotes de bancos de dados e linguagens de alto nível pode diminuir essa desvantagem embora, em alguns casos, seja necessária a particularização de detalhes de implementação quando se busca uma melhor adequação à arquitetura do computador.

Com respeito ao segundo aspecto citado, é possível mi
nimizar problemas de compatibilização através da hierarquiza
ção dos protocolos. Como os detalhes de construção em cada ní
vel são virtualmente transparentes aos demais níveis, pode-se
obter que a implementação dos protocolos de mais alta hierar
quia (a partir do nível 3) seja independente de máquina. Des
te modo, a particularização do software de comunicação é neces
sária apenas no nível de troca de mensagens, o qual possui cer
to grau de padronização atualmente.

A opção pela homogeneidade dos equipamentos descen
tralizados pode, em certos casos, ser desvantajosa do ponto de
vista da performance do sistema. Contudo, é possível dimi
nuir as desvantagens da heterogeneidade através de uma escolha
criteriosa do software de apoio e da definição hierárquica dos
protocolos.

Custos de Comunicação de Dados

É comum a argumentação de que custos de comunicação de dados decrescem quando se opta pela descentralização⁴. Não são claras, entretanto, as circunstâncias em que isto ocorre.

Inicialmente, observa-se que estes custos decrescem não em relação a sistemas centralizados em "batch", onde tais custos inexistem mas em relação a sistemas centralizados com acesso remoto. Nestes, há uma interação intensa entre usuário e computador para recebimento de mensagens, confirmação de da dos digitados, crítica, etc. Na medida em que se aumenta a ca pacidade de processamento local no ponto de acesso remoto, há uma maior filtragem das informações transmitidas e recebidas, diminuindo a carga de comunicações.

Essa diminuição pode ser obtida pela compactação das mensagens, pela eliminação da participação do nó central em al gumas classes de transações ou pelo acúmulo de dados durante certo tempo com posterior envio em bloco, utilizando-se mais eficientemente os canais de comunicação e/ou aproveitando-se de horários taxados com tarifas mais econômicas.

A escolha do nó onde cada item de dado será armazena da é decisiva no montante da demanda de comunicação nos siste mas descentralizados. Quanto menor for a probabilidade, numa operação, de que os dados necessários estejam armazenados em

outros nós, menor será o custo da comunicação resultante.^{3.9}

Outro fator a considerar é quanto ao uso de redes locais. Neste arranjo, deve-se levar em conta que os custos de comunicação resumem-se ao investimento inicial nas linhas e a manutenção das mesmas, uma vez que não estão estas redes sujeitas ao pagamento de tarifas.

Dependência de componentes de tele-comunicações

Em sistemas descentralizados onde a distância entre dois nós é tal que necessite a utilização de canais de comunicação públicos ou equipamentos de agentes externos a empresa, pode surgir o argumento de que isso criaria uma dependência não totalmente controlada pela empresa usuária do sistema.^{4.3}

Cabem neste ponto algumas observações. A primeira é a de que se uma empresa tem uma rede em local geograficamente distante de seu centro de processamento ela fatalmente terá de ter um meio de comunicação entre estes pontos, seja pela transferências de informações por avião, telex, telefones ou outros meios. Ou seja, ela dependerá de um sistema de comunicação qualquer. A segunda observação é a de que, se o Sistema de Comunicação de dados que atende o local não é satisfatório, o sistema descentralizado pode ser projetado de modo a suprir com outros meios de comunicação esta deficiência, seja através dos métodos convencionais que teriam de existir sem descentraliza-

ção, seja através de uma margem maior de tolerância a defeitos no sistema de comunicação. Por exemplo, um nó poderia ser capaz de trabalhar longos períodos sem comunicação com outros nós, baseando-se em dados locais e aproveitar curtos períodos para transmissão em pacote das transações armazenadas.

Confiabilidade do Sistema

Sistemas descentralizados são em geral vistos como mais robustos e resistentes do que sistemas centralizados, baseado este fato na viabilidade econômica da duplicação de componentes e da possibilidade de serem reduzidos os efeitos de falhas ocorridas em nós do sistema.

A duplicação de processadores de pequeno porte ou de módulos de memória em mini computadores aumentam a segurança do sistema enquanto acrescentam custos relativamente baixos. O mesmo método, entretanto, não se aplica a grandes computadores em virtude do alto preço.

Lorin²⁴ observa, entretanto, que os elementos mais confiáveis de um sistema são, em geral, a memória e o processador. Desse modo, não é claro para ele que se garanta uma confiabilidade marcadamente superior duplicando-se o elemento mais resistente de um computador.

Por outro lado, a redundância de dispositivos de armazenamento de dados tem o efeito de alterar o preço médio por

unidade armazenada, uma vez que a duplicação de periféricos dessa natureza é mais dispendiosa relativamente.

Embora surjam problemas de integridade de dados em sistemas descentralizados em funcionamento parcial, o aumento real de confiabilidade vem não da redundância de hardware em si, mas sim da arquitetura do sistema que prevê integridade e pronta recuperação do mesmo em caso de falhas de componentes.

De acordo com Lorin²⁴, é indicada a determinação de procedimentos de software para casos de mau funcionamento de algum elemento. Neste caso, é possível a identificação de recursos críticos a serem criteriosamente duplicados ou dotados de elementos de segurança.

A probabilidade final de um sistema estar operacional é a junção das probabilidades de seus componentes. A probabilidade de que algum componente falhe é grande enquanto que a probabilidade de que todos falhem é menor. Desse modo, um sistema que dependa de todos seus componentes para operar não é um sistema robusto. Se no projeto do sistema houver a característica da auto organização e a introdução de back-ups apropriados nos locais críticos, de modo que o sistema opere razoavelmente com componentes defeituosos, a confiabilidade deste será proporcional ao nível de erros aceitos e tratados.

Economia de Dedicação

A argumentação em torno deste assunto baseia-se em que num sistema de processamento descentralizado é, via de regra, possível subdividir as aplicações por várias máquinas de modo a usar mini ou micro computadores especializados em determinadas tarefas.

Tais máquinas podem ter uma relação preço/performance vantajosa em comparação a sistemas de grande porte de uso geral. Observe-se que aqui não se considera fatores como economia de escala.

A figura 5.11 mostra a interrelação entre a relação preço/performance do processador e o preço deste para uma variedade de arquiteturas e graus de complexidade da aplicação³⁵. A variação na relação pode ser de até três ordens de magnitude entre microprocessadores e computadores de grande porte, e de uma a duas ordens de magnitudes entre micro e mini computadores.

A caracterização de aplicações como simples ou complexas, com respeito a arquitetura do processador é, contudo, relativa quando se chega a níveis de detalhes de implementação, uma vez que os itens de dados e instruções usados podem ser escolhidos de modo a estar exatamente de acordo com a arquitetura da máquina na busca da otimização da taxa preço/performance.

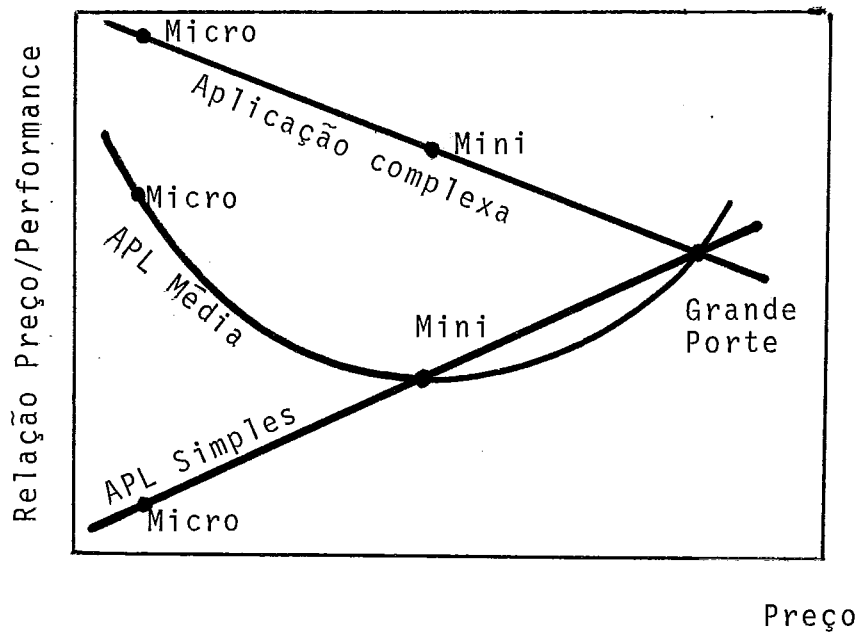


Figura 5.11

Parece haver um potencial de economia de dedicação sobrepondo-se a economia de compartilhamento (consequência da economia de escala)^{2,4} É no mínimo duvidoso que uma máquina, atendendo a um grande número de usuários não padronizados, de uma maneira geral, seja mais eficiente que uma máquina dedicada a um trabalho com perfil definido e pouco

Há entretanto, graus de dedicação. Alguns sistemas descentralizados tem nós com altos graus de especialização, como em controle de processos ou aquisição de dados enquanto outros suportam várias aplicações de um ponto geográfico, como um departamento ou uma fábrica de uma grande corporação.

Interface com o usuário

Melhores interfaces com os usuários são frequentemente citadas como vantagens em sistemas descentralizados. As seguintes características são em geral aceitas como necessárias a uma boa interface:

- . os tempos de resposta devem ser apropriados a atividade, não sendo introduzidas pelo sistema condições de instabilidade, imprevisibilidade ou lentidão que levem o usuário a ser menos eficiente do que pode ser;

- . a lógica e a semântica da interface, em sistemas interativos, deve ser consistente com o trabalho realizado;

- . a sintaxe da interface deve ser tal que pareça intuitivamente óbvia ao usuário;

- . deve haver uniformidade e consistência na execução de procedimentos similares;

- . o sistema deve permitir vários níveis de ajuda e direcionamento, prevendo que seus usuários possam ser pessoas experientes ou iniciantes.

O argumento ora apresentado baseia-se em que a existência de nós de processamento nos locais próximos ao usuário não traz, por si só, melhores interfaces mas sim, em que nestes casos existem condições para tal.

Tempos de resposta são analisados no item Flexibilidade de Atendimento Especial.

Os demais itens referem-se basicamente a qualidade do diálogo na interação computador-usuário via terminais. Em sistemas "on-line", executados em computadores de grande porte, há uma tendência a abreviar diálogos visando diminuição da carga de transmissão. O objetivo é dispor de um elemento capaz de expandir e resumir mensagens e diálogos entre o computador e o usuário sem aumentar substancialmente a carga do sistema, o que é factível através do atendimento dedicado de sistemas descentralizados.

Limitações de Sistemas Únicos

Scherr³⁵ apresenta o argumento de que muitas empresas estariam optando pelo processamento distribuído ou pelo menos descentralizado, devido ao fato de que não existe disponibilidade de sistemas com a capacidade de processamento necessária. Embora a potencialidade dos computadores tenha aumentado enormemente nas últimas décadas, ainda há casos em que o volume de serviços excede esta capacidade.

Além disso, há o risco de dimensionar sistemas para determinadas cargas de trabalho e, por variações de mercado, arcar com a necessidade de aumentar rapidamente sua capacidade na proporção em que cresceu a demanda. Este crescimento traz consigo uma maior complexidade operacional gerando mudanças e causando distúrbios.

Estes problemas também existem na solução descentralizada, embora possam ser absorvidos muito mais facilmente devido a diluição de seu impacto pelo vários nós.

Flexibilidade de Atendimento Especial

Num sistema de multiprogramação o tempo de resposta depende, basicamente (1) da solicitação ao sistema causada pela aplicação do usuário e (2) da demanda de trabalho resultante dos demais programas em processamento. Assim sendo, fica

difícil prever o perfil de atendimento de aplicações que com partilham recursos em sistemas de grande porte. Além disso, há a dificuldade de um usuário influir decisivamente no escalonamento de tarefas por parte do sistema operacional devido ao grande número de elementos envolvidos neste procedimento.

Em sistemas descentralizados a previsão da taxa de utilização e tempos de respostas é mais eficaz devido a simplicidade dos computadores e sistemas utilizados, a caracterização mais definida das aplicações e a inexistência, em geral, de processamento paralelos com demanda de recursos variável (quando há ocorrência desses processos paralelos à aplicação, a demanda por eles gerada é mantida dentro de limites conhecidos como, por exemplo, gerenciadores de rede, descarregamento de back-ups ou entrada de dados).

Pesa também em favor da opção descentralizada o fato de o usuário ter autonomia de decisão quanto a utilização que deseja de seu equipamento. Mudanças de prioridades, escolha de horários adequados para manutenção e outros procedimentos de excessão são melhor controlados e planejados.

Reavaliação de Aplicações Secundárias

A introdução de mini computadores nas empresas, nos locais onde existem atividades a serem apoiadas por processamento de dados, traz a possibilidade de funcionamento local destes sistemas quando não houver dedicação total ao sistema descentralizado. Este fato implica em que muitas aplicações que não apresentam relações custo/benefício satisfatórias para sistemas centralizados possam, nestas condições, ser reavaliadas. A simplicidade de operação de tais equipamentos assim como a crescente familiaridade dos usuários de sistemas descentralizados podem criar condições para a automação de aplicações isoladas ou complementares ao sistema descentralizado.

Industrialização dos Equipamentos

Pela natureza dos sistemas descentralizados é comum que os equipamentos necessários a sua implantação situem-se na faixa de sistemas de pequeno porte.

Isto traz a vantagem de que a industrialização de tais componentes seja objeto de menores investimentos, tanto de projeto como de produção.

Na área de microprocessadores e memórias, são largamente difundidas técnicas de arquitetura e a construção de sistemas de pequeno porte é possível mesmo em países ainda incipientes nesta área. Na área de periféricos, principalmente nos

que envolvem problemas de mecânica de precisão, há dificuldades maiores de industrialização, embora os requisitos de tais periféricos, geralmente situados em faixas de baixa ou média velocidade, amenizem o problema.

Estas vantagens aparecem na comparação com a industrialização de equipamentos de grande porte, onde o desenvolvimento de projetos, produção e software requerem pesados investimentos e know-how consolidado.

Quanto a área de tele-comunicações, existe para sistemas descentralizados a dependência de facilidades de telecomunicações públicas, através de redes estabelecidas ou pela utilização de canais alugados. Para redes locais, entretanto, as tecnologias de interconexão e equipamentos necessários não requerem grandes investimentos.

A discussão desse argumento situa-se a nível de projeto e implementação, persistindo entretanto a dificuldade da industrialização de circuitos integrados, presente em ambos os casos.

Padronização de Software de Suporte para Redes

Existem hoje em dia, em vários países, muitas organizações públicas e privadas empenhadas no desenvolvimento e implementação de serviços de telecomunicação de dados para usuá

rios públicos. Essa busca de padronização visa concentrar esforços desenvolvidos por vários fabricantes e usuários de redes para um ponto de compatibilização de software de comunicação.

As redes públicas tem por objetivo prover serviços econômicos e eficientes para a comunidade de usuários no atendimento a crescente utilização de transmissões difíceis.

O centro da atividade de redes públicas é o CCITT - (International Telegraph and Telephone Consultative Committee) , grupo de estudos VII. Outros órgãos estão envolvidos como ISO (international Organization for Standardization) e o ANSI (American National Standards Institute).

Os resultados do CCITT são publicados como recomendações. Recomendações aplicáveis a comunicação de dados estão na série V (relacionadas a transmissão de dados na rede telefônica) e na série X (relacionadas a redes públicas).

Folts¹⁷ apresenta uma análise de algumas destas pa-dronizações e um resumo da série X de recomendações, relacionadas com os assuntos abordados.

Em vista do estado ainda híbrido das diversas redes existentes, o trabalho de implantação inicial de sistemas descentralizados é sobrecarregado, uma vez que o usuário deve produzir seu próprio software de comunicação, principalmente nos

níveis 3 e 4 dos protocolos. Há fabricantes, entretanto, que fornecem para suas linhas de produtos software para sistemas de comunicação, porém não compatíveis entre si naqueles níveis de protocolos. Weitzman⁴³ apresenta a descrição de alguns modelos de protocolos de redes, tais como DECNET e ARPANET.

As condições dos produtos do mercado brasileiro em relação a isso serão abordadas em item à parte.

Capacidade de Processamento de Aplicações Complexas

A existência de um sistema de médio ou grande porte permite a programação de tarefas que requeiram grandes quantidades de memória, velocidade de UCP, ou capacidade de entrada/saída. Isto acontece, por exemplo, em aplicações onde o número de itens seja elevado e haja necessidade de ordenar ou efetuar cálculos complexos a partir dos mesmos. Entretanto, deve-se observar alguns pontos antes de tomar este argumento como decisivo na escolha de opções centralizadas.

Em primeiro lugar, deve-se analisar se realmente há a necessidade de processamentos de grande porte. Em geral é possível decompor problemas aparentemente complexos em conjuntos de tarefas de menor complexidade, que mais tarde venham a ter os seus resultados agrupados. Um programa de ordenação, por exemplo, pode ser efetuado em partes com posterior intercalação de registros. Outro ponto é que o fato de um sistema ser

distribuído não implica, necessariamente, em que todos seus nós tenham reduzida capacidade de processamento. É possível ter-se, eventualmente, nós compostos por computadores mais potentes se isto for necessário. Resta ainda, em sistemas utilizando redes de compartilhamento de recursos, a possibilidade eventual de acesso remoto a um sistema de grande porte. A idéia é que, mesmo não participando normalmente da distribuição de tarefas, o computador de grande porte pode ser acessado, em batch, para processamento de programas independentes que realizariam tarefas mais complexas, não passíveis de decomposição ou execução pelos nós.

Estas são alternativas em vista do impacto do argumento em favor da centralização. Em alguns casos, este fator é decisivo na escolha por uma ou outra opção. Leventhal⁵¹ chega a afirmar que "mini e micro computadores não serão capazes de substituir sistemas de grande porte em determinadas tarefas".

Segurança e Privacidade

É comum a citação desse argumento como favorável a opção descentralizada, devido ao fato de estar o dado armazenado no local onde será mais usado e, supõe-se, em equipamento de uso restrito, senão exclusivo. ^{39 40} a proteção em sistemas descentralizados pode ser feita fisicamente, através do bloqueio do acesso ao local da instalação e/ou no software de comunicação entre nós, impedindo o acesso ao dado para nós não autorizados.

Em sistemas centralizados é difícil este controle se não virtualmente impossível. A movimentação de back-ups, a cô pia de arquivos, o compartilhamento de recursos pelo sistema o peracional tornam bastante difícil a tarefa de segurança de da dos.

Há ainda a analisar a origem da ameaça à segurança dos dados. No caso de agentes externos ao meio, parece ser a opção de armazenagem fisicamente restrita, pelo isolamento do equipamento em locais adequados e seguros, a mais indicada. Nes te caso, o objetivo da segurança como um todo é a proteção do acesso ao equipamento e, por consequência, aos dados. A imple men tação de esquemas deste tipo parece-nos mais apropriada a n ãos de sistemas descentralizados e não a sistemas de grande por te.

Se a ameaça à segurança, entretanto, parte de agentes internos a organização, então a segurança física perde o senti do, uma vez que o acesso ao equipamento é possível. Lorin²⁴, neste caso, recomenda que a manutenção da segurança será mais fácil num ambiente com procedimentos disciplinados e num nível altamente profissional, o que é mais indicado em centros de processamento de maior porte. Esta segurança é implementada através de grandes pacotes de software especializados que im p ãem mecanismos bem planejados para o pessoal envolvido. Sis temas de pequeno porte, tais como os n ãos característicos da descentralização, podem não ser capazes de suportar as cargas a

dicionais requeridas por esses pacotes.

Duplicação de Esforços

A centralização traz consigo concentração de esforços em várias áreas. Operações de sistemas, serviços auxiliares, pessoal especializado são exemplos. Isso evita em alguns casos, duplicação de esforços em tarefas comuns existentes na opção descentralizada.

A manutenção de software de apoio, por exemplo, em instalações centralizadas geralmente ocorre de modo único e padronizado, uma vez que é usado em sistema operacional apenas. Numa rede de computadores, entretanto, existe a possibilidade da heterogeneidade dos equipamentos, criando duplicações na atividade de suporte de sistemas.

Controle de Operações e Padronização

O simples fato de estarem os procedimentos de operação centralizados infere a existência e a vantagem da gerência única destas operações. Isto pode levar a níveis mais elevados de eficiência e padronização.

Outros argumentos

Há ainda uma série de argumentos a alinhar nesta discussão. Alguns serão rapidamente citados como informações complementares:

: adaptabilidade, em sistemas descentralizados, de equipamentos específicos para cada caso isoladamente, tais como terminais com características especiais, impressoras, equipamentos de aquisição de dados e outros;

. aquisição de dados, no caso mais comum da descentralização, a nível de geração com crítica imediata. Menor gasto com gerenciamento das operações neste processo. Esta vantagem pode aparecer também em sistemas on-line centralizados;

. diminuição da necessidade de adaptação de documentos ao processo de transcrição de dados, devido a familiaridade do usuário de descentralização com os documentos e com o sistema. Em sistemas onde a transcrição é efetuada por terceiros (digitadores especializados) há necessidade de formalização e formatação dos documentos que contêm dados de entrada;

. a formação de pequenas equipes em torno dos nós descentralizados fomenta a produtividade individual, embora o grupo, como um todo, possa mostrar deficiências devido à dificuldade de contar com um conjunto mais completo de especialistas. Além disso, pequenas equipes são mais vulneráveis ao "turn-over" de pessoal.

CAPÍTULO VI

PROCESSAMENTO DISTRIBUÍDO NO HOSPITAL UNIVERSITÁRIO DA U.F.R.J.

6.1 - INTRODUÇÃO

O objetivo deste capítulo é incluir a análise de uma situação real no presente trabalho. Para tanto, foi escolhido o caso do Hospital Universitário da U.F.R.J., pelos seguintes motivos:

- . adequação da discussão para os casos de outros hospitais ou corporações que tenham problemas semelhantes;

- . variedade do perfil de aplicações num hospital, visto coexistirem sistemas como pessoal, material, contabilidade e aplicações da área médica;

- . o fato daquele hospital estar considerando a possibilidade de instalação de sua própria capacidade de processamento.

6.2 - APLICAÇÕES

São as seguintes as principais aplicações existentes ou a serem implantadas no Hospital Universitário a curto prazo:

Implantadas

- . Cadastro de Pessoal
- . Censo Hospitalar
- . Controle de Material
- . Sistema de Farmácia

Em implantação

- . Controle de Laboratórios
- . Sistema de Hemoterapia

Planejadas

- . Controle de Ambulatórios
- . Índice de Pacientes
- . Controle de Medicina Física
- . Sistemas Área Financeira

6.3 - DIMENSIONAMENTO DAS APLICAÇÕES

Para dimensionar a demanda de processamento requerida pelas aplicações, serão tomados os seguintes parâmetros como referência, supondo-se a execução das mesmas em procedimentos do tipo transação:

- . número de transações no período;
- . dados envolvidos em cada transação;
- . arquivos gerais referenciados;

- . arquivos não gerais referenciados;
- . extensão dos arquivos não gerais;
- . especificação do período crítico (tempo máximo de parada do atendimento sem acionar sistemas alternativos).

Considera-se também a existência de arquivos gerais que contêm dados comuns a diversas aplicações do hospital. A escolha, no caso, recaiu sobre os seguintes itens:

a) Cadastro de Pacientes - contendo dados de registro de pacientes, tais como nome, endereço, identidade e referências a sua ficha médica;

b) Cadastro de Funcionários - contendo dados de cadastro dos funcionários do hospital para identificação e referência padronizada pelos sistemas. É basicamente o arquivo hoje mantido pelo sistema Cadastro de Pessoal;

c) Cadastro de Médicos - contendo uma complementação dos dados do cadastro de funcionários especificamente para os médicos;

d) Tabelas de Controle - contendo a decodificação de abreviaturas usadas no hospital para descrever instalações físicas, postos de enfermagem, salas de consulta, e outros itens de referência comuns. Usado por todas as aplicações.

Uma estimativa do porte destes arquivos seria:

a) Cadastro de Pacientes

20.000 pacientes ativos x 1 Kb

50.000 pacientes não ativos x .1 Kb

total 25 Mb

b) Cadastro de Funcionários

2.000 funcionários x 1.5 Kb

total 3 Mb

c) Cadastro de Médicos

500 médicos x 2 Kb

total 1 Mb

d) Tabelas de Controle

3.000 itens x 300 b

total 1 Mb

A estimativa de processamento em cada sistema será feita tomando-se por base o porte atual do Hospital Universitário, uma vez que não existe previsão de expansão significativa em período próximo.

O dimensionamento feito para Hemoterapia, Medicina Física e Área Financeira é baseado em dados estimados, sujeito a uma maior margem de erro, devido a dificuldade de realizar

um estudo muito mais detalhado naquelas áreas e ao fato de não haverem sido previamente automatizados.

CADASTRO DE PESSOAL

Controla itens como dados pessoais, dados sobre dependentes, cargos e funções, tempo de serviço, frequência mensal, folha de pagamento e histórico funcional. Há hoje, no Hospital Universitário, perto de 2.000 funcionários. Este sistema está implantado desde 1978, "em batch" no B6700 e tem estrutura de arquivos projetada para suportar consultas e atualizações "on-line".

Dimensionamento:

a) Número de transações:

número de funcionários	-	2.000
% funcionários com transações	-	50%
período processamento	-	10 dias
total:		100 transações/dia

b) Arquivos gerais referenciados

cadastro de funcionários
cadastro de médicos

c) Arquivos adicionais

alterações no mês	-	1.000	x	100	b
dados frequência	-	200	x	100	b
arquivo dependentes	-	5.000	x	100	b
tabelas auxiliares	-	2.000	x	100	b
total:					1 Mb

d) Linhas impressas

funcionários sem atualização - 80 linhas/mês

funcionários com atualização - 130 linhas/mês

total: 210.000 linhas/mês

e) Pontos de aquisição de dados

total: 100 x 2 minutos = 200 minutos/dia

f) Característica do processamento

- . transação: atualização de dados dos funcionários;
- . mensalmente, o sistema emite os relatórios da folha de pagamento;
- . anualmente, o sistema emite relatórios do ano, como ficha financeira, declaração de rendimentos, etc...

CENSO HOSPITALAR

Usado para controlar a ocupação de leitos por pacientes internados. Projetado inicialmente por uma firma de consultoria norte-americana, este sistema sofreu recentemente uma redefinição que transformou-o num sistema "on-line", usando DMS II da Burroughs, executado no B6700.

Dimensionamento:

a) Número de transações:

número de leitos	-	400
transferências de leito	-	30
admissões e altas por dia	-	80
outras alterações	-	40
total:		150 transações/dia

b) Arquivos gerais referenciados

cadastro de pacientes
cadastro de médicos

c) Arquivos adicionais

transações (referentes a um período de 3 meses)
100 x 90 dias x 100 b
total: 1 Mb

d) Linhas impressas

paciente	7	linhas/dia
	10	linhas/internação
	400 x 7	linhas x 30 dias
	40 x 10	linhas x 30 dias
total:	<u>~</u>	100.000 linhas/mês

e) Pontos de aquisição de dados

total: 150 x 2 minutos = 300 minutos

f) Característica do processamento

- . transação: alteração dados, transferências de leitos, admissões e altas;
- . diariamente, o sistema emite relatórios sobre os pacientes internados para vários setores do hospital;
- . diariamente, o sistema emite relatórios com pacientes admitidos ou com alta para faturamento e controle.

CONTROLE DE MATERIAL

Controla o movimento de materiais, de consumo e permanentes, no almoxarifado central e em quatro almoxarifados setoriais do hospital. Este sistema foi inicialmente projetado para execução em "batch" tendo sido reformulado para processamento "on-line" no B6700, usando DMS-II.

Dimensionamento:

a) Número de transações:

número de itens	-	12.000
transações diárias	-	100 (média)
transações semanais	-	400 (média)
total: 180 transações/dia		

b) Arquivos adicionais

p/item	p/almoxarifado	-	40	b
p/item		-	150	b
p/fornecedor	(2.000)	-	200	b
total: 4 Mb				

c) Linhas impressas

para todos os itens 1 catálogo mensal

para itens movimentados 4 relatórios diários

4 relatórios semanais

listagens ponto ressuprimento

total: 12.000 x 4 linhas

200 x 4 linhas x 30 dias x 4 relatórios

1.000 x 4 linhas x 4 semanas x 4 relatórios

= 200.000 linhas/mês

d) Pontos de aquisição de dados

total: 180 x 2 minutos = 360 minutos

e) Característica do processamento

- . transação: chegada ou saída de material;
- . diariamente e semanalmente, relatórios de movimentação;
- . catálogo mensal com consumo médio;
- . listagens de itens no ponto de ressuprimento.

SISTEMA DE FARMÁCIA

Cuida, basicamente, do almoxarifado de medicamentos controlado pela farmácia. Estes destinam-se aos pacientes internados ou em tratamento no hospital e são distribuídos às enfermarias, postos de emergência e centros cirúrgicos. Um estoque mínimo deve ser observado, bem como pedidos de ressuprimento devem ser efetuados em prazos estabelecidos. Este sistema está

atualmente implantado num computador POTI, instalado no Hospital Universitário.

Dimensionamento:

a) Número de transações

200 transações/dia

b) Arquivos gerais referenciados

cadastro de pacientes

cadastro de médicos

c) Arquivos adicionais

medicamentos - 1.200 itens x 200 b

fornecedores - 300 itens x 100 b

tabelas auxiliares - 1.000 itens x 50 b

arquivo compras - 100 itens x 50 b x 3 meses

total: 0.5 Mb

d) Linhas impressas

listagem geral medicamentos (semanal) 3.000 linhas

compras em andamento (semanal) 600 linhas

reposição gaveteiros (diárias) 500 linhas

total: 20.000 linhas/mês

e) Pontos de aquisição de dados

total: 200 x 2 minutos = 400 minutos/dia

f) Característica do processamento

- . transação: entrada e saída de medicamentos na farmácia;
- . semanalmente, o sistema fornece relatórios sobre o cadastro de medicamentos, compras em atraso, pedidos de compra, níveis estoque.

CONTROLE DE LABORATÓRIOS

Mantém controle sobre os serviços nos laboratórios. Cadastra pedidos de exames, resultados, pacientes e processa dados referentes ao controle de custos do hospital. Tem um movimento de cerca de 3,000 exames por mês. O atual sistema foi projetado para o PDP-11/70, "on-line", e está em fase de implantação.

Dimensionamento:

a) Número de transações

300 transações/dia

b) Arquivos gerais referenciados

cadastro de pacientes

cadastro de médicos

c) Arquivos adicionais

resultados de exames, 1 mês

150 x 200 bytes x 30 dias

total: 1 M byte

d) Linhas impressas

p/exame 10 linhas

total: 30.000 linhas/mês

e) Pontos de aquisição de dados

total: 300 x 2 minutos = 600 minutos/dia

f) Característica do processamento

- . transação: pedido de exame e resultado do mesmo;
- . diariamente: emitir resultados;
- . mensalmente: emitir estatísticas de exames realizados por centros de custo.

SISTEMA DE HEMOTERAPIA

Efetua o controle do banco de sangue do hospital, estatística e operacionalmente. As funções operacionais envolvem coleta de informações e emissão de relatórios com frequência diária. Para as funções estatísticas estão previstas emissões mensais e anuais. O sistema controla entrada e saída de material, prazos de validade e níveis de consumo.

Dimensionamento:

a) Número de transações

100 transações/dia

b) Arquivos gerais referenciados

cadastro de pacientes

cadastro de médicos

c) Arquivos adicionais

estimado 1 Mb

d) Linhas impressas

20.000 linhas/mês

CONTROLE DE AMBULATÓRIOS

Trata da manutenção da agenda de consultas de ambulatorio, atendidas por aproximadamente 400 médicos, num total de perto de 10.000 atendimentos por mês. Este número pode, eventualmente, chegar a 20.000. Em média, são atendidos 3.000 novos pacientes por mês. O sistema ainda não foi implantado.

Dimensionamento:

a) Número de transações

estima-se, para cada consulta, duas transações:

total: 20.000 transações/mês

1.000 transações/dia

b) Arquivos gerais referenciados

cadastro de pacientes

cadastro de médicos

c) Arquivos adicionais

p/consulta p/4 meses

10.000 consultas x 50 b

escala de médicos

400 médicos x 100 b

total: 2 Mb

d) Linhas impressas

p/consulta : 10.000 x 3 linhas

total: 30.000 linhas/mês

e) Pontos de aquisição de dados

total: 1.000 x 2 minutos = 2.000 minutos/dia

operacionalmente, entretanto, é conveniente o número de 4 a 8 pontos de aquisição, em vista da localização física dos postos de atendimento.

f) Característica do processamento

- . transação: marcação consulta, comparecimento;
- . mensalmente, o sistema emite estatísticas de atendimentos;
- . diariamente o sistema emite listas de pacientes a serem atendidos.

ÍNDICE DE PACIENTES

Trata da manutenção do Cadastro de Pacientes. Este arquivo, suprido com informações dos demais sistemas, deve conter também dados complementares necessários à formação da ficha médica do paciente. Trabalha, basicamente, com todos os pacientes que já foram, em alguma ocasião, registrados no Hospital Universitário, o que dá um número grande de informações a manipular. A solução, neste caso, é limitar o período de retenção dos dados de um paciente e transferi-los para um arquivo fora-de-linha a

proprioado havendo, contudo, uma sistemática para recuperação das informações.

A transação típica seria a recuperação das informações destes pacientes ou a complementação de dados de cadastro através de uma atualização direta, que não através dos outros sistemas.

Dimensionamento:

a) Número de transações

200 transações/dia

b) Arquivos gerais referenciados

cadastro de pacientes

cadastro de médicos

c) Arquivos adicionais

200 transações x 2.500 b

total: .5 Mb

d) Linhas impressas

10 linhas p/paciente novo/retirado

5.000 x 10

total: 50.000 linhas/mês

CONTROLE DE MEDICINA FÍSICA

Trata de acompanhamento do tratamento de pacientes que utilizam as instalações de Fisioterapia do hospital, devido à complexidade resultante da busca de otimização do uso dos equipamentos, evitando a criação de períodos de ociosidade dos mesmos e adequação do tratamento às condições prescritas pelos médicos.

Dimensionamento: (considerando uma relação proporcional com o controle de laboratórios)

a) Número de transações

300 transações/dia

b) Arquivos gerais referenciados

cadastro de pacientes

cadastro de médicos

c) Arquivos adicionais

total: .5 Mb

d) Linhas impressas

total: 10.000 linhas/mês

SISTEMAS DA ÁREA FINANCEIRA

Consistem das aplicações da área financeira, tais como contabilidade, controle de custos e acompanhamento do orçamento. É difícil uma previsão de utilização devido à variedade de aplicações e ao nível de interação desejado e conveniente para com outras aplicações. Por exemplo, o sistema de Controle de Laboratórios pode fornecer dados diretamente ao sistema de Custos ou via relatórios resumo, o mesmo acontecendo com o Cadastro de Pessoal ou o Controle de Material em relação ao de Contabilidade.

ESTATÍSTICAS

Há, naturalmente, uma série de processamentos de estatísticas a efetuar a partir dos dados de movimento do hospital. Indicadores hospitalares, arquivo nosológico, controle de infecções, estatísticas do centro-cirúrgico e outras são resultantes das demais aplicações ou mesmo sistemas independentes, com procedimentos próprios. Não há o processamento orientado para transação a menos de consultas com algum processamento de busca e contagem.

A estimativa da carga de processamento refere-se, no caso deste trabalho, exclusivamente ao número de linhas impressas, ficando diluída nos demais sistemas a carga de processamento e pontos de aquisição de dados.

A P L I C A Ç Ã O	Nº DE TRANSAÇÕES POR DIA	EXTENSÃO - ARQUIVOS NÃO GERAIS (em Mbytes)	ARQUIVOS GERAIS REFERENCIA DOS	PERÍODO CRÍTICO (DIAS)	TEMPO DE RESPOSTA CRÍTICO	LINHAS IMPRESSAS POR MÊS	PONTOS AQUISIÇÃO DE DADOS
CADASTRO DE PESSOAL	100	1	T, F, M	3	N	210.000	1
CENSO HOSPITALAR	150	1	T, P, M	1	N	100.000	1c*
CONTROLE DE MATERIAL	180	4	-	5	N	200.000	1
SISTEMA DE FARMÁCIA	200	0.5	T, P, M	1	N	20.000	1
CONTROLE DE LABORATÓRIOS	300	1	T, P, M	1	S	30.000	1
SISTEMA HEMOTERAPIA	100	1	T, P, M	1	N	20.000	1c
CONTROLE AMBULATÓRIOS	1.000	2	T, P, M	1	S	30.000	4c a 8c
ÍNDICE DE PACIENTES	200	0.5	T, P, M	5	N	50.000	1c
CONTROLE MEDICINA FÍSICA	300	0.5	T, P, M	1	N	10.000	1c
SISTEMAS ÁREA FINANCEIRA	-	-	-	-	-	-	-
ESTATÍSTICAS	-	-	-	-	-	-	-
T O T A I S	2.530	11.5	-	-	-	670.000	-

*c = compartilhado por outras aplicações

Tabela 6.1 - Dimensionamento das Aplicações

6.4 - ANÁLISE DAS ALTERNATIVAS DE PROCESSAMENTO

Hã, basicamente, três alternativas a considerar: o uso do Burroughs B6700; de um computador dedicado instalado no Hospital Universitário; ou de processamento distribuído.

A primeira hipótese, de uso do computador central da UFRJ, apresenta as seguintes vantagens e desvantagens:

- . mantêm a compatibilidade com sistemas já implantados e que utilizam software de banco de dados do fabricante;
- . facilidades para desenvolvimento de software, pelos domínio do uso do equipamento pela equipe técnica do NCE;
- . saturação da capacidade de processamento daquele computador com o atendimento ao uso acadêmico e pelas aplicações administrativas da UFRJ;
- . impossibilidade de expansão do sistema em prazo compatível com as necessidades do Hospital Universitário;
- . experiência negativa em termos de utilização do equipamento em "batch". Algumas aplicações, como o Censo Hospitalar e o Controle de Material, ou tiveram de ser reprojetados para processamento "on-line" ou foram desativados.

Quanto à segunda hipótese, de uso de um computador dedicado, instalado no Hospital Universitário, observa-se que:

- . os requisitos de processamento, anteriormente calculados, indicam um porte razoável para esta máquina, uma vez que

ela deverá atender a vários pontos de transações, processando si multaneamente até 10 diferentes aplicações e com um complexo banco de dados a manipular;

. a instalação de um equipamento desse porte geraria uma demanda de instalações apropriadas, equipe técnica mais altamente capacitada (devido à maior complexidade de computador);

. falta de garantia de tempos de resposta em limites estabelecidos em função do regime de multiprocessamento das aplicações;

. falta de garantia eficaz de confiabilidade do sistema. Há várias aplicações com períodos críticos curtos, que não suportariam paradas totais dos sistemas;

. facilidades para processamento das aplicações com procedimentos em "batch" devido à centralização dos arquivos;

. dificuldade de aquisição de um sistema desse porte no mercado nacional, tendo-se que optar pela compra de um computador no exterior.

A terceira hipótese, de instalação de processamento distribuído, é analisada a seguir. Inicialmente, entretanto, é apresentada a metodologia utilizada.

6.5 - METODOLOGIA PARA A ANÁLISE DA INSTALAÇÃO DE PROCESSAMENTO DISTRIBUÍDO NO HOSPITAL UNIVERSITÁRIO

O objetivo desta seção é apresentar o roteiro utilizado para análise dos aspectos pertinentes à discussão de como implantar um sistema distribuído no Hospital Universitário.

É conveniente, inicialmente, estabelecer os objetivos a serem alcançados com tal metodologia.

Supõe-se que um sistema distribuído esteja basicamente estruturado se definidos os seguintes aspectos:

- . caracterização e dimensionamento das aplicações;
- . estrutura de controle do sistema;
- . localização física dos diretórios e dados;
- . os modos de processamento, seja do tipo transação via terminais, em batch ou outro modo qualquer;
- . localização geográfica dos nós;
- . capacidade de processamento dos nós;
- . espectro da variedade de aplicações em cada nó;
- . modo de interconexão dos computadores;
- . software de apoio utilizado ou requerido para o desenvolvimento das aplicações.

Esta relação de itens não é exaustiva na definição de Sistemas Distribuídos nem está apresentada de forma hierárquica, embora ela contenha um conjunto de decisões de projeto que deli^{neam} perfeitamente uma solução qualquer.

Os pontos que devem ser analisados no processo de tomada de decisões de um projeto de distribuição seriam, com base no que foi descrito na seção 5.3, os seguintes.

Equipamento necessário e/ou disponível

Onde são levantadas possíveis restrições e/ou alternativas quanto ao tipo de equipamento a ser utilizado, tanto de processamento de dados como de tele-comunicações, além de considerações sobre o software apropriado.

Nível de atendimento local

Onde são levantados aspectos que decorram das exigências de atendimento a usuários de diferentes pontos geográficos. Fatores como capacidade de impressão, processamento interativo ou em batch, tempos de resposta, confiabilidade necessária ao sistema no que tange a ocorrência de paradas, nível intelectual profissional dos usuários são aqui considerados.

Autonomia local de processamento

Onde são considerados aspectos como localização física dos centros de processamento em função da carga de trabalho da aplicação, necessidade de aplicações secundárias, requisitos de porte do equipamento de determinados nós e outros fatores que

possam influir diretamente na localização dos nós e no porte dos mesmos.

Distribuição dos Dados

Onde são coordenadas as alternativas tecnicamente recomendadas à luz da análise relativa ao volume de dados, custos de teleprocessamento, requisitos de atualidade das informações e localização de diretórios.

6.6 - ANÁLISE DE ALTERNATIVAS

Equipamento necessário e/ou disponível

No caso do Hospital Universitário, deve-se considerar primordialmente o uso de equipamentos disponíveis na UFRJ: o microcomputador POTTI como equipamento de processamento de dados e a rede local em anel.

As características do primeiro equipamento estão descritas na tabela 6.2. Quanto ao equipamento de teleprocessamento, é adequado o uso da rede em anel devido a proximidade geográfica dos diversos órgãos no Hospital Universitário onde as aplicações serão desenvolvidas. Este equipamento está descrito na seção 3.1.7.

Outra alternativa a ser considerada é a participação do Burroughs B6700 como uma estação para armazenagem de dados e uso de impressoras. Esta opção deve ser considerada paralelamente a possibilidade de uso de um mini-computador, devido a:

HARDWARE

Memória: até 64 K, sendo

4 K ROM

4 K USO DO VÍDEO

8 K SISTEMA OPERACIONAL

n K USUÁRIO

Processador: INTEL 8080, tempo médio de instrução 2 microsegundos.

Teclado: 52 teclas

Vídeo: 24 linhas de 80 colunas

Link: assíncrono, serial, 110-9600 bauds

Disquete: 2 de 256 Kb

4 de 1 Mb

Impressora: Serial, bidirecional, 165 caracteres/segundo

Disco: Removível, 1 a 8 drives, 2.4 Mb

SOFTWARE

Sistema Operacional de Disco (SOCO)

Compilador PLTI

Editor referências externas

Editor de textos

Sort

Utilitários de disco

(1) ausência de maior capacidade de armazenar dados do POTI ;
(2) ausência de capacidade de impressão rápida e (3) capacidade de processamento reduzida em casos como o Cadastro de Pessoal onde há, ocasionalmente, processamentos mais complexos.

Nível de atendimento local

a) Modo de Processamento - deve-se considerar dois modos básicos: "on-line" por meio de terminais e em "batch". Das aplicações mencionadas somente o Sistema Cadastro de Pessoal poderia, inicialmente, ser mantido em batch fora da rede distribuída, apenas com um meio de interação que carregasse os sistemas para uso dos dados daquela aplicação. Os demais sistemas deverão ser com processamento "on-line" por terminais. Na tabela 6.1, a indicação do número de Pontos de Aquisição de Dados refere-se ao uso exclusivo ou não de terminais. O uso compartilhado significa que o sistema não necessita estar disponível o tempo todo.

b) Tempo de resposta - este não é um fator crítico. As aplicações de Controle de Ambulatórios e Medicina Física, entretanto, interagem diretamente com o público e é aconselhável que não apresentem performances muito pobres.

c) Capacidade de impressão - A maior concentração de impressão está nos sistemas Cadastro de Pessoal e Material, que periodicamente emitem extensas listagens relativas a catálogos, contra-cheques e coisas do gênero. Nas demais aplicações, a ne

cessidade de impressão está dispersa no tempo. Quanto à localização física dos equipamentos de impressão, tem-se que nas aplicações em que houver interação entre o processamento do sistema e a emissão imediata de impressos, a necessidade de impressão situa-se dentro dos limites de velocidade do POTI (165 caracteres/segundo).

d) Confiabilidade - Supondo-se que a confiabilidade do sistema esteja vinculada a (1) defeito na rede de comunicação e (2) defeitos individualizados dos nós de processamento, é oportuno avaliar de que maneira pode-se diminuir a probabilidade de parada. A alternativa que parece mais viável, no caso do Hospital Universitário, é através da homogeneidade de equipamentos. A utilização de sistemas POTI, similares nas diversas aplicações, possibilita o remanejamento de discos flexíveis ou outros volumes para outros computadores, no caso de paradas locais, para uso em situações críticas. Desse modo, o aumento de confiabilidade deve ser obtido pela própria arquitetura de distribuição. As aplicações que teriam tempos de parada mais críticos, segundo a tabela 6.1, seriam as da Área Médica. Nestes sistemas, deve ser embutida no projeto a possibilidade de funcionamento isolado por determinados períodos.

e) Nível intelectual/profissional dos usuários - O Hospital Universitário é uma instituição com um perfil variado de funcionários. Os sistemas das áreas médica e administrativa serão manipulados por pessoas sem nenhuma experiência em computação, embora com nível de instrução médio ou superior. Este

fato cria a necessidade de diálogos completos na interação com o usuário e um mínimo envolvimento deste com decisões a nível de sistema, tais como uso de discos, reconfigurações e procedimentos de manutenção. O sistema distribuído deve possuir informações necessárias para auto-organização quando da parada de alguma estação ou para funcionamento local (uma estação sem comunicação com o restante da rede).

Distribuição dos Dados

a) Volume de Dados - A maior parte das aplicações servem-se do Cadastro de Pacientes de uma ou outra forma. O volume deste arquivo, calculado em torno de 25 Mb, torna desaconselhável, de acordo com a seção 5.3.5.3, o uso de estruturas reproduzidas para localização dos dados. Por outro lado, como é alta a probabilidade de acesso a estas informações no processamento das transações, a estrutura recomendada para distribuição de dados segundo o seu volume é a particionada centralizada (dados com uma única cópia reunidos em um nó). Reforçando este argumento está a pequena capacidade de armazenagem das estações. Quanto aos dados não gerais, devido ao seu pequeno volume por aplicação e a baixa probabilidade de acesso pelos demais nós, tem-se que o modelo mais indicado é o particionado.

b) Custos de tele-processamento - A taxa de utilização em redes locais, não sujeitas a tarifas por uso, não altera o custo de manutenção do sistema. Por outro lado, a capacidade de transferência do equipamento considerado (vide seção 3.1.7)

permite trabalhar com a premissa de que é virtualmente inesgotável a capacidade de transmissão de dados a custos nulos.

c) Atualidade das Informações - A questão do grau de atualidade das informações requerido pelo sistema afeta, basicamente, a estrutura de localização dos dados e a capacidade de processamento local. No caso do Hospital Universitário, este fato não é decisivo em aplicação alguma. Todas elas são capazes de tolerar alguma margem de atraso na atualidade dos dados. Eventualmente, poder-se-ia ter alguma restrição quanto a isso nos sistemas de Material e em alguma outra aplicação da Área Financeira. Esta restrição, entretanto, seria apenas quanto aos dados locais das aplicações, o que reforçaria os argumentos em favor de estruturas particionadas para dados não comuns. Quanto à capacidade de processamento local, mantem-se as condições anteriormente estabelecidas de acesso exclusivo, em períodos de isolamento do nó, a dados locais.

d) Localização dos diretórios - A necessidade de funcionamento local dos nós exige que os mesmos sejam auto-suficientes na decisão de pesquisas ou não a determinados dados em outros nós. A par disso, é necessário que haja padronização no acesso às informações, ou seja, deve-se seguir um caminho geral que leve ou a obtenção do dado no nó local ou em outro nó conhecido (ativo ou não). Este argumento, aliado ao fato da pequena mutabilidade da distribuição dos dados pelas estações, leva a escolha de uma localização de diretórios do tipo distribuída conforme análise na seção 5.3.6.

6.7 - ESTRUTURA DO SISTEMA DISTRIBUÍDO DO HOSPITAL UNIVERSITÁRIO

a) Caracterização e dimensionamento das aplicações.

(Vide seção 6.3)

b) Estrutura de Controle do Sistema

Sistema distribuído horizontal.

c) Localização física dos diretórios e dados

Diretórios: distribuída

Dados: arquivos gerais - particionada
(centralizada)

arquivos locais - particionada

d) Modo de processamento

"On-line" do tipo transação.

e) Localização geográfica dos nós

Vide tabela 6.1.

f) Capacidade de processamento dos nós

Armazenagem:

- . dados gerais - deve haver pelo menos uma estação no sistema com capacidade de armazenar os dados gerais (da ordem de 30Mbytes).
- . dados não gerais - armazenagem local pelos nós de origem.

Capacidade de impressão:

- . centralizada para relatórios mais extensos devido à proximidade dos nós de processamento;
- . distribuída, através de impressora seriais de baixa velocidade e custo para aplicações com necessidades específicas de impressão.

Capacidade de processamento:

- . pelo menos uma das estações deverá prover capacidade de processamento superior à do sistema POTT, uma vez que será necessário gerenciar impressoras rápidas e dispositivos de armazenagem de alta velocidade. Além disso, pode haver a necessidade de algum software de gerenciamento de dados.
- . as demais estações serão equipadas com micro-computadores POTT, com ou sem capacidade de armazenagem local. No caso de não haver esta capacidade, será necessário que o software de serviço da rede seja capaz de enviar programas em código-objeto para execução em estações remotas. O caso mais geral, entretanto, será o uso de discos flexíveis locais, contendo dados e programas aplicativos.

g) Modo de interconexão dos computadores

Rede local em anel.

h) Software de Apoio

- . linguagem de alto nível PLTI e/ou COBOL;
- . protocolo de serviço para gerenciamento de requisições de dados. Em cada estação deve haver uma

cópia dos diretórios do sistema. Quando há uma requisição, este software verifica a localização física do mesmo. Se estiver no próprio nó, executa a operação sem intervenção da rede. Caso contrário, pede acesso ao nó que contém o dado se o mesmo estiver ativo ou rejeita o pedido no caso de nó inativo. Esta organização torna transparente para as aplicações a distribuição dos dados, uniformizando o modo de acesso a periféricos (figura 6.3).

- . Gerenciamento de dados no nó que armazena os dados gerais caso a estrutura de arquivos justifique e/ou exija tal arranjo.

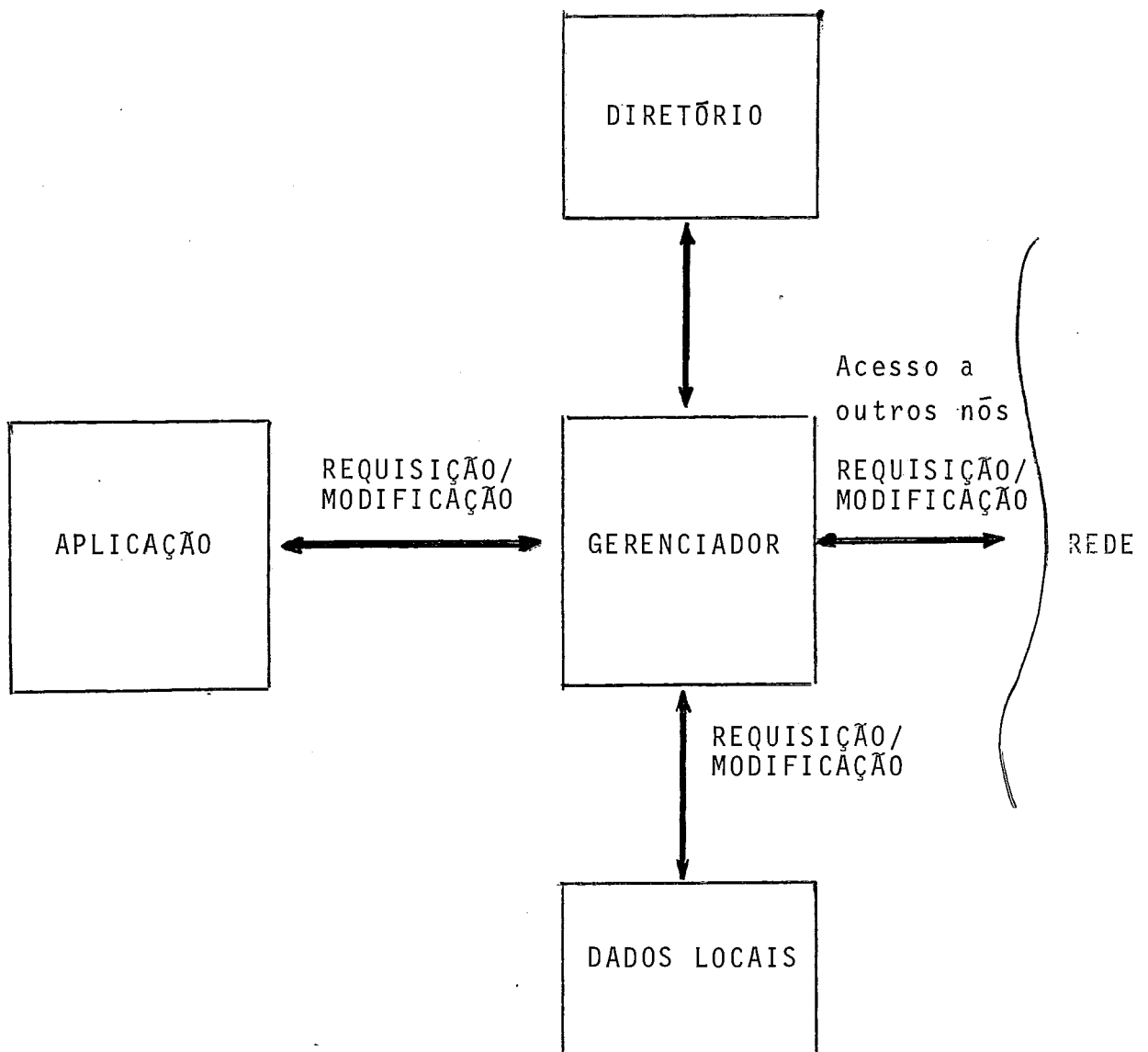


Figura 6.3 - Acesso a dados locais e remotos

CAPÍTULO VII

C O N C L U S Õ E S

O objetivo deste trabalho foi a elaboração de um texto básico em processamento de dados descentralizado, apresentando aspectos de classificação, estágio atual de desenvolvimento e discussão de vantagens e desvantagens em relação ao processamento centralizado. Três conclusões sobressaem ao longo deste trabalho.

Em primeiro lugar, a efetiva constatação de que opções de processamento descentralizado e distribuído têm uma tecnologia consolidada, induzindo a viabilidade das aplicações. A existência de equipamentos adequados e o razoável domínio de técnicas de formação de redes de computadores cooperantes justificam e incentivam investimentos em descentralização.

O segundo ponto é de que opções descentralizadas e distribuídas são uma aplicação de vasto potencial para os equipamentos industrializados em nosso país, uma vez que, não raro, estruturas de distribuição são baseadas em computadores de menor porte e com requisitos de desempenho aceitáveis para os produtos nacionais. O desenvolvimento de condições propícias à distribuição, especialmente, tais como software adequado para sistemas cooperantes e facilidades de tele-comunicações pode tornar comum o uso de minis e micros nacionais em aplicações mais

complexas hoje supridas por equipamentos estrangeiros com os inconvenientes inerentes.

O terceiro aspecto é o da necessidade de pesquisar-se técnicas e metodologias de análise de sistemas aplicáveis à distribuição. Há vários pontos de decisão numa implementação desse tipo, calcando-se as decisões em modelos independentes do contexto geral. Metodologias nesse sentido devem tomar as aplicações como um todo e não como problemas isolados como são abordadas atualmente.

REFERÊNCIAS

1. ARAUJO, J. F. M. & RODRIGUES, G. C. - Desenvolvimento de uma rede local de computadores em anel no campus da UFRJ. Rio de Janeiro, NCE/UFRJ, 1980.
2. BELL, C. G. - Computer Structures: readings and examples. New York, McGraw-Hill, 1971.
3. BOOTH, G. M. - Distributed information systems. In: - National Computer Conference, New York, 1976. Montvale, AFIPS, 1976. p. 789-94.
4. CHAMPINE, G. A. - Six approaches to distributed data bases. Datamation, 23(5): 69-72, May 1977.
5. CHANDY, K. M. & SAVER, C. H. - Approximate methods for analyzing queueing network models of computing systems. Computing Surveys, 10(3): 282-317, 1978.
6. CHU, W. W. - Performance of file directory systems for data bases in star and distributed networks. In: - National Computer Conference, New York, 1976. Montvale, AFIPS PRESS, 1976. p.577-87.
7. COUGIER, J. D. & KNAPP, R. W. - System analysis techniques. New York, John Wiley, 1974.
8. CRESPI, REGHIZZI S.; CORTI, P.; DAPRA, A. - A survey of microprocessor languages. Computer, 13(1): 48-66, 1980.
9. DAVENPORT, R. A. - Design of distributed data base systems. The Computer Journal, 24(1): 31-41, 1981.

10. DAVENPORT, R. A. - Distributed or Centralized data base.
The Computer Journal, 21(1): 7-14, 1977.
11. DAVIS, B. - Data base management systems: user experience in the U.S.A. United Kingdom, NCC, 1975.
12. DAY, J. D. - Resource sharing protocols. Computer, 12(9): 47-56, 1979.
13. DEEN, S. M. - Fundamentals of data base systems. London, Mac Millan, 1977.
14. DENNING, P. J. & BUZEN, J. P. - The operational analysis of queueing network models. Computing Surveys, 10(3): 225-61, 1978.
15. ENSLOW, P. H. - Multiprocessor organization - a survey. Computing Surveys, 9(1): 103-39, 1977.
16. FLECK, GLEN - A computer perspective. Cambridge, Harvard University Press, 1973.
17. FOLTS, H. C. - Status report on new standards for DTE/DCE interface protocols. Computer, 12(9): 12-19, 1979.
18. FRANK, W. L. - The second half of the computer age. Datamation, 22(5): 91-100, May 1976.
19. HAYES, J. - MOS scaling. Computer, 13(1): 8-13, 1980.
20. IN your future: local computer networks. EDP analyzer, 18(6): 1-13, 1980.
21. ISAACSON, P. & JULIUSSEN, E. - Guest editorial: window on the 80's. Computer, 13(1): 4-7, 1980.

22. LEVIN, Dan K. & MORGAN, Howard Lee - Optimizing distributed data bases - a framework for research. In: National Computer Conference, Anaheim, 1975. Montvale, AFIPS, 1975. p.473-8.
23. LIENTZ, B. P. - An introduction to distributed systems. Reading, Addison-Wesley, 1981.
24. LORIN, H. - Distributed processing: an assessment. IBM Systems Journal, 18(4): 582-603, 1979.
25. McQUILLAN, J. M. & CERF, V. G. - Tutorial: a practical view of computer communication protocols. In: IEEE Computer Society, Long Beach, 1978.
26. MUNTZ, R. R. - Queueing networks: a critique of the state of the art and directions for the future. Computing Surveys, 10(3): 253-59, 1978.
27. OGDIN, Carol Anne - Microcomputer management and programming. Englewood cliffs, Prentice-Hall, 1980.
28. ORGANICK, E. I. - Organização de Sistemas de Computação. São Paulo, Pioneira, 1976.
29. PALMER, I. - Data base systems: a practical reference. United Kingdom, CACI, 1975.
30. POUZIN, L. & ZIMMERMANN, H. - A tutorial on protocols. Proceedings of the IEEE, 66(11): 1346-70, 1978.
31. ROSE, C. A. - A measurement procedure for queueing network models of computer systems. Computing Surveys, 10(3): 263-80, 1978.

32. ROSEN, SAUL - Eletronic Computers: a historical survey. Com
puting Surveys, 1(1): 7-36, 1969.
33. _____ - Programming Systems and Languages. New York, Mc
Graw Hill, 1967.
34. ROSIN, ROBERT F. - Supervisory and monitor systems. Compu
ting Surveys, 1(1): 37-54, 1969.
35. SCHERR, A. L. - Distributed data processing. IBM Systems
Journal, 17(4): 324-43, 1978.
36. SCHNEIDER, G. M. - Computer network protocols: a hierarchi-
cal view point. Computer, 12(9): 8-10, 1979.
37. SHEPHERD, JR., M. - Distributed computing power: a key to pro
ductivity. Computer, 10(11): 66-74, 1977.
38. SPROULL, R. F. & COHEN, D. - High level protocols. Procee-
dings of the IEEE, 66(11): 1371-85, 1978.
39. STRACK, JAIR - Uma metodologia para modelagem de sistemas
distribuídos. Tese Mestrado. Porto Alegre, 1980, UFRGS.
40. THIERAUF, R. J. - Distributed processing systems. Englewood
Cliffs, Prentice Hall, 1978.
41. TOOLS for building Distributed Systems. EDP ana-
lyzer, 18(10): 1-13, 1980.
42. WECKER, S. - Computer network architectures. Computer, 12(9):
58-72, 1979.
43. WEITZMAN, CAY - Distributed Micro/Minicomputer Systems. En-
glewood Cliffs, Prentice Hall, 1980.

44. WEITZMAN, CAY - Minicomputer systems. Englewood Cliffs, Prentice-Hall, 1974.
45. WILKES, M. V. - The impact of wide-band local area communication systems on distributed computing. Computer, 13(9): 22-5, 1980.
46. WITHINGTON, F. G. - Five generations of computers. Harvard Business Review: 99-108, July-August 1974.
47. _____ - The use of computers in business organizations. Reading; Addison-Wesley, 1970.
48. WONG, J. W. - Queueing network modeling of computer communication networks. Computing Surveys, 10(3): 343-351, 1978.
49. YASAKI, E. K. - Fragments of computer history. Datamation, 22(9): 131-5, September 1976.
50. ZIEGLER, K. - A distributed information system study. IBM Systems Journal, 18(3): 374-401, 1979.
51. LEVENTHAL, L. A. - Introduction to microprocessors: software, hardware, programming. Englewood Cliffs, Prentice-Hall, 1978.