

TESE

180



01 DEZ 1979

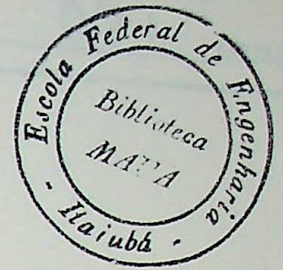


O COMPUTADOR ELETRÔNICO E A AUTO-
MATIZAÇÃO DOS BANCOS DE ENSAIOS

DOAÇÃO

07 DEZ 1978

ESCOLA FEDERAL DE ENGENHARIA DE ITAJUBÁ



O COMPUTADOR ELETRÔNICO E A AUTO
MATIZAÇÃO DOS BANCOS DE ENSAIOS

Por Orlando Ferreira de Castro
Engenheiro Civil

O objetivo do presente trabalho é ser apresentado como Tese, requisito parcial, para a obtenção do título de Mestre em Ciências, à Escola Federal de Engenharia de Itajubá.

Goiânia, outubro de 1.975

Orlando Ferreira de Castro

CLASS. 681.31:681.5:620.1.05(043.2)
CUTT. C 355e
TOMBO 180

PARECER DA BANCA ESPECIAL DE EXAME

A este ponto Eduardo Parreira de Aguiar
e Almeida da Castro foram a seguir ad-
mitidos para o curso de Engenharia.

A este ponto Ivo de Almeida Cavalcante
da Costa, pelo seu desempenho e dedicação de
estudo, foi também admitido.

A meus pais Eduardo Ferreira França e Oronívia de Castro França a cujos sacrifícios devo minha formação.

A minha esposa Ivanilde Cavalcante de Castro, pelo incentivo e dedicação demonstrados por tão longo tempo.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Zulcy de Souza, Orientador e atual Diretor da Escola Federal de Engenharia de Itajubá, pela orientação recebida.

Ao Professor Nestor Guimarães de Souza, colaborador da programação.

Ao Acadêmico Adelson José Valente pelo eficiente trabalho de datilografia.

A Acadêmica Maria Alves Figueira pela qualidade dos desenhos.

INTRODUÇÃO

O computador está sendo introduzido cada vez mais profundamente em todos os setores da vida moderna, credenciado como está, nos sucessos de seu desempenho e na eficiência de seus trabalhos. Já influi nas decisões e no comportamento de cada indivíduo, já influi nos rumos da marcha da sociedade.

Um dos objetivos da universidade é preparar o indivíduo para sua integração harmônica no contexto social onde viverá. E para cumprí-lo ela deve voltar maior parcela de seus esforços para a tecnologia moderna, a cada dia atualizando seus equipamentos, e assim poder oferecer um melhor preparo técnico aos elementos que plasma para impulsionar o desenvolvimento.

Tendo em vista o estágio inicial em que se encontra a universidade brasileira, é um desejo geral o fornecimento de contribuições a estes esforços.

Os ensaios das máquinas de fluxo ainda são realizados pelos métodos tradicionais. A caminhada de sua substituição por ensaios automáticos realizados por meio de computador apenas está iniciada e necessita impulsos que a acelerem. Quando atingir sua plenitude, representará preciosa parcela na marcha do desenvolvimento.

A grande velocidade do computador em todas as suas atividades permitirá a realização dos ensaios estáticos e dinâmicos com precisão difícil de ser alcançada por outros métodos.

O controle do banco é também mais rápido pois estará liberto de lentos reflexos humanos.

Procurou-se configurar um sistema automatizador dos ensaios das máquinas de fluxo em geral, capaz de realizar " ao mesmo tempo " a aquisição de dados, os cálculos matemáticos, a emissão dos resultados sob as formas de tabelas

e de gráficos e comandar o banco.

Tendo em vista um tratamento mais objetivo e mais compacto do tema, a apresentação foi particularizada para o caso de uma bomba. Os dados de um ensaio real da bomba de alta pressão do Centro de Mecânica da Escola Federal de Engenharia de Itajubá, são aproveitados a título de uma exemplificação objetiva e testes dos programas.

Entretanto o sistema configurado é capaz de realizar com eficiência os ensaios de toda e qualquer máquina de fluxo, bem como comandar processos industriais.

Uma disposição das condições normais de realização de trabalhos assim, é a não disponibilidade do equipamento em pauta necessário às verificações reais das soluções propostas. O tempo concedido para sua conclusão é insuficiente para o cumprimento do processo de aquisição.

Apesar disso sua confiabilidade está alicerçada nas credenciais apresentadas em numerosos casos reais bem sucedidos, presenciados, ou documentados por ampla bibliografia.

O tema é muito amplo e envolve diversos setores do conhecimento tecnológico, o que justifica o tratamento horizontal que lhe é dispensado em prejuízo de um tratamento vertical e profundo que diversos itens comportariam e como é praxe em condições semelhantes. Sugestões neste sentido são apontadas aos estudiosos.

As dificuldades enfrentadas estão consubstanciadas nos poucos recursos disponíveis. Qualquer necessidade lateral ao roteiro normal só era atendida com viagens longas e cumpridas em tempo restrito.

O trabalho pode ser compreendido em três partes distintas. Inicialmente se procurou mostrar as necessidades dos ensaios justificando os esforços e os sacrifícios empenhados em suas realizações. Em seguida chegou-se a uma configuração capaz de cumprir os objetivos almejados. Finalmente são apresentados alguns programas objetivos, capazes de cobrirem uma faixa das possibilidades do sistema. Apesar de restritos, são suficientes para oferecerem uma idéia do objetivo central.

A linguagem utilizada foi o FORTRAN, porque se trata de uma codificação mais difundida e mais familiar, apesar de representar o ASSEMBLER considerável economia de memória.

As referências aos equipamentos e aos programas operacionais são suficientes apenas a uma compreensão das técnicas seguidas.

A bibliografia completará as informações complementares por acaso necessárias.

Í N D I C E

- - - - -

1.0 - O ENSAIO

1.1 - Conceituação introdutória

1.2 - As manifestações iniciais

1.3 - Da especulação ao ensaio

1.4 - Das máquinas hidráulicas

1.5 - Os tipos de ensaios

1.5.1 - Os ensaios didáticos

1.5.2 - Os ensaios científicos

1.5.3 - Os ensaios de recepção

1.6 - Classes de ensaios

1.6.1 - Ensaio em estado de equilíbrio

1.6.2 - Ensaio em estado transitório

2.0 - O BANCO DE ENSAIOS

2.1 - Das necessidades do banco de ensaios

2.2 - O banco de ensaios

2.3 - Banco convencional

2.3.1 - O conversor

2.3.2 - A máquina

2.3.3 - Instrumentação de medida

2.3.4 - A base

2.4 - O banco automatizado

3.0 - OS OBJETIVOS DOS ENSAIOS

3.1 - A pesquisa e o ensaio

3.2 - O diagrama topográfico

- 3.2.1 - Característica do rotor
- 3.2.2 - Característica de cano
- 3.2.3 - Ponto de trabalho
- 3.2.4 - Campo de funcionamento
- 3.3 - Utilização do campo de funcionamento
 - 3.3.1 - Ponto de máximo rendimento
 - 3.3.2 - Ponto de máxima potência hidráulica
 - 3.3.3 - Curvas de potência hidráulica
 - 3.3.4 - Ponto de funcionamento
 - 3.3.5 - Curva do momento no eixo
 - 3.3.6 - Curva de acoplamento
- 3.4 - Campo relativo e adimensional
- 3.5 - Associações de bombas
- 3.6 - Considerações finais

4.0 - MEDIÇÕES

- 4.1 - Medir bem para controlar bem
- 4.2 - Altura de elevação.
 - 4.2.1 - As técnicas usuais
 - 4.2.2 - Os transdutores piezoelétricos
- 4.3 - Velocidade de rotação
 - 4.3.1 - O tacômetro eletromagnético
- 4.4 - A vazão
 - 4.4.1 - Processo volumétrico
 - 4.4.2 - O molinete
 - 4.4.3 - O método da placa móvel
 - 4.4.4 - Os vertedores
 - 4.4.5 - O venturímetro
 - 4.4.6 - O rotâmetro
 - 4.4.7 - O método de Barbagelata
 - 4.4.8 - O medidor eletromagnético
- 4.5 - A potência elétrica
 - 4.5.1 - Dispositivos de medições
- 4.6 - Outras grandezas

5.0 - A INTEGRAÇÃO BANCO - COMPUTADOR

- 5.1 - Do ensaio tradicional ao ensaio controlado
- 5.2 - Desenvolve-se o computador
- 5.3 - O computador e o ensaio
- 5.4 - A integração banco - computador
 - 5.4.1 - Configuração 1
 - 5.4.2 - Configuração 2
 - 5.4.3 - Configuração 3
- 5.5 - Escolha do sistema
 - 5.5.1 - IBM - sistema/7
 - 5.5.2 - Digital equipment corporation
 - 5.5.3 - Varian data machines
 - 5.5.4 - Hewlett - packard

6.0 - SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE DADOS E CONTROLE

- 6.1 - O que é e o que faz um sistema
- 6.2 - Escalas de prioridades
- 6.3 - Integração sistema/processo
 - 6.3.1 - Integração aberta
 - 6.3.2 - Integração fechada
 - 6.3.2.1 - Controle sem retroação
 - 6.3.2.2 - Controle com retroação
- 6.4 - Sistemas disponíveis
- 6.5 - Aplicações atuais
 - 6.5.1 - Pesquisas oceanográficas
 - 6.5.2 - Indústria açucareira
 - 6.5.3 - Controle de equipamentos
 - 6.5.4 - Pesquisas aeronáuticas
 - 6.5.5 - Testes de veículos militares
 - 6.5.6 - Pesquisas no Brasil

7.0 - SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE DADOS E CONTROLE HP 9.600

- 7.1 - Escolha do sistema
- 7.2 - O sistema HP 9.600 G

- 7.3 - Configuração do sistema HP 9.600 G
 - 7.3.1 - Subsistema de aquisição de dados
 - 7.3.2 - Subsistema de processamento
 - 7.3.3 - Subsistema de entrada e saída
 - 7.3.3.1 - Teleimpressora
 - 7.3.3.2 - Leitora de fita perfuradora de papel
 - 7.3.3.3.- Traçador de gráficos
 - 7.3.3.4 - Impressoras
 - 7.3.3.5 - Perfuradora de fita de papel
 - 7.3.3.6 - Unidade de fita magnética
 - 7.3.3.7 - Leitora de cartões
 - 7.3.4 - Subsistema de controle
- 7.4 - Unificação do sistema
- 7.5 - Expansibilidade
- 7.6 - Sistemas de apoio operacional

- 8.0 - O MINICOMPUTADOR HP 2.100 S
 - 8.1 - Atribuições do computador
 - 8.2 - Memória
 - 8.2.1 - Palavras
 - 8.3 - Instruções
 - 8.4 - Sistemas de registros
 - 8.4.1 - Registros acumuladores
 - 8.4.2 - Registros de controle de memória
 - 8.4.3 - Registros suplementares
 - 8.5 - Sistema de entrada e saída
 - 8.5.1 - Operação DMA
 - 8.5.2 - Endereçamento das entradas e saídas
 - 8.5.3 - Cartões interface
 - 8.5.3.1 - Control BIT
 - 8.5.3.2 - Flag BIT
 - 8.5.3.3 - Buffer
 - 8.5.4 - Transferência de dados

- 8.5.4.1 - Transferências de entradas
 - 8.5.4.2 - Transferências de saídas
 - 8.5.4.3 - Transferências sem interrupções
- 8.6 - Painel de controle
- 8.6.1 - Operating controls
 - 8.6.1.1 - Chave
 - 8.6.1.2 - Interrupt system
 - 8.6.1.3 - Instr step
 - 8.6.1.4 - External preset
 - 8.6.1.5 - Internal preset
 - 8.6.1.6 - Halt cycle
 - 8.6.1.7 - Loader enable
 - 8.6.1.8 - Run
 - 8.6.2 - 16 - bit registers
 - 8.6.3 - Display
 - 8.6.4 - Phase status indicadores
 - 8.6.5 - Fault indicators
 - 8.6.6 - 1 - bit register
- 8.7 - Interruptores internos
- 8.8 - Sistema de interrupt
- 8.8.1 - Variação de tensão (Power fail interrupt)
 - 8.8.2 - Erro de paridade (Parity error interrupt)
 - 8.8.3 - Proteção da memória (Memory protect interrupt)
 - 8.8.4 - Acesso direto a memória (DMA interrupt)
 - 8.8.5 - Entrada e saída (I/O interrupt)
 - 8.8.6 - Registros (Interrupt register)
 - 8.8.7 - Sistema de controle (Interrupt system control)
- 8.9 - Carregamento de operação do computador
- 8.9.1 - Carregamento via leitora de fita
 - 8.9.2 - Carregamento manual
 - 8.9.3 - Corrida dos programas

9.0 - ENSAIOS E PROGRAMAS

9.1 - Etapas do ensaio

9.2 - Planejar um roteiro

9.2.1 - Ativação do sistema

9.2.2 - Leitura dos canais

9.2.3 - Relógio interno

9.2.4 - Realização de medidas

9.2.5 - Simulação de leituras

9.2.6 - Testes

9.3 - Estabelecimento de parâmetros

9.4 - Codificação dos programas

9.5 - Programa principal

9.5.1 - Atividades do programa principal

9.5.1.1 - Definição de grandezas e parâmetros

9.5.1.2 - Processamento dos dados

9.5.1.3 - Registro de valores

9.5.1.4 - Uso das rotinas

9.5.2 - Funções do DACE

9.6 - Aquisição dos dados

9.6.1 - Leitura da altura

9.6.2 - Leitura da rotação do eixo

9.6.3 - Leitura da vazão

9.6.4 - Leitura da potência elétrica

9.7 - Programas do ensaio

9.8 - Programas dos gráficos

9.8.1 - Programa IBM 1130

9.8.1.1 - Traçagem dos eixos

9.8.1.2 - Traçagem das legendas

9.8.1.3 - Traçagem das curvas

9.8.2 - Tabela

9.9 - Listagem dos programas

9.9.1 - Folha de dados

9.10 - Gráficos

9.11 - Conclusões iniciais

9.12 - Pranchas

10.0 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

10.1 - Recomendações

10.2 - Conclusões

A.0 - APÊNDICE - OS TRANSDUTORES

A.1 - Transdutor piezoelétrico

A.1.1 - O transdutor

A.1.2 - O amplificador

A.1.3 - Periféricos eletrônicos

A.2 - Tacômetro magnético

A.2.1 - Projeto da roda dentada

A.2.2 - Algumas características do sinal

A.2.3 - Sensor magnético digital

A.3 - Medidor eletromagnético de vazão

B.0 - APÊNDICE - EQUIPAMENTO HEWLETT PACKARD

B.1 - Multiplexador

B.2 - O minicomputador 2.100 S

B.2.1 - Instruções

B.2.1.1 - Instruções referentes a memó
ria

B.2.2 - Instruções referentes aos registros

B.2.3 - Instruções de entrada e saída

B.2.4 - Instruções de unidade de aritmética ex
tendida

B.2.5 - Pseudo - instruções

B.2.5.1 - Assembler Control (Controle
do ASSEMBLER

B.2.5.2 - Object Program linkage

B.2.5.3 - Address and symbol definiti-
on

B.2.5.4 - Constant definition

B.2.5.5 - Storage allocation

B.2.5.6 - Assembly listing control

B.2.5.7 - Arithmetic sub-routine calls

B.3 - Multiprogramador HP 6.940 A

B.4 - Equipamento de entrada e saída

B.4.1 - Perfuradora de fita de papel

B.4.2 - Teleimpressora

- B.4.3 - Leitora de fita de papel
- B.4.4 - Traçador de gráficos
 - B.4.4.1 - Dimensões
 - B.4.4.2 - Sistemas de coordenadas

C.0 - APÊNDICE - SOFTWARE DO SISTEMA

C.1 - Funções do software

- C.1.1 - Software input/output - SIO
 - C.1.2 - Program processing software
 - C.1.3 - Configuration and operational software
 - C.1.3.1 - Configured basic control system
 - C.1.3.2 - Prepare control system
 - C.1.3.3 - Relocating loader
 - C.1.3.4 - BCS teleprinter driver program D.00
 - C.1.3.5 - BCS tape reader program D.01
 - C.1.3.6 - Additional BCS drivers
 - C.1.3.7 - Buffered input/output control system
 - C.1.3.8 - Relocatable program library
 - C.1.3.9 - Debugging routine
 - C.1.3.10 - BCS time base generator driver
 - C.1.3.11 - Data acquisition and control executive (DACE) library
 - C.1.4 - Basic language software
 - C.1.4.1 - Basic
 - C.1.4.2 - Prepare basic system
 - C.1.5 - Hardware checkout and diagnosis
 - C.1.6 - Biblioteca de subrotinas
- ### C.2 - Basic control system - BCS
- C.2.1 - Prepare control system - PCS
 - C.2.2 - Debugging system
 - C.2.3 - Constituição do BCS

C.2.3.1 - Sub-rotinas de entrada e saída

C.2.3.2 - Relocating loader

C.3 - Data acquisition and control executive - DACE

C.3.1 - Configuração mínima

C.3.2 - Operação do DACE

C.3.2.1 - Inicialização

C.3.2.2 - Modo manual

C.3.2.3 - Modo automático

C.4 - Real time executive - RTE

C.5 - Disc operation system - DOS

C.6 - Magnetic tape system - MTS

C.7 - Rotinas de controle

T E S E

A ESCOLA DE ENGENHARIA DEVE EMPREGAR O
COMPUTADOR ELETRÔNICO DE CONTROLE NO ENSINO
DAS MÁQUINAS DE FLUXO E DAS DEMAIS DISCI-
PLINAS QUE O COMPORTAM .

1.1 - CONCEITUAÇÃO INTRODUTÓRIA

O ENSAIO é a arte e a técnica de investigar as qualidades e o comportamento das máquinas.

A vivência e a prática demonstram que o ensaio é necessário aos mais amplos e diversificados setores da engenharia, apontando falhas que devem ser sanadas, estabelecendo condições de fiabilidade e de segurança, ou apresentando soluções para os problemas presentes e sugestões para projetos futuros. Sua presença se manifesta desde o controle de qualidade de uma peça simples nas provas a que se submetem as máquinas, até as verificações de desempenho realizadas com os complexos industriais, tecnológicos ou científicos. Hodiernamente o valor e a importância dos ensaios são reconhecidos e considerados. Recursos e esforços são encaminhados para seu aprimoramento.

1.2 - AS MANIFESTAÇÕES INICIAIS

Presume-se que o primeiro homem, ao se valer de um objeto qualquer, um osso, uma pedra ou um pedaço de pau, para aumentar a eficiência de seus braços, ou armar-se para enfrentar as asperezas da vida primitiva, sentiu a necessidade de verificar o valor de sua arma, de exercitar-se em seu manejo, ao almejar um resultado melhor na hora da ação, na hora da luta.

É a fase pré-histórica que assiste portanto às manifestações iniciais desta prática salutar. É a ferramenta de boa qualidade, é a arma eficiente que servirão ao homem no labor, na luta do dia a dia, para a busca da sobrevivência, do conforto e da felicidade, condições basilares da perpetuação da espécie. É nesta fase que surge o ENSAIO. Acompanhando o homem, transpõe períodos obscuros ou épocas de apogeu, e nos dias atuais ocupa posição de destaque no

desenvolvimento da técnica e da ciência. Seu futuro se antevê promissor.

1.3 - DA ESPECULAÇÃO AO ENSAIO

A civilização greco-romana, ao alcançar elevado desenvolvimento intelectual, conduziu o homem a uma valorização efetiva das atividades idealistas, em detrimento do trabalho físico.

Ao filósofo, ao nobre, ao cidadão, competia o trabalho intelectual. Ao plebeu, ao servo, ao escravo, estava reservado o trabalho braçal.

Um tal comportamento, condiciona o desenvolvimento do saber humano aos processos especulativos. Desenvolve-se a filosofia, projetando suas luzes sobre os povos, e guiando as gerações. Trabalho notável de uma plêiade de filósofos. A geometria atinge seu apogeu e chega aos nossos dias com todo vigor. Trabalho notável do gênio que foi Euclides. As exceções naturais são ressaltadas com Aristóteles, grande especulador e experimentador.

E a física? Desenvolveu-se pouco, apesar de um Arquimedes. Estancou-se.

O advento, e posterior florescimento do cristianismo, vitaliza a teologia cristã que faz da ciência um apêndice. A partir daí, seu estudo se faz segundo as normas e regras orientadoras do novo ramo da cultura humana.

O resultado, simples e claro desta dependência é o período inativo, obscuro e duradouro, historicamente vivido na Idade Média. A ciência estanca. Paraliza sua marcha rumo ao desenvolvimento.

As primeiras e frágeis luzes que flamejam, são os brados de uns poucos filósofos apregoando a experimentação como um método mais eficiente para a adição de novas parcelas ao conhecimento humano.

Os ingleses Roger Bacon (1.214 - 1.294) e seu homônimo Francis Bacon (1.561 - 1.626), são as mais altas vozes que clamam pela experimentação.

Nicolau Copérnico (1.473 - 1.543) com sua obra, DE

REVOLUCIONIBUS ORBIUM COELESTIUM, que publica no fim de sua vida, declara a autonomia da ciência, que Leonardo D'Avinci (1.452 - 1.519), e Galileu Galilei (1.564-1.642), consolidam.

O surto de progresso que a nova ciência provoca é notável. Em poucos séculos ela dá ao homem o computador eletrônico e a astronáutica.

1.4 - DAS MÁQUINAS HIDRÁULICAS

A máquina hidráulica aparece na história da tecnologia em decorrência natural das necessidades da amenização do trabalho braçal empregado no abastecimento de água em vilas e cidades, corroborada com as recreações especulativas dos primeiros sábios. Rudimentarismo e baixo rendimento são suas características naturais. Vão do Chaduf egípcio ao motor reativo de Heron.

Pouco conhecimento científico, tecnologia incipiente e trabalho escravo disponível, são fatores que levaram o homem ao desprezo do progresso das máquinas hidráulicas.

O ensaio, impulsionador do desenvolvimento, não era, então, realizado, embora cada máquina tivesse testado seu desempenho.

D'Avinci, o gênio florentino, aponta o caminho para as experimentações hidráulicas. São os reflexos das exortações de Bacon.

As ciências hidráulicas despontam-se e recebem um notável impulso durante os séculos XVII e XVIII, fruto das inteligências privilegiadas de Pascal, de Newton, de Bernoulli, de Euler, e de outros componentes de tão brilhante plêiade.

A tecnologia é uma decorrência natural das exigências sociais, apoiada nos fundamentos teóricos então desenvolvidos. Grandes obras são projetadas e construídas. Uma sistematização dos processos experimentais se faz cada vez mais necessária ao desenvolvimento dos equipamentos e das obras.

E é no ambiente propício desta época que vive John

Smeaton, (1.724 - 1.792) que tem a primazia de construir e operar o primeiro banco de ensaios de uma máquina hidráulica.

Construiu um banco em circuito fechado para o ensaio de uma roda de baixo. Este primeiro banco já contava com os requisitos básicos indispensáveis ao seu normal funcionamento. A aparelhagem para as medições das grandes físicas envolvidas no processo era completa, dentro dos padrões da época.

Os relatórios das pesquisas que realizou tornaram-se padrões para trabalhos posteriores. E com mérito e justiça, valeram-lhe a medalha de ouro da Royal Society. " An experimental inquiry concerning the natural powers of water and wind to turn mills, and other machines, depending on circular motion ", é o título de seu trabalho.

A figura 1.1 esquematiza este banco pioneiro.

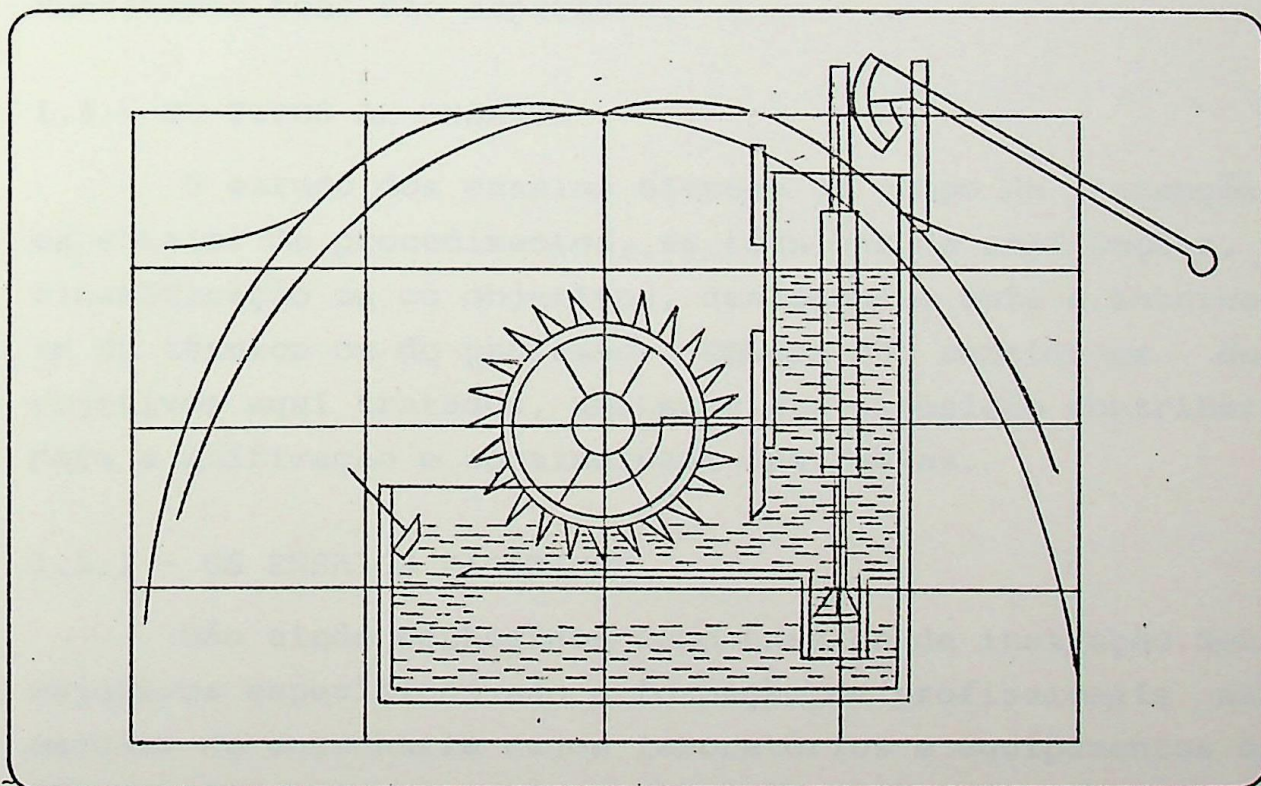


Figura 1.1 - Banco John Smeaton

Este evento marcou o ponto de partida de um desenvolvimento das técnicas do ensaio. Seus benefícios não se fizeram demorar, e a melhoria das máquinas de fluxo em geral e das máquinas hidráulicas em particular foi patente.

Atualmente se presencia a automatização dos ensaios. Ao computador eletrônico está reservada missão de real interesse, num evento considerado como o mais importante já ocorrido com os ensaios das máquinas, com a excessão do próprio ensaio.

O técnico sente-se hoje mais realizado por assistir tão auspiciosa etapa de desenvolvimento, dela participar e contribuir para o bem das gerações futuras.

A primazia da instalação dos primeiros laboratórios de ensaios das máquinas hidráulicas, cabe no Brasil, às escolas de engenharia. Aqui os laboratórios industriais não tiveram e ainda não têm o renome que deles se deve esperar. Restritos aos objetivos das empresas que os mantêm, poucos serviços prestam a terceiros.

As escolas mostram seu pioneirismo quando procuram hoje automatizar seus laboratórios didáticos. Deles muitos resultados bons são esperados.

1.5 - OS TIPOS DE ENSAIOS

O estudo dos ensaios oferece um campo de atenções especiais. Os procedimentos, as técnicas de realizações, a classificação ou os objetivos, destacam-se ante o interesse do técnico ou do professor. Embora não constantes dos objetivos aqui tratados, uma suscinta exposição contribui para a unificação e continuidade das idéias.

1.5.1 - OS ENSAIOS DIDÁTICOS

São ainda conhecidos como ensaios de instrução. Seus objetivos específicos são a formação de profissionais nas escolas de engenharia cujos laboratórios e equipamentos didáticos devem apresentar as condições necessárias à boa formação dos técnicos.

A pedagogia aconselha o treinamento individual em larga faixa de situações, das mais simples, às mais complexas. Os alunos adquirirão a prática e a habilidade para o manuseio dos mais variados equipamentos, com os quais se defrontarão mais tarde em suas atividades profissionais.

Esta assertiva justifica a presença do banco convencional, operável manualmente. Equipado com instrumentos mais simples, enseja o acompanhamento do desempenho dos princípios teóricos que governam o comportamento das grandezas envolvidas no processo em estudo. Tais instrumentos podem estar caracterizados por um canal ou vertedor, para a vazão, uma coluna líquida ou manômetro para a altura.

Os bancos mais sofisticados preparam o técnico para enfrentar a cavaleiro, as solicitações que farão em futuro próximo.

O emprego do computador no comando dos bancos de ensaios e dos processos industriais já é uma realidade nos dias atuais. Simples premissa das afirmações anteriores.

1.5.2 - OS ENSAIOS CIENTÍFICOS

Os ensaios científicos visam objetivos distintos dos demais. Seus objetivos principais são :

- a - atendimento das posições especulativas em torno de hipóteses buscando sua afirmação;
- b - condução às descobertas de novos comportamentos das máquinas existentes e ao seu melhor aproveitamento;
- c - obtenção de dados para as pesquisas de novos coeficientes e parâmetros necessários ao pré-dimensionamento de novas máquinas.

Os resultados dos ensaios são organizados em tabelas ou em gráficos, cujos valores e formas podem ser bastante diversificados. Quando transcritos em livros ou manuais, constituem fontes de consultas aos técnicos ou aos projetistas que deles frequentemente lançam mãos.

Enquanto que os demais ensaios cobrem uma faixa mais larga das investigações em prejuízo da profundidade, alcançando maior penetração quanto aos seus resultados, o ensaio científico é restrito quanto aos seus objetivos.

1.5.3 - OS ENSAIOS DE RECEPÇÃO

São assim chamados aqueles que têm como finalidades

verificar o cumprimento de condições estabelecidas nos contratos de fornecimento e recepção de máquinas ou equipamentos, firmados entre instituições distintas.

Máquinas ou equipamentos devem desempenhar seus trabalhos dentro de certos limites que marcam algumas características básicas, tais como o rendimento, a fiabilidade, a versatilidade, etc.

Quando firmam um contrato de fornecimento e de aquisição de equipamentos, as partes interessadas incluem as cláusulas que especificam estas características e estabelecem aqueles limites.

O equipamento pronto é submetido às provas necessárias para a verificação das condições previstas. Estas provas constituem o ENSAIO DE RECEPÇÃO.

As fábricas que dispõem de instalações ou de laboratórios adequados procedem os ensaios de seus produtos e fornecem os dados a seus clientes. São os ensaios técnicos.

Conforme sua natureza, os equipamentos são ensaiados em suas instalações definitivas. São os ensaios específicos, com características bem distintas das características dos ensaios didáticos. Com uma duração mais prolongada tais ensaios verificam, além das condições de projetos, condições particulares, como vibrações, vazamentos ou aquecimentos de mancais, desnecessárias nos ensaios didáticos e científicos.

1.6 - CLASSES DE ENSAIOS

Quanto ao estado de equilíbrio hidráulico, os ensaios se subdividem em duas grandes classes, o ensaio estacionário, ou estado de equilíbrio e o ensaio em estado dinâmico, ou estado transitório.

1.6.1 - ENSAIOS EM ESTADO DE EQUILÍBRIO

Há uma condição básica necessária para que um ensaio seja considerado como em estado de equilíbrio. Durante o intervalo de medição dos valores de uma grandeza envol-

vida no processo, ela não pode sofrer variações. Esta posição é conseguida por uma espera durante um intervalo de tempo antes da leitura, suficiente para o estabelecimento do equilíbrio.

Do ponto de vista teórico, a duração deste intervalo de tempo, é infinita. Entretanto estas condições são tecnicamente satisfatórias quando os desvios da grandeza em medição forem menores que o grau de precisão do aparelho de medida que está sendo empregado.

O equilíbrio teórico elimina muitas influências secundárias. Entretanto, quando consideradas em conjunto, podem deturpar os resultados de um ensaio.

Há diversas classes de máquinas que normalmente trabalham no estado de equilíbrio estacionária, como os motores estacionários, as turbinas hidráulicas, as bombas.

Os ensaios em estado estacionário destas máquinas, são perfeitamente satisfatórios quanto aos interesses da técnica. Tais ensaios são relativamente mais fáceis de serem realizados. O tempo de espera para se atingir um satisfatório estado de equilíbrio, não é grande. Os aparelhos de medida podem ser simples, porque as análises dos resultados, bem como os registros, são realizados por um técnico.

São estes os ensaios normalmente realizados nos laboratórios industriais ou didáticos pelos métodos tradicionais.

Quando porém o ensaio se realiza com o emprego do computador, outras condições podem ser consideradas, principalmente quanto ao relacionamento e a integração do computador ao banco. A seção 5.4 descreve sucintamente em sub-seções, três configurações mais usuais para a integração de um computador a um banco de ensaios.

1.6.2 - ENSAIOS EM ESTADO TRANSITÓRIO

São ainda conhecidos como ensaios dinâmicos.

Há máquinas em que algumas, ou todas grandezas envolvidas em seu funcionamento, sofrem variações que duram quase todo, ou todo, o tempo de funcionamento. É o que a-

contece com os motores dos automóveis, com os moinhos de vento, com algumas modalidades de bombas.

As transições de um para outro estado de funcionamento, deram origem a denominação ESTADO TRANSITÓRIO.

As causas das transições podem ser ativas ou passivas.

As causas ativas são originárias de variações relativas ao fornecimento de energia atuante, para a máquina. As causas passivas se devem às variações do trabalho executado pela máquina. Estas variações podem ocorrer na parcela útil ou na resistiva do trabalho referido.

A natureza das variações podem ser físicas ou específicas, como o apresentam os casos seguintes :

- A - cinemática : variação da velocidade linear ou da velocidade angular;
- B - dinâmica : variação de forças ou de momento;
- C - quantitativas : variações das quantidades de energia, de massa, etc;
- D - qualitativas : variações de posições, de aspecto, etc.

Os ensaios clássicos em estado transitório são mais complexos, e conseqüentemente, mais difíceis de serem realizados. As variáveis envolvidas nos processos têm graus de prioridades iguais e são várias. Num intervalo de tempo relativamente curto, todas as variáveis devem ser medidas. Aparelhos especiais, registradores ou analisadores, são necessários.

Quando porém, o computador é solicitado a participar dos trabalhos, não faz sentido as dificuldades apresentadas pelos ensaios em estado transitório. Sua capacidade de tomar várias medidas por segundo, até milhares, conforme a programação, realizar o processamento e simultaneamente comandar o processo, o torna um elemento ideal para o desempenho destas atividades.

O principal objetivo deste trabalho, é configurar a integração banco de ensaio - computador. O termo integração tem aqui o sentido de interligação física dos ele-

mentos respectivos, com compatibilidade de informações tanto num, como no outro sentido.

As modificações e adaptações por que um e outro devem passar, programas para realizações de alguns ensaios, bem como para traçar alguns gráficos, quer num estado, quer no outro, são também apresentados.

2.1 - DAS NECESSIDADES DO BANCO DE ENSAIOS

O homem não age diretamente sobre a natureza. Fragilidade e sensibilidade do seu corpo, ausência quase total de elementos naturais que o protejam, a exemplo de outros animais que dispõem de pelos contra o frio ou de garras como armas, são tributos que o forçam a agir indiretamente sobre as coisas. Daí a sua inteligência, a mais poderosa das armas naturais, ter se desenvolvido a ponto tal que lhe permite criar artifícios com os quais atua decisiva e poderosamente no processo de extração e transformação dos produutos necessários à sua sobrevivência e ao seu desenvolvi-mento. Desenvolvimento que o distingue substancialmente de todos os outros animais.

A pequena capacidade de seus sentidos nem sempre lhe permite estabelecer imediatamente um juízo sobre os objetos que o cercam. É natural que necessite de instrumen-tos para proceder a avaliação de uma grandeza como a temperatura ambiente, com razoável precisão. Portanto, entre o homem e o conhecimento há uma contingente ocorrência da interferência de instrumentos, uma ferramenta, um indicador, ou até mesmo equipamentos complexos e sofisticados.

Ora, a vivência nos mostra que não é possível a realização de um ato ou o conhecimento de uma realidade sem a disponibilidade de determinada aparelhagem. Tal conhecimento já importa, em si, na posse de princípios e leis de que procedem os acontecimentos e fenômenos, habilidades e des-trezas indispensáveis ao manejo dos equipamentos.

Cada acontecimento, cada fenômeno ocorre, consoante característica específica que desperta no homem a curiosi-dade que o leva à reflexão e à posse do conhecimento. Pro-cesso que, por vezes, somente lhe é possível executar usando de artifícios que criou com tal fim.

Esta premissa justifica o trivial comportamento para com as máquinas hidráulicas cujo estudo se realiza com equipamentos específicos, o banco de ensaios.

2.2 - O BANCO DE ENSAIOS

Por BANCO DE ENSAIOS entende-se as instalações imprescindíveis ao estudo do comportamento das máquinas quando em atividades.

Ora, durante a realização destes estudos estabelece-se uma permanente comunicação entre o homem e a máquina.

Homem e máquina comportam-se, ora ativa, ora passivamente, um em relação ao outro. A máquina comporta-se passivamente perante operações de partida, de comando e de parada. Seu comportamento ativo fica definido nas variações que causa aos valores de algumas grandezas envolvidas como a altura de elevação ou a descarga, no caso particular das bombas. É após esta fase de variações, estado de equilíbrio, que as medidas devem ser tomadas. O ensaio consiste pois, nas comunicações homem/máquina, na realização de medidas, de cálculos, de tabelas e gráficos e de análise interpretativa final. É esta análise que conclui sobre a qualificação da máquina.

Enquanto a atuação do operador é um estímulo, o comportamento do banco é uma resposta. Estímulos e respostas são fenômenos manifestos nas variações das grandezas envolvidas, variações que traduzem o comportamento da máquina. As variáveis independentes estão afetas aos dispositivos de atuação do operador, enquanto que as variáveis dependentes estão afetas aos meios de manifestações da máquina.

Os valores das grandezas e suas variações necessitam portanto ser conhecidos, e de fato o são por meio das medidas. Comandos e medições são atividades que demandam equipamentos especiais. Suas funções realizam-se harmoniosamente, exigindo uma interconexão física concretizada numa montagem.

Instalações e equipamentos são reunidos em grupos a fins, que em síntese podem ser representados nas seguintes

categorias fundamentais :

- A - conversor de energia;
- B - máquina a se ensaiar;
- C - instrumentação de medidas;
- D - base;
- E - elemento ativo.

O elemento ativo refere-se ao homem e / ou ao computador e é portanto um elemento que classifica o banco em convencional ou automatizado. Cada modalidade emprega e usa complexa aparelhagem no desempenho de suas atividades.

2.3 - BANCO CONVENCIONAL

É aquele que tem no homem o elemento que desempenha as funções de controle. É aquele que desde as manifestações iniciais até os dias de hoje, serve às realizações das provas e dos ensaios das máquinas. Seu uso é amplo e é largo nas escolas de engenharia e nas indústrias que fabricam máquinas hidráulicas. Sua versatilidade permite a tomada de medidas de todas as grandezas envolvidas no funcionamento das máquinas tais como altura de elevação, potência, vazão, etc.

Qualquer modalidade de máquinas de fluxo, ventilador, motor, compressor, ou das máquinas hidráulicas em particular como as turbinas e as bombas, são ensaiadas em bancos análogos, ressalvados os fins e objetivos específicos de cada espécie.

A figura 2.1 esquematiza o banco de ensaios de bombas. Um trabalho de gênero igual ao presente pode ser desenvolvido pelos estudiosos do assunto, e até em grau mais elevado, mais amplo e mais atualizado para as outras modalidades de máquinas de fluxo.

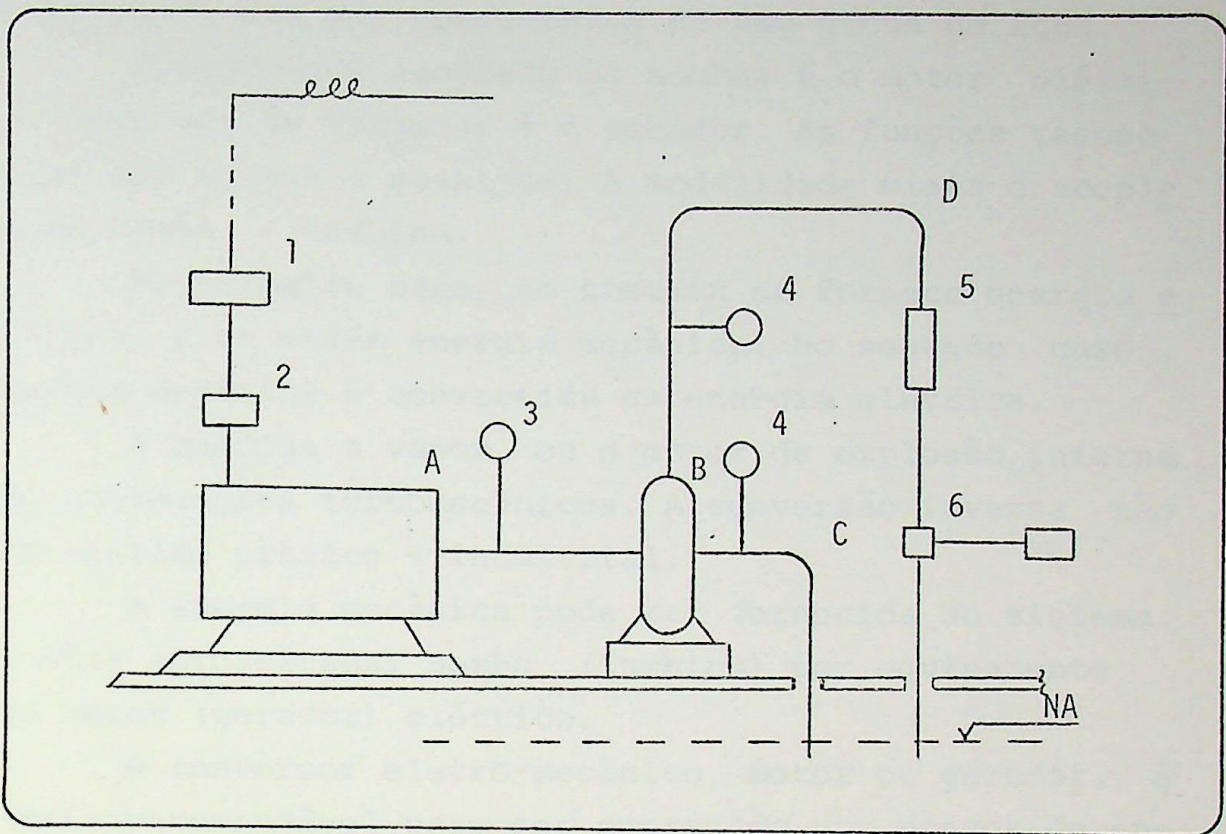


Figura 2.1 - BANCO DE ENSAIOS DE BOMBAS.

A- Motor; B- Bomba; C- Tubulação de sucção ;
D- Tubulação de recalque; 1- Controle da ve-
locidade do motor; 2- Medidor de potência ;
3- Medidor de rotação; 4- Medidor da altura
de elevação; 5- Medidor de vazão; 6-Registro
de saída.

Os elementos genéricos anteriormente referidos guardam a seguinte relação com o presente caso particular, o conversor de energia está representado pelo motor e a máquina o está pela bomba. Naturalmente esta correspondência varia com a natureza da máquina, enquanto que os outros elementos são comuns aos vários casos usuais.

Estes elementos são ligeiramente apresentados em seguida, dadas as necessidades de seus conhecimentos em outras oportunidades.

2.3.1 - O CONVERSOR

É o elemento que realiza a conversão entre as duas modalidades atuantes de energia, em geral a mecânica e a

elétrica. A energia mecânica ora se manifesta na rotação de um eixo, ora nas componentes de uma queda de água.

O conversor acoplado às bombas é o motor elétrico. Acoplado às turbinas é o gerador. As funções respectivas são ativas e passivas. A modalidade mista é acoplamento bomba - turbina..

No primeiro caso, ao sistema se fornece energia elétrica, e se obtém energia mecânica. No segundo caso, energia mecânica é convertida em energia elétrica.

A máquina a vapor, ou o motor de explosão interna, são conversores termomecânicos. A conversão inversa não tem sentido prático - industrial.

A energia mecânica pode ser fornecida ao sistema, (ou dêle aproveitada) bomba (turbina) por equipamento não motor (gerador) elétrico.

O conversor eletro-mecânico, motor ou gerador, é o mais recomendável para ser empregado nos bancos de ensaio. A vantagem que ele oferece sobre os demais, bom rendimento, pequena relação peso / potência, comando simples, instalação fácil, custo menor, higiene ambiental, medição simples e precisa, justificam esta recomendação.

Velocidade variável é requisito necessário ao conversor.

O conversor especificado neste trabalho, é o motor elétrico de velocidade variável.

2.3.2 - A MÁQUINA

A máquina hidráulica integrante de um banco de ensaios, pode ser uma bomba ou uma turbina.

Embora recomendável para todas as modalidades de máquinas, o ensaio o é particularmente para alguns casos específicos. Através dele as turbo-bombas podem manifestar todas suas qualidades bem como seus defeitos. As bombas volumétricas apresentam suas falhas de fabricação e conferem os dados de projeto. Afirmção semelhante vale para as bombas fabricadas em série.

As turbinas não são fabricadas em série. Cada uma atende a uma encomenda específica e obedece a um projeto

próprio, e seu ensaio individual é recomendável. Todavia, os grandes exemplares apresentam condições impróprias ao cumprimento desta recomendação. Lançou-se mão dos recursos oferecidos pela teoria da semelhança mecânica através dos gráficos comuns a todas as máquinas de uma mesma série.

Enquanto o banco didático é construído para uma máquina específica, os bancos industriais comportam dentro dos limites de sua versatilidade, várias máquinas de uma mesma espécie.

A simplificação de detalhes justifica a escolha de uma bomba para integrar o banco modelo aqui apresentado.

2.3.3 - INSTRUMENTAÇÃO DE MEDIDA

A verificação do comportamento de uma máquina está intimamente relacionada com os valores das grandezas envolvidas em seu funcionamento, e que devem portanto ser medidas. Equipamento de medições especializado é necessário.

Os aparelhos de medições empregados num banco convencional são estruturados nos fundamentos de alguns princípios físicos. A altura de elevação, ou de coluna líquida, por exemplo, pode ser medida com os fundamentos da lei de Bernoulli.

Todas as características necessárias ao bom aparelho de medida, precisão, fidelidade, são indispensáveis aos aparelhos que integram um banco de ensaios.

Um dos pontos críticos manifestados na quase totalidade dos aparelhos de medida, é a calibração. Ao demandar conhecimento, imaginação, habilidade e paciência, a calibração dos aparelhos influi poderosamente nos resultados dos ensaios. Esta técnica vem sendo cuidada com o devido apreço nas escolas, nas fábricas ou nos laboratórios, sendo portanto dispensável sua apresentação nesta hora. Os aparelhos recomendados no capítulo 4 e em seções de capítulos posteriores são considerados como estando devidamente calibrados. A calibração foge aos propósitos aqui em vista, dada sua real importância em setor distinto atualmente tratado com o apreço que realmente requer.

2.3.4 - A BASE

Por BASE do banco de ensaios, entende-se a estrutura que sustenta e dá unidade funcional a todo o equipamento necessário à realização do ensaio. É na base que são instaladas a máquina a se ensaiar, o conversor de energia, o equipamento de medida e os acessórios complementares.

O conceito de unidade pode sofrer ligeiros prejuízos nos bancos de grandes dimensões. Os canais de circulação podem percorrer espaços externos ao ambiente do banco, o que permite a instalação de aparelhos fora do núcleo das atividades. Os depósitos de água podem estar longe e serem volumosos, sem quebrar a unidade referida.

Os bancos mais compactos disputam com algumas vantagens as preferências de um laboratório didático.

Uma compactação acentuada conduz ao banco portátil, cujas dimensões são consideravelmente reduzidas numa base monobloco.

Os bancos portáteis atualmente conhecidos não são robustos e suas dimensões reduzidas podem prejudicar as manifestações dos valores que se medem. Entretanto, seus objetivos didáticos são satisfatórios. Os gráficos que são obtidos quando de seus ensaios apresentam-se corretos quanto à forma e quanto às relações entre as grandezas relacionadas. Aceitam o comando manual, bem como sua integração aos computadores. Seu comando muito simples o recomenda aos principiantes.

Algumas empresas industriais, como a GILKES & GORDON e a PLINT ambas da Inglaterra, produzem estes equipamentos em escalas industriais para fornecimento às escolas técnicas.

2.4 - O BANCO AUTOMATIZADO

É aquele cujo controle pode ser exercido por um computador. Dispositivos especiais permitem também o comando manual.

Algumas partes do banco são as mesmas, quer se trate do convencional, quer se trate do automatizado, como a

base e a máquina.

Outras partes todavia são submetidas a uma adaptação total, como o equipamento de medida.

O equipamento de medição, baseado agora em fenômenos de origens elétricas, ou eletrônicas, não apresenta diretamente os valores das grandezas medidas, mas emite sinais elétricos que lhe são proporcionais, aceitáveis pelo computador.

A seleção do equipamento de medir constitui a operação básica da automatização de um banco. Dada sua importância, o capítulo quarto e os apêndices citados se ocupam de suas características com mais detalhes.

A automatização de um banco de ensaios pode ser enfocada sob diversos aspectos, e sob vários ângulos.

Escolha de equipamento, estruturação de alguns ensaios, programação para uma ou outra modalidade de comando do banco, são alguns dos aspectos aqui evocados, evitando-se assim uma extensão desnecessária a um trabalho da natureza do presente.

É campo amplo e fecundo, que permanece em aberto neste setor.

3.1 - A PESQUISA E O ENSAIO

O ensaio não é uma pesquisa científica, apesar dos vários graus de semelhanças que guardam entre si estes dois ramos da investigação.

Rodolfo Mondolfo afirma que se pesquisa quando se tem consciência de um problema e busca-se sua solução. A pesquisa experimental fundamenta-se no conhecimento de uma teoria, sua realização obedece a um método, o método científico, e seus resultados confirmam, ou negam uma suposição ou uma hipótese.

Um dos fundamentos básicos da ciência mais amplamente aplicados " dadas as mesmas condições, os mesmos acontecimentos ocorrem ", leva os cientistas e os técnicos ao controle das condições, atuando sobre uma aparelhagem durante a realização da pesquisa ou do ensaio.

A pesquisa conduz o homem aos resultados esperados, traz-lhe novos e valiosos conhecimentos. Por estes benefícios, ela detém considerável parcela da responsabilidade pelo progresso que a humanidade assiste.

De outro lado, o ensaio é um estudo que se faz do comportamento de uma máquina. Muitos de seus procedimentos são idênticos aos procedimentos da pesquisa.

Enquanto que a pesquisa é uma atribuição do cientista, o ensaio é uma atribuição do técnico. Enquanto cada pesquisa tem um objetivo específico, o ensaio tem um objetivo comum.

Grandes esforços são necessários para se chegar às condições técnicas indispensáveis a realização das pesquisas ou dos ensaios.

Os projetos, as construções, o custo dos equipamentos, a manutenção, são fatores que pesam quando da instalação de um laboratório, seja com objetivos científicos, se-

ia com objetivos didáticos. Estudo, planejamento, tempo de pessoal altamente especializado, são também necessários.

Mas o valor do ensaio é tal, seus resultados são tão úteis, que as escolas e as empresas passam por estes e por outros obstáculos, montam seus laboratórios e alcançam seus objetivos. E com os resultados obtidos, organizam-se tabelas, traçam-se gráficos. Tabelas e gráficos são analisados e interpretados. Os resultados obtidos concorrem para se conhecer melhor o equipamento ensaiado. Estes conhecimentos são muito úteis, ou mesmo indispensáveis ao trato com as máquinas. O técnico, deles necessita para projetar ou para construir. O usuário deles necessita na instalação, na operação ou na manutenção de seus equipamentos.

Estas são as motivações que levam o homem a vencer pesados obstáculos e realizar os ensaios.

Os objetivos que originaram o presente trabalho não têm como meta um estudo detalhado dos resultados dos ensaios, nem de suas interpretações, tarefas estas já brilhantemente desempenhadas pelos estudiosos.

Expressões, curvas ou gráficos discutidos sucintamente nas seções que se seguem, visam apenas manter uma unidade na apresentação redacional do texto. As curvas de funcionamento das bombas atendem a um tal objetivo enquanto que as demais podem ser dispensadas e de fato o são.

3.2 - O DIAGRAMA TOPOGRÁFICO

É a representação do comportamento de uma máquina hidráulica por meio de um conjunto de curvas planas traçadas num sistema de eixos cartesianos.

O diagrama topográfico é ainda conhecido por DIAGRAMA DE COLINA ou por CAMPO DE FUNCIONAMENTO.

As variáveis que estão envolvidas no funcionamento de uma máquina são diversas. Para o caso específico de uma bomba estas variáveis estão consubstanciadas nas seguintes grandezas dominantes :

A - altura disponível H;

B - velocidade de rotação N;

C - vazão Q;

D - potência elétrica PE;

E - rendimento da bomba η ;

F - peso específico do fluido γ .

Estas variáveis guardam entre si um relacionamento segundo uma expressão geral da forma :

$$F (H, N, Q, PE, \eta, \gamma,) = 0$$

Esta expressão indica que a variação de uma grandeza pode provocar uma variação correspondente de uma ou mais das outras grandezas, segundo as leis físicas que regem os fenômenos atuantes.

A representação plana de uma curva em um sistema de dois eixos requer a interferência de duas variáveis apenas, ao passo que são seis as atuantes na situação citada.

Esta dificuldade é contornada com a escolha de duas grandezas básicas para variáveis, consideradas as demais constantes. As grandezas escolhidas são representadas num plano por curva única que corresponde a um conjunto de dados relativos a uma série de leituras.

Várias curvas da mesma espécie são obtidas com variações de uma das outras grandezas restantes. Um planejamento cuidadosamente preparado para esta última variável causa a representação adequada de várias curvas da mesma natureza.

O diagrama topográfico se obtém por um procedimento como acima exposto.

A escolha das variáveis básicas não apresenta grandes dificuldades. De fato, algumas das grandezas citadas são por sua própria natureza constantes dentro de certos limites, a exemplo do peso específico da água. A atuação adequada do operador sobre os dispositivos de comando do banco pode determinar a situação planejada.

Em geral a vazão e a altura de elevação, são escolhidas como as variáveis básicas no traçado do diagrama topográfico das bombas. Isto significa que a potência e a rotação da máquina devem ser mantidas constantes para a

traçagem de cada curva. Entretanto uma ou outra deve variar de um para outro valor constante para a traçagem de mais uma curva distinta de mesma espécie.

As curvas têm uma nomenclatura distinta derivada de suas próprias naturezas, e merecem uma citação inicial a CARACTERÍSTICA DE ROTOR e a CARACTERÍSTICA DE CANO porque são formadoras do diagrama topográfico, como o mostram as subseções seguintes.

Além destas duas curvas básicas são feitas neste capítulo breves referências sobre outras curvas que são bastante úteis para um melhor conhecimento das máquinas hidráulicas.

3.2.1 - CARACTERÍSTICA DO ROTOR

A curva tem esta denominação porque representa o comportamento do rotor da máquina, para uma condição de funcionamento particular. A cada valor da rotação, corresponde uma curva. Para um conjunto distinto de valores da rotação, corresponde um conjunto de curvas distintas ou melhor, uma família de curvas. A condição particular de trabalho pode portanto ser, ou pode não ser, a condição de projeto do rotor.

Na realização dos ensaios, não se consegue ajustar a rotação em um conjunto de valores iguais para condições distintas de trabalho. Traça-se a curva para um valor inteiro, em geral um múltiplo de cem mais próximo dos valores obtidos.

Cada curva da família estabelece uma correspondência contínua entre os valores de Q e de H . Ora, a variação de Q implica na variação da velocidade meridional, que por sua vez implica na variação dos triângulos de velocidade a entrada e a saída do rotor. Logo, o rotor funciona em condições diferentes da condição de projeto. E condições diferentes da condição de projeto causam o aparecimento de fenômenos hidráulicos indesejáveis, como choques, variação de pressões, e outros.

As curvas características representam portanto o funcionamento do rotor sob diversas condições de trabalho.

Neste fato reside sua importância. É esta importância que justifica a atenção que lhes é dispensada no estudo das máquinas hidráulicas.

Em relação a estabilidade do funcionamento das bombas, as curvas características estão subdivididas em duas categorias distintas, as estáveis e as instáveis.

As curvas características representativas de um funcionamento estável, podem ser cortadas em apenas um ponto por uma reta horizontal situada entre os limites de estudos, como o mostra a figura 3.1.A. E aquelas que representam um funcionamento instável, podem ser cortadas em dois pontos por uma reta, em iguais condições, entre os limites de instabilidade, como mostra a figura 3.1.B.

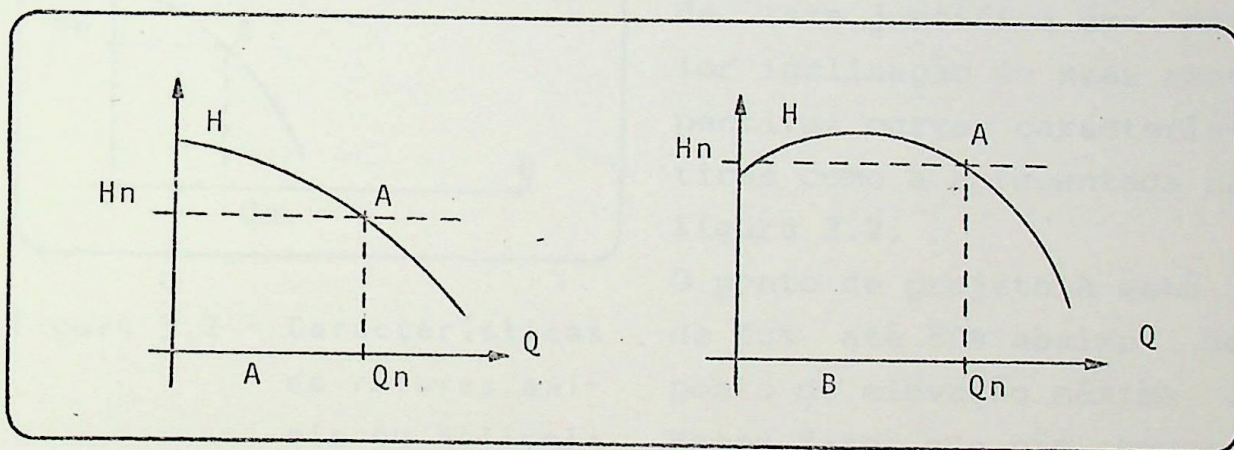


Figura 3.1 - Curvas de funcionamento estável e instável.

Cada uma destas curvas oferece um profundo setor de estudos, tal a complexidade dos fatores que envolve.

A primeira delas mostra uma variação contínua, numa relação inversa, entre Q e H .

Sua inclinação pode ser mais, ou ser menos acentuada, conforme condições especiais dos rotores das bombas, cujo comportamento ela representa.

Uma inclinação média, mostrada na figura 3.1.A, ocorre com mais frequência. O ponto A, ali marcado, é conhecido como o ponto de melhor rendimento, ou ponto de projeto.

Ele situa-se de 10 % até 20 % abaixo de um ponto de máxima elevação, correspondente a uma vazão nula.

Estas curvas caracterizam os rotores centrífugos ; com $\beta_2 < 90^\circ$.

Uma forte inclinação das pás do rotor para traz comunica ao líquido uma parcela maior de energia sob a forma potencial, em detrimento da forma científica, garantindo assim a estabilidade da bomba.

Entretanto, algumas causas reais como o número finito e a espessura das pás do rotor, ou fenômenos hidráulicos, podem levar estas bombas, a uma pequena faixa de instabilidade, nas proximidades da altura máxima de elevação.

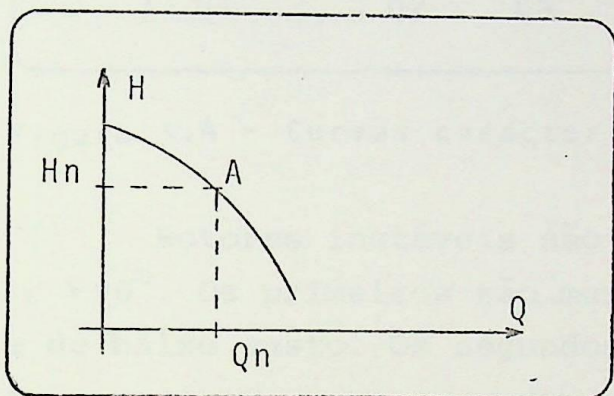


Figura 3.2 - Características de rotores axiais ou helicoidais.

Os rotores axiais e os helicoidais não estão sujeitos ao fenômeno da instabilidade. Isto justifica uma maior inclinação de suas respectivas curvas características como a apresentada na figura 3.2.

O ponto de projeto A está de 40% até 50% abaixo do ponto de elevação máxima. Estes fatos que não chegam a prejudicar a aplicabilidade das bombas, encontram

justificativas teóricas nos tratados especializados.

Por outro lado, há rotores cuja altura de elevação máxima varia pouco com a vazão. Isto significa que as respectivas curvas características guardam uma relativa horizontalidade, como mostra a figura 3.3.

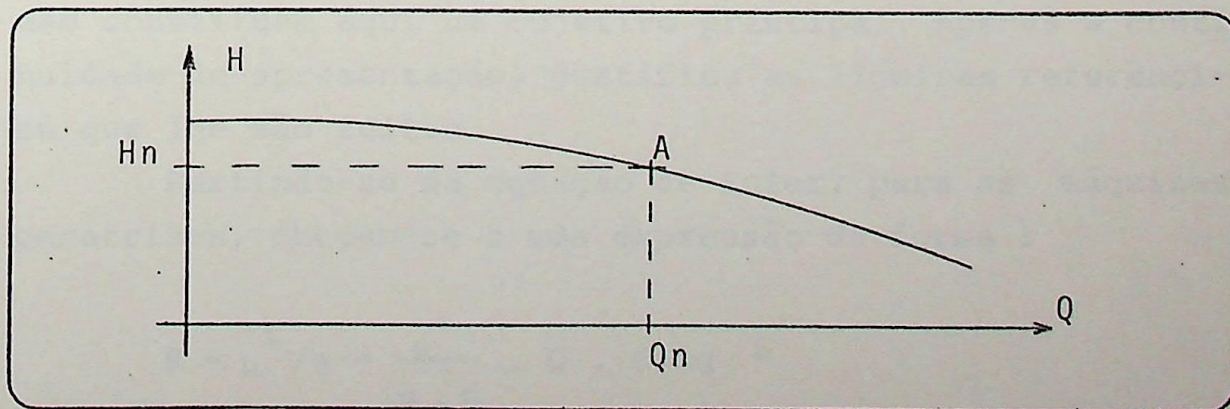


Figura 3.3

Diz-se que uma bomba é instável quando a uma mesma altura de elevação correspondem duas ou mais de duas vazões, como se deduz da figura 3.4.

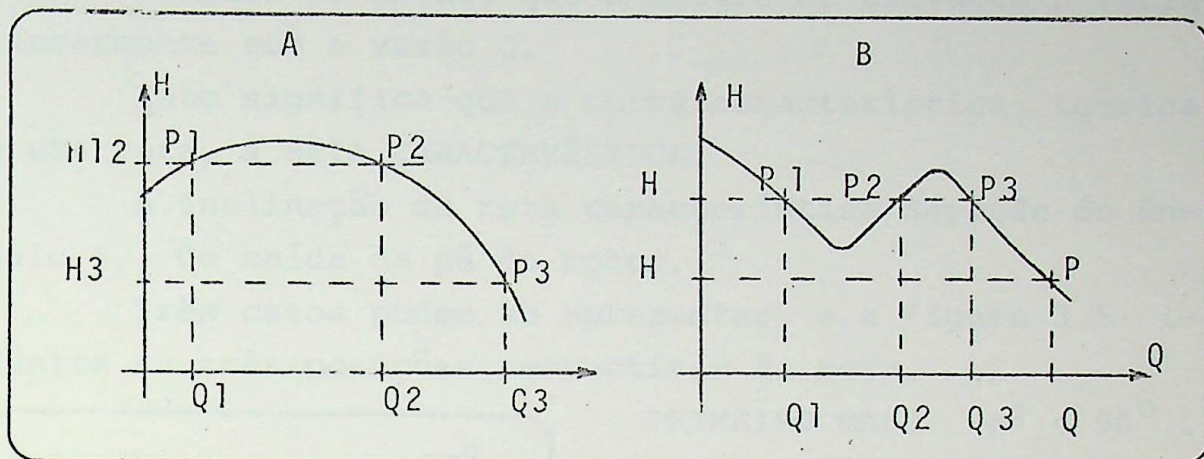


Figura 3.4 - Curvas características de rotores instáveis.

Rotores instáveis são aqueles que têm $\beta_2 = 90^\circ$ ou $\beta_2 > 90^\circ$. Os primeiros são muito comuns em bombas pequenas e de baixo custo. Os segundos não são empregados usualmente.

O emprego das bombas instáveis deve ser procedido de cuidadosos estudos. Uma atenção especial merece a associação em paralelo destas bombas, porque sua faixa de instabilidade pode ser ampliada além do que se esperava. O emprego destas bombas nos limites de sua faixa de instabilidade, é desaconselhável, porque a brusca mudança da descarga de um para outro valor pode acontecer, o que é indesejável.

O comportamento real de uma bomba apresenta ligeiras discrepâncias do comportamento verificado pelos estudos teóricos, encontrados em ampla bibliografia, e que não constituem aqui um objetivo principal. Apenas a continuidade de apresentação, justifica as ligeiras referências que lhe são feitas.

Partindo-se da equação de Euler, para as máquinas geratrizes, chegam-se a uma expressão da forma :

$$H = \frac{u^2}{g} - \frac{u^2}{s \cdot g} \cdot Q \cdot \text{Cotg} \beta^2$$

Mas, a uma velocidade de rotação N , constante corresponde uma velocidade u constante. Também é constante a seção S do rotor.

Conclui-se então, que a altura de elevação H varia linearmente com a vazão Q .

Isto significa que a curva característica teórica é uma reta, a RETA CARACTERÍSTICA.

A inclinação da reta característica depende do ângulo β_2 , de saída da pá do rotor.

Três casos podem se apresentar, e a figura 3.5 ilustra as três posições respectivas da reta.

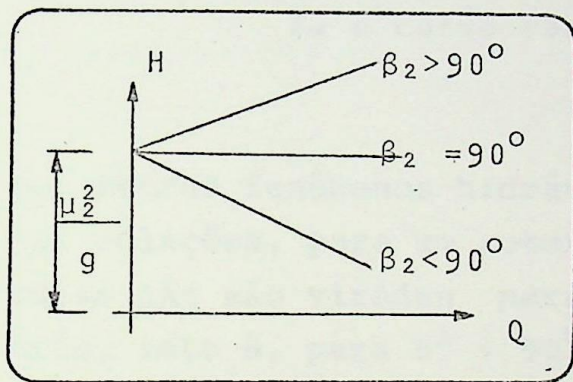


Figura 3.5 - Posições da reta característica em função de β^2 .

PRIMEIRO CASO: $\beta^2 < 90^\circ$.

As pás do rotor são curvadas para trás.

Como $\text{Cotg } \beta^2 > 0$, o valor de H diminui quando Q aumenta, isto significa que a reta é descendente.

SEGUNDO CASO: $\beta^2 = 90^\circ$.

Trata-se do rotor de pás radiais. Como $\text{Cotg } \beta^2 = 0$, o valor de H é constante para qualquer valor de Q . A reta característica é paralela ao eixo horizontal.

TERCEIRO CASO: $\beta^2 > 90^\circ$.

As pás do rotor são recurvadas para frente. Como $\text{Cotg } \beta^2 < 0$, o valor de H deve aumentar teoricamente com a vazão Q , e a reta característica é inclinada para cima. Isto porém, não acontece com a curva real, porque, além de outros fenômenos, as pás oferecem condução defeituosa para as veias líquidas. Inicialmente, curva real e reta teórica se coincidem aproximadamente. Após certo valor de Q , a curva real afasta-se da direção inicial, inclinada para cima, e vira-se para baixo, originando assim a curva característica da instabilidade, como se vê na figura 3.6.

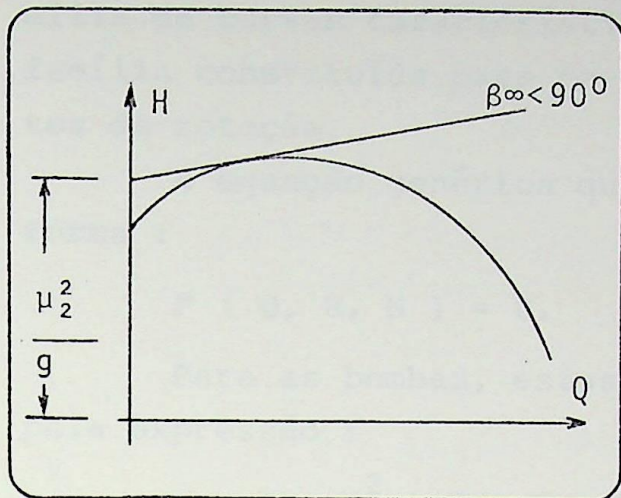


Figura 3.6 - Curva teórica re-
ta e curva real.

Várias são as causas que a-
fastam a curva real da re-
ta teórica.

Entretanto, apenas duas me-
recem destaque especial :

A - número finito de pás
espessas :

o número finito de pás
espessas reduz o valor
de H;

B - perda de energia :

a perda de energia po-
de ser causada por a-
trito, por choques ou

por outros fenômenos hidráulicos. A figura 3.7 mostra es-
tas relações, para um rotor
cujas pás são viradas para
trás, isto é, para $\beta^2 < 90^\circ$.

A reta Ht^∞ represen-
ta o valor teórico, enquan-
to que a reta Ht represen-
ta a bomba ideal, sem per-
das por atritos, por cho-
ques ou por fugas, mas que
tem um número finito de pás.

A curva H_a represen-
ta as bombas que têm um nū-
mero finito de pás em seu
rotor e perdas por atrito ,
mas não há choque das parti-
culas do fluido com as pás.

Finalmente a curva real da bomba, aquela que repre-
senta seu funcionamento em condições de trabalho natural .

A cada valor da rotação N , corresponde uma curva ca-
racterística.

Mas um ensaio implica na consideração de mais de um
valor de N .

Isto significa que se obtém na realidade, é uma fa-

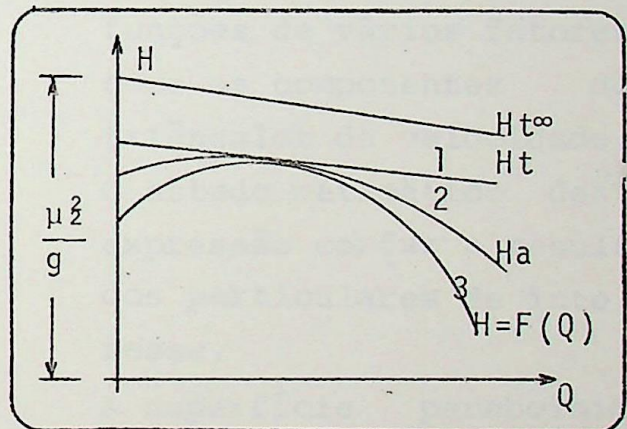


Figura 3.7- 1. altura perdida
por causa do nūme-
ro finito de pás
do rotor; 2. per-
da por atrito; 3.
perda por choques

mília de curvas características. A figura 3.8 mostra uma família constituída para os valores N1, N2, N3 e N4 distintos da rotação.

A equação genérica que representa estas curvas é da forma :

$$F (Q, H, N) = 0.$$

Para as bombas, estas grandezas estão relacionadas pela expressão :

$$H = A \cdot N^2 + B \cdot Q \cdot N - C \cdot Q^2.$$

A superfície aí representada é a de um parabolóide hiperbólico, com o vértice na origem, e cujo eixo principal é H.

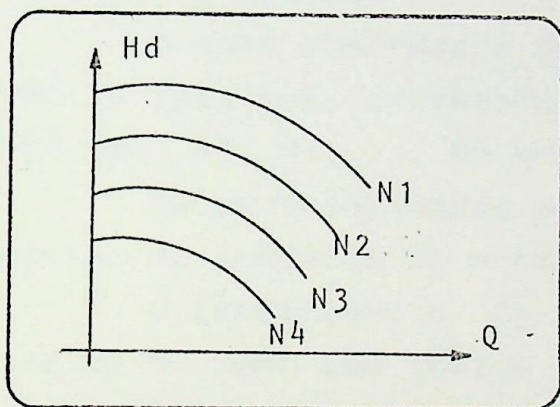


Figura 3.8 - Característica de rotor para as rotações N1, N2, N3 e N4.

Os parâmetros A, B e C são funções de vários fatores, como as componentes dos triângulos de velocidade.

O estudo matemático desta expressão conduz a resultados particulares de interesse.

A superfície parabolóide hiperbólica é no presente caso, chamada de SUPERFÍCIE CARACTERÍSTICA.

Esta superfície pode ser cortada por um plano Q.H, e que passa por um ponto particular do eixo N. Este ponto representa um valor particular da rotação N.

As seções planas assim obtidas são projetadas no plano Q.H. São estas projeções que interessam. Elas são trechos de parábolas congruentes. Cada trecho é uma curva característica.

3.2.2 - CARACTERÍSTICA DE CANO

O rendimento de uma bomba, em um ponto de funcionamento que corresponde a um valor determinado da rotação N,

é dado pela expressão :

$$\eta = \frac{PH}{PE}$$

onde PE é a potência elétrica fornecida ao eixo da bomba pelo motor. PH é a potência hidráulica, calculada pela conhecida expressão :

$$PH = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H}{75}$$

Os valores das variáveis envolvidas, são determinados através dos aparelhos diversos de medidas que integram o banco de ensaios. Todas variáveis são medidas por ocasião do ensaio.

A cada abertura A do registro de saída da tubulação de recalque, correspondem várias velocidades de rotação, N1, N2, N3, ... do motor acionador.

Estas velocidades são controladas através do dispositivo de controle do motor.

O rendimento η da bomba é calculado para cada valor de N. Como são vários os valores de N, são obtidos vários valores de η .

Estes valores são marcados no plano Q.H e quando

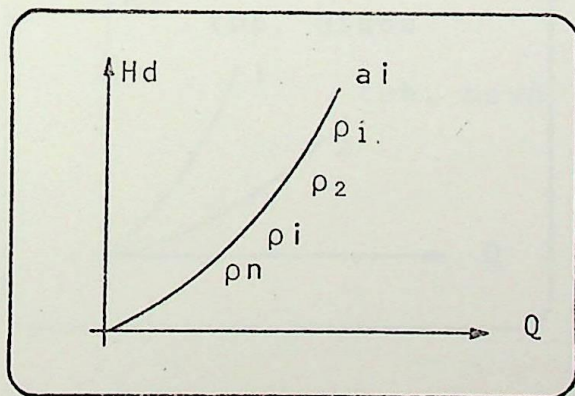


Figura 3.9 - Característica de cano.

ligados, formam uma curva como mostrada na figura 3.9, para uma abertura A. A abertura do registro até certo ponto, configura um tipo de cano, isto é, causa perda de carga equivalente àquela causada por determinada tubulação. Por este motivo, a curva assim obtida é denominada de CARACTERÍSTICA DE CANO.

Assim, uma abertura total do registro, ou sua eliminação, corresponderia a uma ausência da tubulação, o que representa uma altura de elevação nula, $H = 0$. Nesta condição particular, há uma coincidência da curva com o eixo das abscissas. Uma condição tal não encontra corres-

pondente num banco de ensaio real.

Por outro lado, a uma abertura nula do registro, corresponde uma tubulação de diâmetro nulo, o que implica uma vazão também nula. Neste caso particular, a respectiva curva característica coincide com o eixo das ordenadas.

A coincidência da curva característica com os dois eixos, nas condições particulares devidas, significa que a curva passa pela origem, como está evidenciado na figura 3.9.

A forma geral da equação da curva característica de cano é :

$$H = K \cdot Q^n.$$

onde K é a característica da tubulação e n é o expoente da curva. Os valores de K e de n podem ser calculados para cada curva real, substituindo os valores de H e de Q obtidos de dois pontos distintos da curva. A resolução do sistema resultante dá os valores respectivos.

Um tal procedimento está apresentado no programa para a traçagem do gráfico da característica de cano.

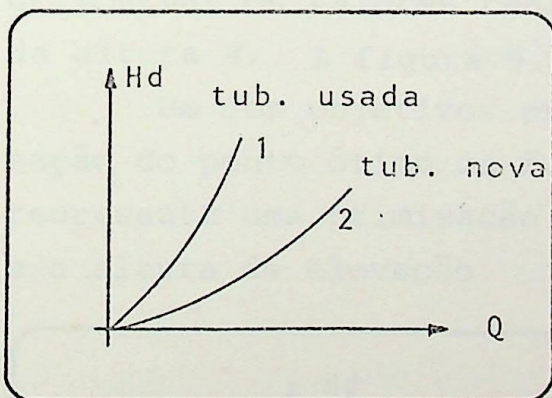


Figura 3.10- Características de uma tubulação nova (1), e de uma tubulação usada (2).

O valor de n oscila em torno de 2, para as curvas usuais.

Isto significa que a perda de carga na tubulação varia aproximadamente com o quadrado da vazão.

O valor do coeficiente K depende do estado geral da tubulação para diversos valores do atrito. A figura 3.10 mostra as curvas correspondentes a uma tubulação nova, menor valor de K , e uma tubulação usada, maior valor de K .

A cada abertura A do registro, corresponde uma curva característica. Como o ensaio de uma bomba implica na análise,

não de uma curva apenas, mas de várias, são necessárias várias aberturas A_1, A_2, A_3, \dots . A figura 3.11 mostra as curvas para os casos mais usuais encontrados na prática.

Um subprograma para traçar as curvas características, hem como o gráfico realizado, encontra-se anexo.

Ver a listagem na seção 9.9, e figuras 9.3 e 9.5 traçadas pelo computador.

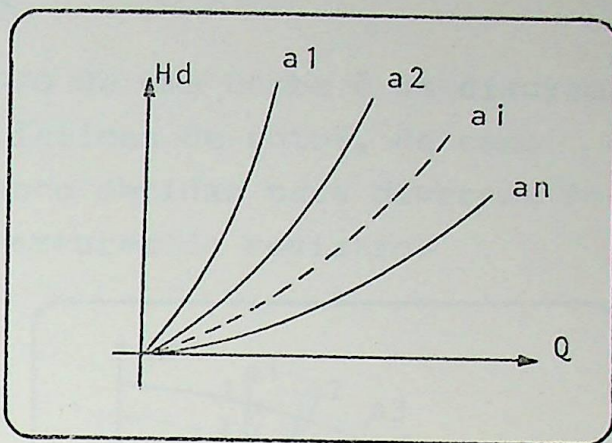


Figura 3.11- Característica de canal para n aberturas do registro.

3.2.3 - PONTO DE TRABALHO

O PONTO DE TRABALHO P_t , de uma bomba, é o ponto de encontro das curvas características de rotor e de canal. A figura 3.12 evidencia um ponto de funcionamento P_t , além de mostrar os valores reais de funcionamento, da vazão Q e da altura H . A figura 9.10 foi traçada pelo computador.

Um dos objetivos principais do ensaio, é a determinação do ponto ótimo de funcionamento de uma bomba. Isto representa uma otimização do rendimento em relação a vazão e a altura de elevação.

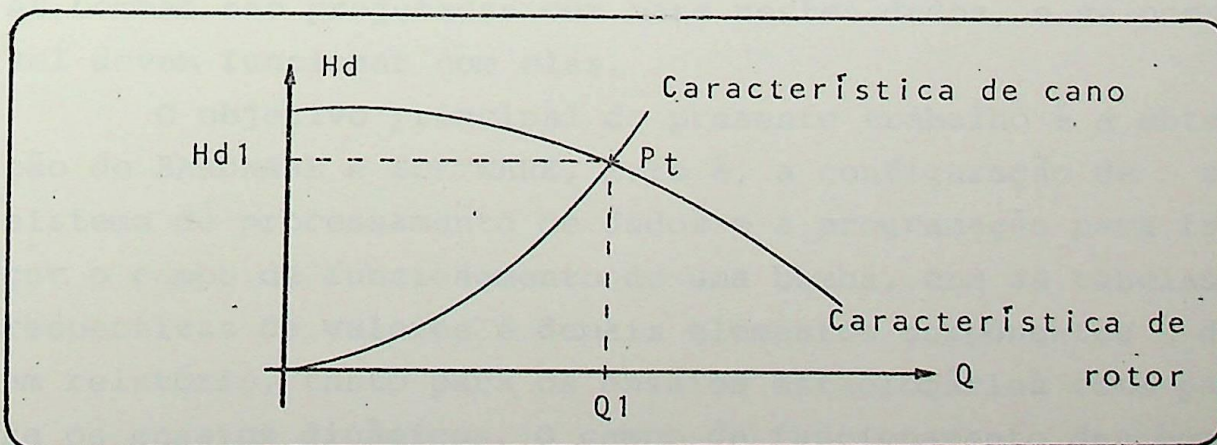


Figura 3.12 - Ponto de trabalho de uma bomba.

3.2.4 - CAMPO DE FUNCIONAMENTO

O CAMPO DE FUNCIONAMENTO de uma bomba é um diagrama formado pelas curvas características de rotor, de cano e pelas curvas de igual rendimento obtidas para diversas rotações do motor e diversas aberturas do registro.

Ele corresponde a uma superposição das figuras 3.8 e 3.11. como mostra a figura 3.13.

A complementação da figura é feita com a marcação sobre os pontos das curvas, dos rendimentos respectivos, usando-se o sistema de projeções cotadas.

Ligando entre si os pontos de igual rendimento, são obtidas as curvas de igual rendimento.

Estas curvas têm o aspecto de elipses concêntricas. O centro comum destas elipses, é o ponto A, de máximo rendimento.

A altura H e a vazão Q correspondentes ao ponto A, são a altura normal e a vazão normal da bomba respectiva. As bombas são projetadas com base nestes dados, e se possível devem funcionar com eles.

O objetivo principal do presente trabalho é a obtenção de HARDWARE e SOFTWARE, isto é, a configuração de um sistema de processamento de dados e a programação para traçar o campo de funcionamento de uma bomba, com as tabelas respectivas de valores e demais elementos componentes de um relatório, tanto para os ensaios estacionários como para os ensaios dinâmicos. O campo de funcionamento das bombas é ainda conhecido como diagrama topográfico, ou diagrama de colina.

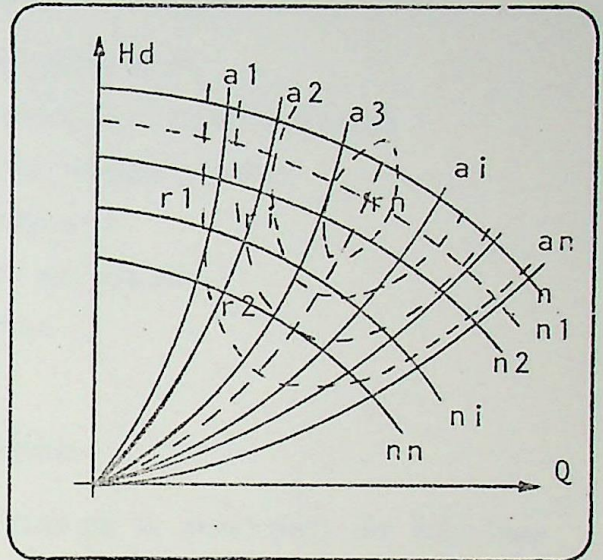


Figura 3.13- Campo de funcionamento de uma bomba.

3.3 - UTILIZAÇÃO DO CAMPO DE FUNCIONAMENTO

Várias conclusões úteis podem ser obtidas do diagrama topográfico de uma bomba. Algumas delas são apenas citadas. Outras são apresentadas com maiores detalhes, até o ponto de interesse aqui observado. Cumpre destacar as aplicações mais usuais dos seguintes elementos :

- A - o ponto de máximo rendimento;
- B - o ponto de máxima potência hidráulica;
- C - as curvas da potência hidráulica;
- D - o ponto de funcionamento;
- E - as curvas do momento no eixo;
- F - a curva de acoplamento.

3.3.1 - PONTO DE MÁXIMO RENDIMENTO

O ponto A, figura 3.13, marca a posição de máximo rendimento da bomba para certos valores bem definidos da vazão, da velocidade do rotor e da altura de elevação. Sua determinação é um dos principais objetivos dos ensaios das máquinas hidráulicas, porque o seu conhecimento permite o encontro dos valores ótimos destas grandezas citadas.

Os valores da altura de elevação e da vazão, ficam determinados pelo simples abaixamento de perpendiculares de A, até os eixos respectivos.

O valor ótimo da rotação do rotor é encontrado com a passagem por A de uma curva característica de rotor, que na figura acima referida, está representada por uma linha tracejada.

3.3.2 - PONTO DE MÁXIMA POTÊNCIA HIDRÁULICA

O ponto B, de máxima potência hidráulica, é obtido pelo processo da escala com zero no meio, e numerada nos dois sentidos.

A figura 3.14 mostra a disposição adotada no gráfico.

Ampla bibliografia trata da justificativa teórica do assunto que por este motivo não é aqui tratado.

Em geral não há coincidência entre o ponto A de máximo rendimento, e o ponto B de máxima potência hidráulica.

A figura 3.15 mostra estes dois pontos para uma mesma característica de rotor, e duas características de cano distintas.

Esta condição indica que quando a máquina está produzindo o máximo, em termos de vazão, ela não está funcionando no ponto de seu melhor rendimento, e consome

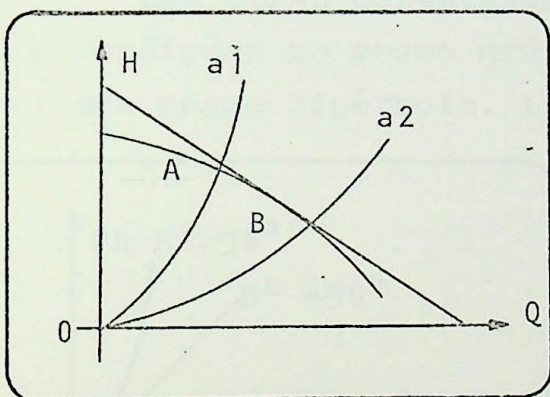


Figura 3.15- Posições relativas dos pontos de máximo rendimento e de máxima potência teórica.

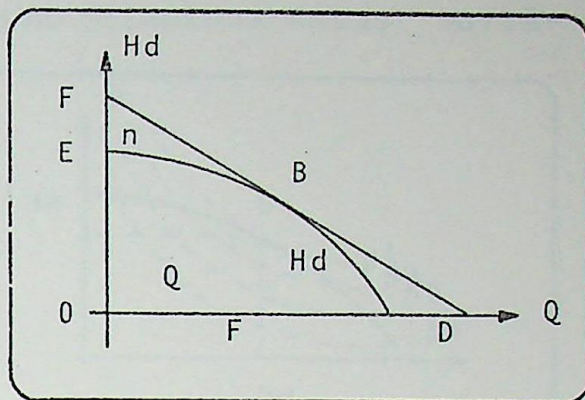


Figura 3.14- Determinação de ponto de máxima potência hidráulica.

maior potência do que seria natural.

A bibliografia citada justifica a coincidência destes dois pontos apenas para as bombas em que $nq = 72$ e $ns = 273$, que em termos de vazão apresentam a máxima produção com um rendimento máximo.

3.3.3 - CURVAS DE POTÊNCIA HIDRÁULICA

Várias curvas relativas ao funcionamento das bombas, podem ser retiradas do respectivo diagrama topográfico. Por exemplo, a potência hidráulica PH relativa a uma velocidade de rotação constante, que pode ser expressa em função de Q e de H por uma expressão da forma :

$$PH = F(Q, H)$$

A expressão matemática que relaciona estas variáveis, é :

$$PH = K \cdot Q \cdot H$$

Para se ter uma idéia de conjunto do significado da potência hidráulica em diversos pontos de funcionamento, é útil traçar várias curvas no ponto $Q \cdot H$. Cada uma delas corresponde a um conjunto de pontos de valores iguais. O gráfico é uma família de hipérbolas equiláteras, figura 3.16.

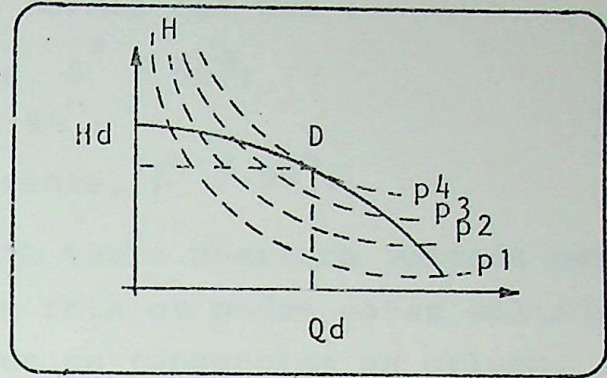


Figura 3.16- Curvas de potência hidráulica.

Uma curva característica de rotor, traçada sob iguais condições no mesmo gráfico, é cortada em dois pontos por uma mesma hipérbola. Logo, há dois pontos em que a bomba consome potências iguais. O ponto de tangência D , indica as condições de altura Hd e da vazão Qd , em que se atinge a potência máxima para um dado valor da rotação.

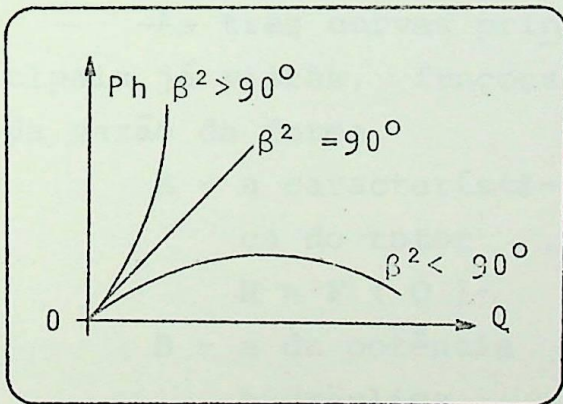


Figura 3.17- Potência hidráulica e a saída das pás.

A potência hidráulica pode ainda ser estudada como função da vazão Q , ou seja :

A potência hidráulica pode ainda ser estudada como função da vazão Q , ou seja :

$$PH = F (Q) .$$

Esta função tem uma variação parabólica, porque :

Esta função tem uma variação parabólica, porque :

$$PH = F (Q , H)$$

$$H = F (Q) .$$

Na seção 3.2, foi dito que a altura varia com as formas das pás, o que tem o mesmo sentido de dizer que a

potência varia com as formas das pás.

Para os tres casos de formas das pás :

A - curvadas para trás, $\beta^2 < 90^\circ$;

B - pás radiais, $\beta = 90^\circ$;

C - recurvadas para frente, $\beta^2 > 90^\circ$.

as parábolas respectivas podem ter a abertura voltada para baixo, podem reduzir-se a uma reta ou podem estar voltadas para cima. As três modalidades se tangenciam na origem, figura 3.17.

O caso de mais interesse é o da bomba com pás viradas para trás, modalidade que será a única considerada doravante.

3.3.4 - PONTO DE FUNCIONAMENTO

O rendimento η de uma bomba, em relação a vazão Q , é também uma curva parabólica, para uma rotação constante, como mostra a figura 3.18.

As três curvas principais já vistas, funções da vazão da forma,

A - a característica do rotor ,

$$H = F (Q);$$

B - a da potência hidráulica ,

$$PH = F (Q);$$

C - a curva do rendimento,

$$\eta = F (Q),$$

podem ser traçadas num só diagrama, figura 3.18, ajustadas as escalas dos eixos verticais.

O ponto A de máximo rendimento e o ponto B de máxima potência hidráulica, estão destacados na figura referida.

Quando a bomba trabalha com seu rendimento máximo, ponto A, há prejuízo da potência hidráulica, o que significa maior consumo de energia. Quando ela trabalha nas condições de máxima potência hidráulica, há prejuízo do

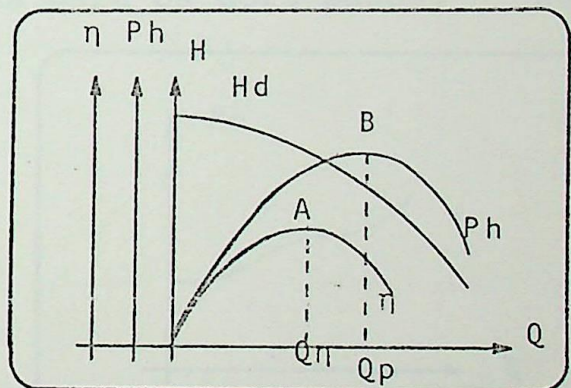


Figura 3.18 Ponto de funcionamento.

rendimento, o que significa perdas por choques, ocasionando maiores desgastes.

Estas duas posições antagônicas são minoradas em seus efeitos indesejáveis com a adoção de um PONTO DE FUNCIONAMENTO Pf, numa posição intermediária, e distribuição dos prejuízos.

As grandezas características relativas a este ponto Pf, são chamadas de GRANDEZAS CARACTERÍSTICAS NOMINAIS, Hn, Qn, Nn, etc.

3.3.5 - CURVA DO MOMENTO NO EIXO

A potência consumida por uma bomba pode ser expressa em função de :

A - vazão Q e altura de elevação H;

B - momento no eixo da bomba, Mb e velocidade angular ω .

As expressões analíticas para os dois casos, são respectivamente :

$$A - P = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H}{75\eta}$$

$$B - P = Mb \cdot \omega$$

Como o valor da velocidade angular é constante para uma determinada rotação, o valor do momento no eixo pode ser sacado das expressões anteriores:

$$Mb = K \cdot Q \cdot H,$$

onde K é um parâmetro que engloba todas outras grandezas consideradas constantes para cada condição particular.

A figura 3.19 mostra o gráfico do momento no eixo em função da vazão, Mb versus Q. O gráfico não passa pela origem. Sempre que a bomba consome potência, há um momento no eixo da bomba, como é evidente.

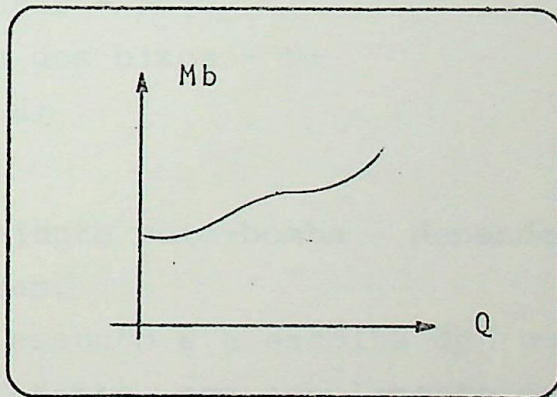


Figura 3.19 Curva do momento no eixo.

3.3.6 - CURVA DE ACOPLAMENTO

Muitas vezes, o técnico necessita escolher um motor acionador de uma bomba com determinadas características.

Esta tarefa, que a uma primeira vista parece ser muito simples, é na realidade bem complexa. São várias, as grandezas de uma e de outra máquina, que exigem condições especiais delimitadas em estreita faixa, para que o conjunto moto-bomba apresente condições ideais de funcionamento.

O rendimento do conjunto pode sofrer variações amplas, conforme for feita a escolha. O melhor rendimento do conjunto, é o objetivo que o técnico deve alcançar. Uma consulta à CURVA DE ACOPLAMENTO ajuda na solução do problema. O estudo desta curva, seu estabelecimento, seu emprego, demandam especial atenção dos técnicos.

Ela estabelece as relações entre os pares de grandezas do motor e da bomba, de mesma espécie.

Sejam as seguintes variáveis :

- A - momento no eixo do motor - M_m ;
- B - velocidade de rotação dos eixos - N ;
- C - altura de elevação - H ;
- D - vazão da bomba Q .

O rendimento ótimo do conjunto moto-bomba depende das relações entre estas grandezas.

O interesse principal do assunto é a escolha de um motor para acionar uma bomba existente, com acoplamento de eixo a eixo.

O interesse vale para qualquer tipo de motor, mas a título de exemplificação, esta exposição refere-se apenas aos motores a explosão. Na realidade, há discrepâncias entre as curvas do momento no eixo, versus rotação do mesmo.

Três gráficos são arranjados adequadamente cada um em relação aos outros dois. As grandezas referidas formam os gráficos, com as disponibilidades seguintes :

- I - gráfico do momento no eixo do motor, versus velocidade de rotação, $M_m . Nm$;
- II - gráfico do momento no eixo da bomba, versus

Os três gráficos são dispostos como mostra a figura 3.21, exemplificando o caso de apenas três velocidades do motor N_1 , N_2 e N_3 .

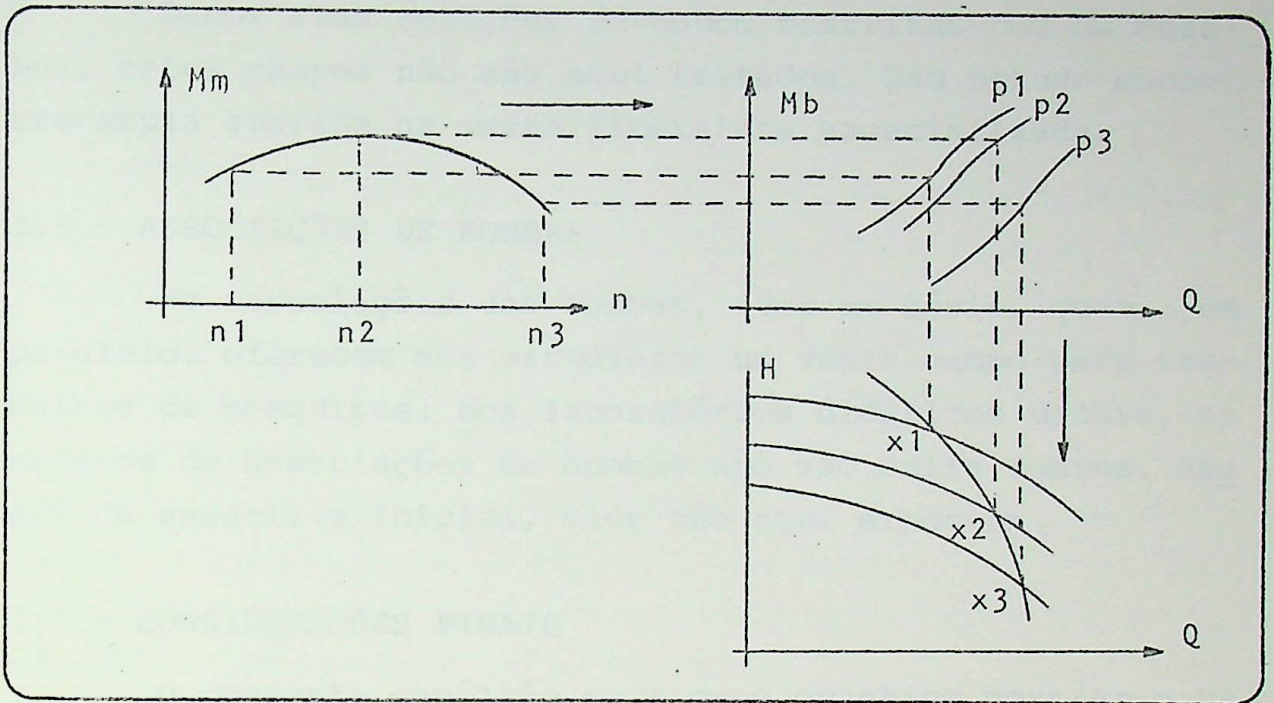


Figura 3.21 - Curva de acoplamento.

Os pontos de acoplamento são marcados nos sentidos indicados por setas.

Dados os três pontos x_1 , x_2 e x_3 , é possível programar seu traçado pelo computador. Este traçado pode ser feito por pontos ou pela equação da curva. Ao estudar, ver esta equação. No primeiro caso, sua aparência melhora a medida que é aumentada a quantidade dos pontos x_1 , x_2 , x_3 , ...

3.4 - CAMPO RELATIVO E ADIMENSIONAL

Tanto o campo relativo como o campo adimensional podem ser obtidos a partir do campo básico de funcionamento de uma bomba.

O interesse destes campos reside na possibilidade de estudos e pesquisas sobre os projetos das máquinas, utilizando modelos semelhantes e com base na teoria da semelhança.

O campo tanto serve para o estudo de uma máquina, como para o estudo de todas as máquinas mecanicamente semelhantes.

Dados suas relações um pouco restritas com os ensaios, estes campos não são aqui tratados. Seu estudo encontra ampla guarida na vasta literatura especializada.

3.5 - ASSOCIAÇÕES DE BOMBAS

As associações das bombas, quer em série, quer em paralelo, oferecem aos estudiosos um vasto campo para trabalhos de pesquisas. Nos laboratórios didáticos usuais, os ensaios de associações de bombas não são muito comuns. Apesar da assertiva inicial, eles são aqui expostos.

3.6 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente capítulo teve como objetivo mostrar o valor dos gráficos no estudo do funcionamento das bombas hidráulicas. Todos estes gráficos podem ser traçados pelo computador. Os programas para a traçagem de alguns são apresentados posteriormente.

Há gráficos cujos detalhes justificam estudos mais profundos, mas seus programas não estão anexados por desnecessários.

4.1 - MEDIR BEM PARA CONTROLAR BEM

A automatização tem por fim realizar uma tarefa básica, o comando do processo ocorrente. Esta atividade é realizada por atuação sôbre os dispositivos especiais de regulagem dos diversos aparelhos que formam o sistema básico de trabalho. Em geral, a atuação sobre um dispositivo visa corrigir os valores de alguma grandeza que se apercebeu necessários ao desenvolvimento harmônico do processo. E a medição da grandeza é que indica esta necessidade. Daí decorre a posição de destaque que as medições ocupam em processos de automatização.

Como atividade inicial a um ato de comando, a medidida necessita ser precisa no tempo, no espaço e em números, para evitar a ampliação de erros que se propagam por todo um conjunto de equipamentos.

São estas considerações iniciais que justificam a expressão MEDIR BEM PARA CONTROLAR BEM, e permitem uma complementação da afirmativa inicial para, a automatização tem por fim medir e controlar.

Medições precisas são o ponto vital da fidelidade de um ensaio. Aplicadas às grandezas envolvidas no funcionamento das máquinas, são realizadas com aparelhos especiais, os aparelhos de medidas. Princípios físicos conhecidos fornecem os elementos básicos necessários à construção destes equipamentos.

Leis quantitativas relacionam entre si quantidades relativas das variáveis envolvidas no processo, permitindo a organização de escalas graduadas. O uso posterior das escalas traduz em números os valores das quantidades referidas, por ocasião do funcionamento das máquinas. Os dados podem ser apresentados sob a forma de tabelas ou de gráficos.

A análise das tabelas ou dos gráficos permite con-

cluír sobre as condições de funcionamento da máquina em estudo. Daí a importância das medições na realização dos ensaios.

Algumas grandezas são medidas com facilidade com aparelhos muito simples, como um espaço linear. Outras grandezas são medidas diretamente por aparelhos mais complexos, como a vazão de um flúido. Em qualquer caso, uma medição precisa pode exigir aparelho de medida mais sofisticado, e muita atenção do operador.

A natureza das grandezas que devem ser medidas, depende naturalmente do tipo de trabalho a se realizar.

No caso do ensaio de uma bomba em um laboratório didático, devem ser medidas, as seguintes grandezas :

- A - altura de elevação, H;
- B - velocidade de rotação, N;
- C - vazão, Q;
- D - potência elétrica, PE.

Alguns processos industriais podem necessitar das medidas de outras grandezas, como a temperatura ou o peso específico de um líquido.

Nos bancos de ensaios de circuito fechado, uma mesma massa de água circula durante todo o tempo de duração dos trabalhos. Os choques e a turbulência podem acarretar ligeira elevação da temperatura da água circulante, após cada percurso completo. Um aumento acumulado de temperatura pode chegar até 10° C após um dia ininterrupto de trabalho, e afetar ligeiramente o comportamento da máquina. Um ensaio mais preciso deve considerar portanto mais este fator. Na realização de um ensaio tradicional de uma bomba, a temperatura da água não é considerada, porque além de um trabalho mais intenso, sua variação é em geral pequena. Em se tratando porém, de um ensaio realizado com um computador, este aumento de trabalho deixa de ter significado. Apesar disto, a variação de temperatura não é aqui considerada.

Uma das características básicas do emprego do computador para a realização de trabalho desta natureza, consis

te no fornecimento direto dos dados resultantes das medições ao computador, como está descrito na sub-seção 5.4.3, e na seção 6.3.

Como o computador aceita dados apenas quando codificados em sinais elétricos, a conversão deve ser feita.

Os aparelhos de medidas tradicionais não a realizam. Entretanto alguns podem ser adaptados para gerar os sinais aceitáveis pelo computador.

Tal adaptação pode ser aconselhável ou não, econômica ou tecnicamente.

As conveniências da adaptação de aparelhos tradicionais, ou o emprego de aparelhos desenvolvidos mais recentemente, são expostas e confrontadas ligeiramente nas seções posteriores.

De fato, recentes conquistas científicas e tecnológicas estão introduzindo no setor industrial novos aparelhos e novos métodos para as técnicas das medições. Velhas ou novas teorias, fornecem ao homem os princípios para a obtenção de eletricidade a partir das mais diversas modalidades de energia. Cumpre destacar o princípio da indução de Faraday, os fenômenos piezo, foto ou termo-elétricos.

A energia elétrica assim obtida, está relacionada quantitativamente à grandeza atuante que a produz, através de leis específicas bem conhecidas atualmente. Curvas de calibragem ou escalas graduadas marcadas no próprio aparelho, ou em outro aparelho especial, permitem a leitura direta do valor da grandeza original. Os aparelhos especiais formam os indicadores visuais.

Por outro lado, técnicas avançadas permitem a codificação da energia de saída de tais aparelhos, segundo normas desejadas. E assim são obtidos os SINAIS de comunicação, proporcionais aos valores das grandezas medidas.

Quando os sinais são fornecidos diretamente ao computador, o equipamento assim formado passa a constituir um SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE DADOS.

O estabelecimento de um tal sistema é um dos principais objetivos que aqui se tem em vista.

Ao converterem as mais variadas formas de energia

para a forma elétrica, os aparelhos desempenham a função de CONVERSORES. É com esta denominação que eles deveriam ser conhecidos. Entretanto, o termo correspondente em inglês originou a palavra TRANSDUTOR, empregada corretamente.

Apesar de recente, o emprego do transdutor nos laboratórios ou nas indústrias é altamente recomendável, desde as simples medições até o acoplamento com registradores ou controladores.

Seu funcionamento é independente de movimentos mecânicos. Isto significa sua não sujeição aos fenômenos de inércia, de atrito ou de fadiga que lhe seriam prejudiciais à precisão e à durabilidade. São muitas as credenciais que recomendam o emprego dos transdutores. Cumpre destacar a simplicidade mecânica da construção, a precisão, pequenas dimensões, o baixo custo, facilidades de instalação, de operação e de manutenção.

Os transdutores produzem sinais de formas muito variadas, conforme suas naturezas. Corrente contínua, ondas senoidais ou pulsos são as mais usuais. É claro que o computador somente aceita sinais padronizados dentro de rígidos critérios estabelecidos entre os limites ditados por sua unidade. Daí a necessidade de uma prévia preparação dos sinais, por processos ou por aparelhos especiais.

O computador portanto, recebe os sinais provenientes dos transdutores, através de um aparelho intermediário especial denominado MULTIPLEXADOR.

O objetivo do multiplexador é conseqüentemente receber e preparar os sinais dentro dos padrões estabelecidos pelo computador. E para isto ele dispõe dos necessários acessórios.

Entre as funções vitais que desempenha o multiplexador, cumpre destacar numa apresentação inicial, as seguintes :

- A - receber os sinais emitidos pelos transdutores .
Esta ação constitui a leitura das medidas das grandezas atuantes;
- B - comandar a ordem cronológica da recepção dos si-

- nais, isto é da leitura das medidas;
- C - preparar os sinais dentro dos padrões exatos exigidos pelo computador;
 - D - comandar e ordenar a emissão dos sinais já preparados para o computador.

A um conjunto de atividades desta natureza se denomina multiplexar.

Para multiplexar os sinais, o multiplexador pode usar ao mesmo tempo diversos canais de comunicação. Quando a comunicação de informações é feita através de um terminal de E / S de baixa velocidade, o multiplexador aceita o emprego de uma interface em tempo compartilhado. O dispositivo de interfaceamento permanece ligado ao canal multiplexador todo o tempo necessário para a troca das informações. Terminada uma tarefa, o dispositivo que a cumpriu pode ser desligado, enquanto que outro pode ser ligado.

Ao desempenhar todas estas funções, o multiplexador mostra o quanto são complexas as suas atividades, a ponto de merecer um estudo mais detalhado, feito posteriormente.

A escolha dos transdutores é outra atividade que demanda demorados estudos. Naturalmente ela está relacionada ao tipo da energia, ou da grandeza física que se quer medir.

Apenas a título de informação, notícias breves são dadas sobre vários aparelhos de medidas, nas próximas seções, bem como possibilidade de aproveitamento de aparelhos tradicionais para trabalhar integradamente com o computador. Finalmente são apresentados os aparelhos destinados a este tipo de trabalho.

4.2 - ALTURA DE ELEVAÇÃO

Quando relacionada a uma bomba, a nomenclatura do título desta seção é compatível. No caso das turbinas tem-se a altura de queda disponível. Em qualquer dos casos, trata-se do deslocamento vertical do fluido, que está diretamente relacionado com a potência da máquina, e por isto é uma grandeza que deve ser medida com todo o rigor possível.

A altura está referida aqui simplesmente por H, numa adaptação mais própria para as técnicas do computador. Será também a primeira leitura comandada pelo multiplexador.

4.2.1 - AS TÉCNICAS USUAIS

A medição da altura de uma coluna de água, é em geral uma operação fácil de ser realizada. As alturas pequenas podem ser medidas diretamente com uma escala graduada. Para as alturas maiores, são várias as técnicas.

Quando os níveis da água são inaccessíveis, quer a montante ou a jusante, aparelhos ou dispositivos especiais de medições devem ser usados. No campo, as medições são realizadas segundo as técnicas topográficas. Nos laboratórios as técnicas disponíveis são várias. Algumas permitem uma leitura direta dos valores das alturas. Outras apenas fornecem os elementos necessários aos cálculos baseados em princípios ou leis físicas comprovadas.

Os flutuadores providos de escalas graduadas em hastes apropriadas fornecem uma leitura direta de um nível da água, em relação a um referencial, ou fornecem elementos necessários aos cálculos dos desníveis.

Os manômetros são também dispositivos muito empregados na medição das alturas. Baseiam-se em princípios ditados pela hidráulica, através das relações entre altura, pressão e peso específico do líquido. Também os manômetros permitem uma leitura direta, ou fornecem elementos necessários ao cálculo. Dados externos podem ser necessários como velocidade da água na tubulação, se for este o caso. A parcela resultante da velocidade média VM deve ser considerada.

Alturas médias podem ser medidas por colunas de água, conduzidas em tubos de material transparente, plástico ou vidro, e que se deslocam junto às escalas graduadas. Conforme a disposição da montagem, a leitura é feita diretamente. Caso contrário, são obtidos os dados necessários aos cálculos.

Todos estes dispositivos podem ser adaptados por algum processo para fornecer informações ao computador. Entretanto, dada a existência de modernos aparelhos que desempenham tais funções com a precisão requerida, como em seguida se vê, a apresentação das adaptações referidas torna-se desnecessária.

4.2.2 - OS TRANSDUTORES PIEZOELÉTRICOS

Como seu próprio nome indica, trata-se de um aparelho para medições de pressões. Entretanto as leis físicas que relacionam pressão, velocidade e altura, Bernoulli, permitem que o sinal emitido represente diretamente a altura de elevação, após a calibração necessária do aparelho. Isto significa uma medida indireta de uma carga, ou de altura de elevação, lida diretamente.

Técnicas modernas recomendam o emprego do transdutor piezoelétrico para a medição das pressões de um fluido. Baseado no princípio de Curie, aparecimento de eletricidade nas faces de um cristal submetido a pressões, o aparelho converte pressão em sinais elétricos de fraca intensidade, o que exige o emprego de um amplificador. Conforme seu arranjo construtivo, o amplificador é montado no próprio aparelho que passa assim a constituir um único dispositivo.

A escolha de um transdutor é uma tarefa que demanda estudos cuidadosos, para a satisfação das exigências apresentadas em cada caso particular.

Aqui são especificados os transdutores fabricados pela KISTLER INSTRUMENT AG, sediada em Winterthur na Suíça. A marca dos aparelhos é KIAG, em seus diversos modelos. Esta escolha não representa um despreço a outras marcas.

O aparelho medidor é na realidade um sistema complexo de medidas constituído por um transdutor piezoelétrico, um amplificador eletrônico e os indicadores das medidas.

O transdutor é instalado no local onde se deseja medir a pressão. Os sinais elétricos obtidos são enviados a

um amplificador eletrônico, onde a tensão é amplificada entre os limites de $\pm 10,00$ V, de saída alternada e proporcional a altura atingida pelo flúido.

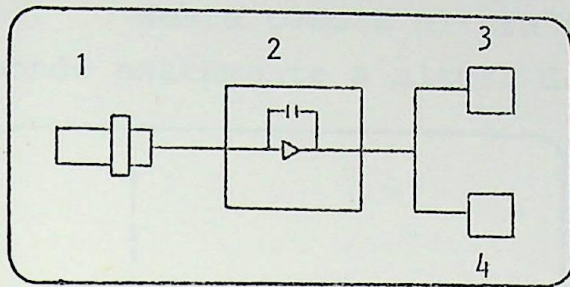


Figura 4.1 - 1.transdutor; 2.amplificador; 3.indicador; 4.computador.

O sinal assim obtido pode ser enviado a um ou mais indicadores onde as leituras são feitas diretamente, ou gravadas em fita magnética, conforme desejado. O bloco 4 da figura 4.1 representa um indicador. Para a integração do aparelho ao computador, o sinal deve ser derivado

para uma unidade de entrada, no caso um multiplexador, como mostrado na figura 4.1.

Uma primeira versão prevê a instalação de dois transdutores. Um será instalado na tubulação de recalque, para marcar a pressão positiva, e medir a altura de recalque HR. O outro será instalado na tubulação de sucção para medir a altura de sucção, HS, como está na figura 4.2.

O valor da distância HB entre os dois transdutores é fixa e pode até ser desprezada, conforme a disposição do equipamento.

A altura de elevação é a soma das alturas parciais, dada pela expressão :

$$H = HS + HB + HR.$$

Uma derivação desta modalidade prevê o emprego de

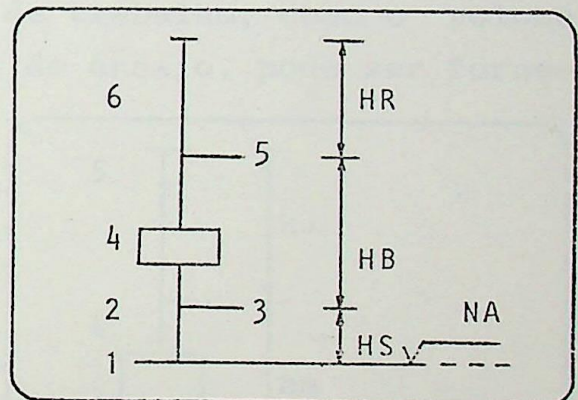


Figura 4.2- 1.reservatório; 2.tubulação de sucção; 3.transdutor piezoelétrico de baixas pressões; 4.bomba; 5.transdutor piezoelétrico para pressões positivas;6.tubulação de recalque.

um transdutor diferencial, com as tomadas de pressões instaladas nas posições correspondentes dos transdutores da versão inicial, como mostra a figura 4.3.

Neste caso a altura indicada pelo aparelho corresponde exatamente a altura de elevação H.

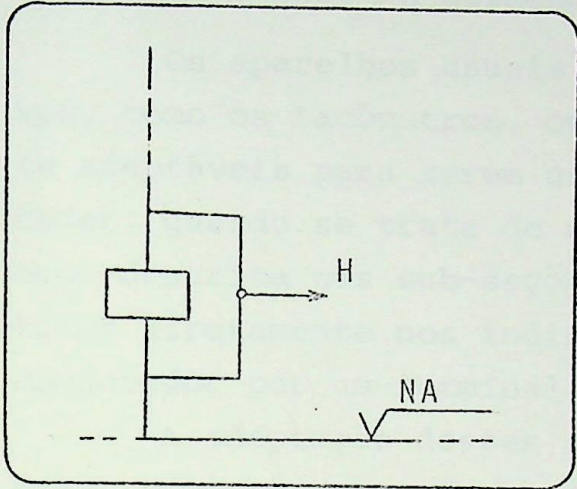


Figura 4.3. Transdutor diferencial.

de água do reservatório na hora do ensaio, pode ser fornecida ao computador, através de leitora de cartões, ou do teclado da teleprinter.

O transdutor fornecerá ao computador sua altura de jusante, HJ.

A programação deverá portanto ser preparada para realizar a adição :

$$H = HM + HJ.$$

Esta é a versão de menor custo, sendo por isto aqui prevista e considerada nos programas.

O transdutor KIAG, modelo 7.031 atende às condições exigidas para um banco de ensaio de bombas.

Embora esta foi a versão adotada, as anteriores po-

Um segundo arranjo conta apenas com um transdutor para pressões positivas, instalado numa posição a montante da bomba, figura 4.4. A altura de montante HM, pode ser medida por métodos tradicionais sendo o flutuador um dispositivo mais indicado. Esta altura, constante para certas condições de trabalho, como o volume

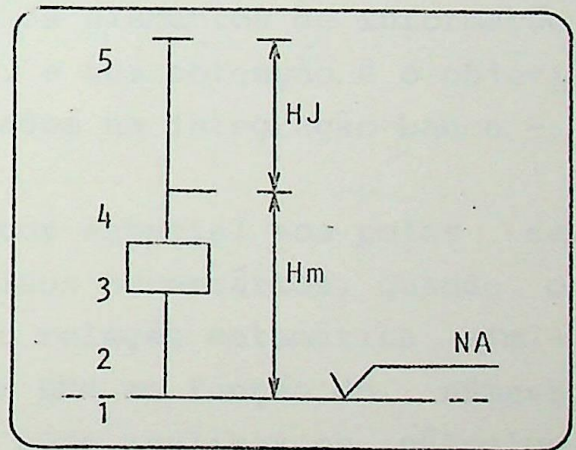


Figura 4.4- 1.reservatório ; 2.altura de montante do transdutor; 3.bomba; 4.transdutor piezoelétrico; 5.altura de recalque, HR.

dem apresentar as mesmas eficiências, e as alterações dos programas são muito simples e dispensam comentários.

No apêndice A seção 1, são encontradas informações complementares sobre o transdutor em referência.

4.3 - VELOCIDADE DE ROTAÇÃO

Os aparelhos usuais de medir as rotações dos eixos, como os tacômetros, ou os taquímetros, são facilmente adaptáveis para serem usados em trabalhos com o computador, quando se trata de uma configuração mais simples, como descrita nas sub-seções 5.4.1 e 5.4.2. Os dados são lidos diretamente nos indicadores visuais e fornecidos ao computador por um terminal de entrada comum.

A adaptação destes aparelhos para uma integração total como apresentada na sub-seção 5.4.3, é tecnicamente viável, mas não é praticamente aconselhada. A constituição mecânica dos aparelhos não são projetadas para estas alterações estruturais.

Os pulsos elétricos são os elementos de informação e de trabalho dos computadores, e sua obtenção é o objetivo dos aparelhos de medição usados na integração banco - computador.

A adaptação de um condutor especial aos polos de um gerador pode fornecer os pulsos necessários, quando o condutor passa pelos polos. Uma relação matemática simples dá a velocidade do eixo em RPM em função do número de polos. O próprio computador pode realizar os cálculos por meio de programação.

Diante porém das vantagens oferecidas pelos transdutores eletromagnéticos, estas práticas não são aconselháveis. Aparelho de simples constituição, como se vê na seção seguinte, não é suplantado em seus objetivos por nenhum outro.

A velocidade de rotação será a segunda leitura realizada pelo multiplexador, conforme está especificado nos programas.

4.3.1 - O TACÔMETRO ELETROMAGNÉTICO

Trata-se de um dispositivo que aproveita os princípios da indução para gerar os pulsos necessários ao computador. O campo indutor é produzido pelos dentes de uma roda dentada montada no eixo, e construída de um material magnético, como o aço.

Uma roda de sessenta dentes resolve o problema de relacionar velocidade em RPM e em RPS. Uma bobina produz os pulsos desejados.

A figura 4.5 esquematiza um tacômetro eletromagnético.

Há atualmente diversas fábricas que produzem este tipo de aparelho. Para a integração aqui especificada, foi escolhido o aparelho da fábrica ELECTRO PRODUCTS LABORATORIES, modelo DI-MAG 58.403, que atende perfeitamente a todas as exigências.

Um tratamento mais detalhado do aparelho, e de seus princípios de funcionamento está exposto no apêndice A, seção 2.

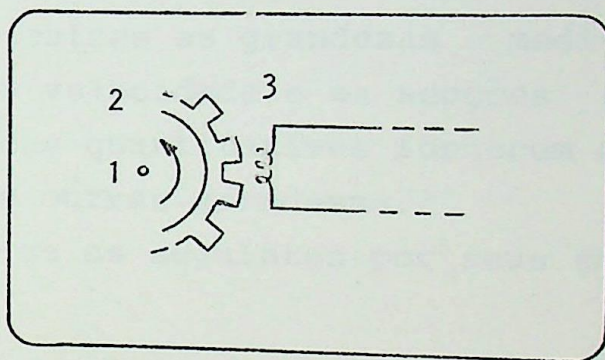


Figura 4.5- 1. eixo; 2. roda dentada; 3. bobina.

4.4 - A VAZÃO

Para a realização de um ensaio, a medição da vazão é uma das operações que merece mais cuidados, além de não ser das mais fáceis.

São vários os métodos e os dispositivos usados para se medirem as vazões. Seu desenvolvimento e seu estudo foram realizados graças aos esforços dos engenheiros hidráulicos.

Nos textos e tratados de hidráulica, todos os aparelhos e arranjos destinados a medição da vazão, são detalhadamente descritos e estudados, sendo portanto perfeitamente dispensável sua apresentação neste momento.

Apenas se discutirão ligeiramente as possibilidades e conveniências da adaptação do equipamento convencional para a sua integração ao computador. Esta adaptação pode constituir motivos de futuros trabalhos, por causa dos pontos de estudos que apresentam.

A adaptação de alguns destes dispositivos pode ser inicialmente rejeitada, tais são suas peculiaridades particulares. Estas rejeições são brevemente justificadas nas sub-seções respectivas.

Alguns processos de medições são específicos para canais abertos, outros o são para as tubulações forçadas e os há também de caráter misto.

A vazão é uma grandeza medida indiretamente. Isto significa que na realidade são outras as grandezas medidas, como o volume e o tempo, a velocidade e as secções. Relações ditadas por leis físicas quantitativas fornecem o valor da vazão, após medidas as outras grandezas.

Entre estas leis, notam-se as seguintes por seus empregos muito frequentes :

- A - Lei da continuidade;
- B - Lei da energia;
- C - Leis empírico-experimentais;
- D - Lei da condutividade elétrica das soluções salinas;
- E - Lei da indução eletromagnética.

Os fenômenos governados pelas duas últimas leis da relação acima podem causar o aparecimento de energia elétrica em quantidade e com qualidades necessárias para serem fornecidas ao computador.

A fonte desta energia é um transdutor que pode ser diretamente ligado ao computador ou pode requerer dispositivos intermediários, tais como filtros, amplificadores, ou conversores análogo / digitais.

Os dispositivos cujos funcionamentos são regidos pelas outras leis, podem também produzir energia elétrica aceitável pelo computador como códigos de comunicação, baseados em outros princípios quer mecânicos ou óticos, quer

térmicos ou elétricos.

Entre os processos e aparelhos mais usados para a medição da vazão, cumpre destacar os seguintes :

- A - Processo volumétrico;
- B - Molinete;
- C - Placa móvel;
- D - Vertedor;
- E - Venturímetro;
- F - Rotâmetro;
- G - Barbagemelata;
- H - Sensor eletromagnético.

O sensor eletromagnético foi escolhido para integrar o equipamento aqui prescrito. O termo transdutor o referenciará. Há indústrias que os fabricam em série, com qualidades comprovadas em largo emprego em todo o mundo.

Os outros equipamentos ou dispositivos podem ser adaptados a estas funções como está descrito nas sub-seções seguintes.

4.4.1 - PROCESSO VOLUMÉTRICO

É um processo mais rigoroso. Sua precisão é quase absoluta. Uma grande restrição com que depara é sua aplicabilidade apenas para as vazões pequenas, que o restringe aos laboratórios.

O volume da água vazante é medido desviando-se a corrente de água para um recipiente com capacidades calibradas por marcas indicadoras. Articulações da tubulação, ou derivações próprias facilitam o desvio rápido da corrente para o recipiente adequado. O emprego de uma balança pode facilitar esta tarefa.

A medição do tempo de duração da vazão é feita com cronômetro.

A vazão é a relação entre o volume e o tempo. O processo é preciso quando a vazão é constante.

A manuseabilidade do recipiente só é possível para pequenas capacidades, o que torna pequena a duração de cada tomada de medida.

Isto significa que as tomadas de medidas são discretas no tempo o que as torna impraticáveis para uma comunicação direta dos resultados ao computador. Em vista disto, não será descrito um método de adaptação do processo ao computador.

4.4.2 - O MOLINETE

O molinete é um aparelho que dispõe de um rotor semelhante aos rotores das turbinas hélices, livre de girar em torno de um eixo quando mergulhado numa correnteza. O aparelho funciona a vazio, ou seja, sem carga no eixo.

Para os valores de NS grande, a curva da velocidade da água é muito próxima de uma função linear, isto é, é quase uma reta. Entretanto, medidas mais precisas requerem uma curva de calibragem. O aparelho mede a velocidade da corrente flúida, no ponto em que se encontra instalado.

Outra medida necessária, é a da secção transversal S. Um referencial euleriano indica que esta secção é fixa.

A lei da continuidade permite o cálculo da vazão.

O interesse pelo método está portanto no aproveitamento das rotações do eixo para a produção de sinais elétricos.

Um sistema eletromecânico pode converter rotações em sinais elétricos compatíveis com o sistema de aquisição de dados, e o problema parece resolvido.

Entretanto, algumas considerações são necessárias, como a precisão dos valores da velocidade média VM. A velocidade média é a média aritmética das velocidades existentes nos vários pontos da secção S, onde o aparelho é colocado. Quanto maior for o número destes pontos, melhor é a precisão da medida da velocidade média.

Quando se trata da medição da vazão de um curso de água pelos métodos tradicionais, a disponibilidade de um único aparelho é plausível. Quando porém, se trata da realização do cálculo via computador, não o é, porque as condições de funcionamento dos aparelhos os tornam incompatíveis.

A mediçãõ de vazões nos laboratõrios nãõ ẽ feita com molinetes, o que excluiria de inĩcio a inclusãõ destas considerações aqui. Entretanto o assunto merece ser tratado com mais cuidado, quando se trata da mediçãõ da vazãõ de um curso de ẽgua natural, como um rio.

A montagem de uma bateria contendo vãrios molinetes instalados em pontos prõprios de uma estrutura, ẽ possĩvel. Um minicomputador portãtil, com dimensões reduzidas, dispondo de uma programaçãõ especial para processar os dados oriundos dos vãrios molinetes, ẽ perfeitamente viãvel. Uma integraçãõ destes equipamentos permite uma mediçãõ rãpida e com precisãõ satisfatõria das vazões dos rios. Tendo em vista o seu significado econõmico, um estudo desta natureza ẽ altamente recomendãvel.

Para as medições de vazões em laboratõrios, hã uma soluçãõ tẽcnica que aproveita os mesmos princĩpios do funcionamento dos molinetes.

A empresa FOXBORD, de Massachurets, Estados Unidos, fabrica toda uma gama de aparelhos industriais e cientĩficos para medições em geral e controle de processos. Um dos aparelhos que desenvolveu e que fabrica ẽ um medidor digital de vazãõ em condutos forçados, que aproveita os princĩpios referidos. De caracterĩsticas muito simples, confira a bibliografia, o aparelho apresenta todas as condições necessãrias para sua conexãõ ao computador. Suas pãs emitem pulsos, quando passam por um contato, que satisfazem todas as exigẽncias necessãrias ao acoplamento. Sua calibraçãõ ẽ relativamente fãcil, e estudos para seu emprego sãõ aconselhãveis.

4.4.3 - O MÈTODU DA PLACA MÕVEL

A imprecisãõ do cãlculo da vazãõ com o emprego da lei da continuidade tem sua origem nas medições imperfeitas da velocidade mẽdia do fluxo. Dependendo de vãrios fatores como a diferença de pressãõ em condutos fechados, do estado das superfĩcies dos canais, da viscosidade, e outros fenõmenos, a velocidade pode apresentar diferenças acentuadas en-

tre pontos relativamente próximos e situados numa mesma secção transversal conhecida.

O método da placa móvel procura suprir esta deficiência forçando uma velocidade média constante de uma secção plana normal ao escoamento. A aplicação do método só é possível quando se dispõe de um canal de eixo retilíneo, com uma secção uniforme ao longo de todo seu comprimento, e com certa inclinação capaz de sustentar o movimento uniforme da água durante todo o percurso estabelecido em projeto.

Uma estrutura própria é livre para mover-se ao longo de todo um trecho determinado, sobre trilhos instalados nas laterais do canal. Esta estrutura sustenta uma placa que se adapta a secção do canal e a obstrui o quanto for possível.

A placa é introduzida no canal por rotação em torno de um eixo existente na estrutura.

Estações de medições são instaladas ao longo do percurso.

As grandezas medidas são as distâncias que separam as estações de medições e os tempos que a placa gasta para percorrê-las.

A velocidade é medida indiretamente.

É claro que influências negativas diversas como a inércia ou o atrito são consideradas e devidamente descontadas.

O método utiliza ainda um referencial euleriano, embora a mobilidade da placa sugira um sistema lagrangeano de referências.

Este método é um dos mais rigorosos que há. Acresça-se-lhe ainda a capacidade de poder medir vazões de até vinte metros cúbicos por segundo. Um de seus usos mais comuns é na calibragem de outros dispositivos de medições. Para trabalhos usuais, quer nos laboratórios ou no campo, ele é pouco empregado, devido às suas características construtivas bastante complexas e de custo elevado.

Nas estações de medições podem ser instalados dispositivos sinalizadores compatíveis com os periféricos de entrada dos computadores. Os sinais emitidos podem ser de

natureza ótica ou elétrica conforme os dispositivos que os emitem.

O equipamento torna-se impróprio para medir velocidades variáveis, bem como para realização de séries de medidas contínuas. A lentidão do processo, as operações necessárias à tomada de cada medida desaconselham seu emprego com o computador. Acresçam-se ainda a difícil realização, ou até mesmo a total impossibilidade, dos ensaios dinâmicos, e as condições discretas dos sinais emitidos, próprias apenas para os ensaios estacionários.

4.4.4 - OS VERTEDORES

A teoria e a prática do emprego dos vertedores nas medições da vazão, encontram explicações amplas nos cursos de hidráulica. Há um bom número de fórmulas empíricas, cada uma delas com suas vantagens e suas restrições, que oferecem as bases quantitativas para o cálculo da vazão através dos vertedores.

O dispositivo pode ser construído de várias formas que constituem distintas variações dos canais abertos.

Os vertedores são largamente empregados nos trabalhos de laboratórios e de campo. Em geral são usados também nos bancos de ensaios, onde encontram poucas restrições. Um vertedor de calibração local pode oferecer resultados bastante precisos.

Os valores das medidas podem ser convertidos em sinais elétricos aceitáveis pelo computador, partindo de alguns princípios físicos relacionados com a altura da lâmina de água. Os sinais podem ser de naturezas diversas como contínuas ou discretas; analógicas ou digitais, conforme as especificações dos projetos. Suas características básicas são as proporcionalidades que guardam com os valores da vazão medida.

A conversão em sinais é realizada por dispositivos especiais, cujos fundamentos são princípios mecânicos, óticos ou elétricos. A indústria já desenvolveu flutuadores capazes de satisfazerem exigências mais variadas.

Os fabricados pela FOXBORD são capazes de atenderem a uma variada gama de sinais de saída como são requeridos por diversas modalidades de aparelhos.

São recomendados para a modernização de laboratórios tradicionais, inclusive o uso do computador.

4.4.5 - O VENTURÍMETRO

O engenheiro americano Clemens Herschel seu inventor, assim o denominou em homenagem a VENTURI, cientista que formulou em bases teóricas os princípios de funcionamento do aparelho. É o resultado de uma aplicação da equação da energia, e é empregado nas medições de descarga em tubulações forçadas.

As propriedades construtivas do aparelho podem ser pesquisadas em diversas modalidades para adaptações aos periféricos de entrada dos computadores. Os tubos piezométricos instalados na entrada e na cintura do aparelho, podem ser adaptadas para a emissão de sinais elétricos.

As alturas que a carga atinge são o fator de conversão.

Um canal de entrada próprio para leituras diferenciais, e instalado no multiplexador, pode receber os sinais emitidos das alturas piezométricas, e convertê-los em sinais de comunicações inteligíveis e aceitáveis pelo computador.

Um manômetro diferencial, tubo em U, com coluna de mercúrio, é um dispositivo que pode também ser graduado e adaptado para o exercício destas funções. A industrialização de um aparelho com estas características não oferece interesses comerciais. Ele não é encontrado no mercado, mas é projetado e construído por ocasião do projeto e da construção das obras gerais que os empregam.

Entre as várias vantagens oferecidas pelo venturímetro, cumpre destacar :

A - não causa estrangulamento brusco na corrente líquida;

B - o alargamento de saída recupera parcialmente a

- carga perdida no estreitamento da entrada;
- C - a precisão da medida é muito boa;
- D - pode ser empregado para altas velocidades;
- E - é pouco sujeito às obstruções.

Por estas e outras razões, as iniciativas que visam a adaptação do aparelho para ser conectado diretamente a um computador, são altamente recomendáveis.

4.4.6 - O ROTÂMETRO

O rotâmetro é um aparelho medidor de vazão cujos princípios de funcionamento estão apoiados na lei da continuidade. Uma área variável para escoamento, é obtida em um segmento de tubulação de forma tronco-cônica e instalado em posição vertical. A base menor é a inferior. O aparelho é construído de material transparente.

Um flutuador move-se livremente no interior do segmento tronco-cônico, guiado por uma haste coaxial com o aparelho. Ele é construído de um material de densidade maior que a do líquido cuja vazão se deseja medir.

O sentido de escoamento do fluxo é de baixo para cima. Em sua passagem pelo tubo tronco-cônico, o líquido impulsiona o flutuador para cima, aumentando sua área de passagem. O flutuador estaciona-se quando há equilíbrio dinâmico entre os impulsos que o acionam. Esta posição de estacionamento indica o valor da vazão sobre uma escala graduada gravada sobre o tubo. O valor da vazão pode ser lido direta e instantaneamente. O aparelho está esquematizado na figura 4.6.

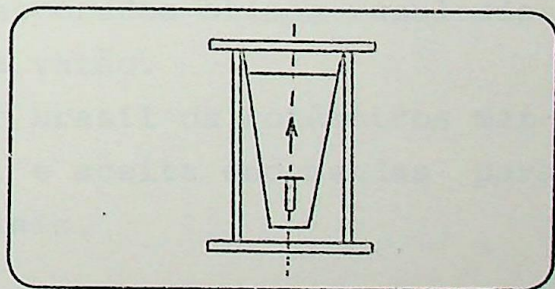


Figura 4.6 - Rotâmetro.

Quando o rotâmetro é instalado numa tubulação para medir-lhe a vazão, todo o fluido vazante passa através do aparelho que por ser pequeno, limita para pequenos valores sua capacidade de medição.

A instalação do aparelho em uma linha derivada da tubulação principal, " by pass " permite as medições de vazões maiores. Um sistema de registros isola o aparelho nas horas em que as medições não são necessárias.

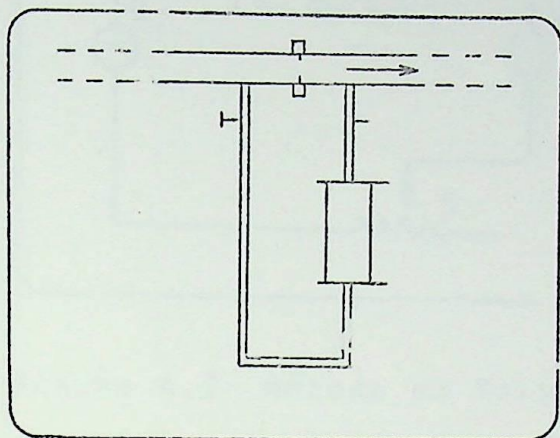


Figura 4.7 - Rotâmetro instalado em derivação.

esquema da montagem descrita.

Os rotâmetros medem vazão de líquidos e de gases com uma precisão relativamente boa.

O aparelho pode ser adaptado, ou especialmente fabricado para produzir sinais elétricos aceitáveis pelo computador. Nestas condições, são esperados ótimos resultados para a realização das medidas da vazão.

A empresa OMEL fabrica no Brasil os rotâmetros marca LANDA em escalas industriais, e aceita encomendas para a fabricação de aparelhos especiais.

4.4.7 - O MÉTODO DE BARBAGELATA

É um método para a medição das vazões dos canais abertos em laboratórios. Utiliza a variação da condutibilidade elétrica da água em função da concentração salina que contém.

Se o método for utilizado no campo, o que não se recomenda, a precisão dos resultados fica em torno de 5%.

A figura 4.8 mostra a disposição esquemática dos e-

mentos necessários às medições.

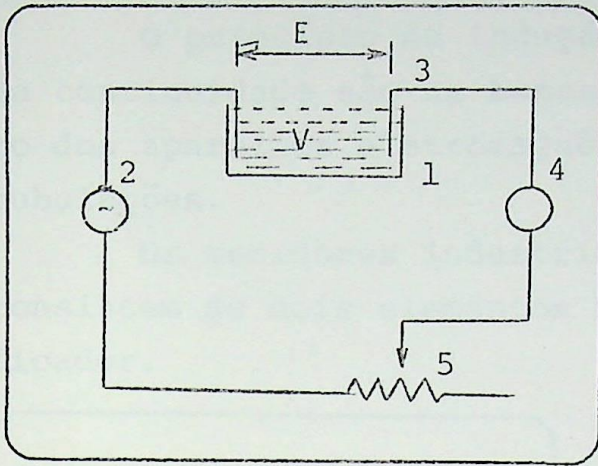


Figura 4.8- Método de Barbagelata.

1. canal em corrente transversal ;
2. fonte de corrente alternada;
3. eletrodos; 4. dispositivo de medição; 5. resistor variável.

processo. A forma geral desta curva pode ser vista na figura 4.9.

A corrente originada dos eletrodos pode ser fornecida ao computador após um preparo que pode consistir em amplificação, filtração e conversão análogo-digital. Não são conhecidas ainda aplicações deste tipo bem como recomendações para que seus estudos iniciais sejam feitos.

As características do equipamento talvez não os recomendam.

Um circuito elétrico formado por dois eletrodos em forma de placas, é mergulhado no fluxo de água. Uma fonte produz a corrente necessária para atravessar o circuito, em quantidades proporcionais a quantidade de água que passa entre os eletrodos. Para evitar fenômenos devido a eletrólise, a corrente deve ser alternada.

Os valores da corrente lidos nos aparelhos indicados variam com a vazão.

Uma curva de calibração deve ser construída experimentalmente após a realização de várias medidas das grandezas envolvidas no

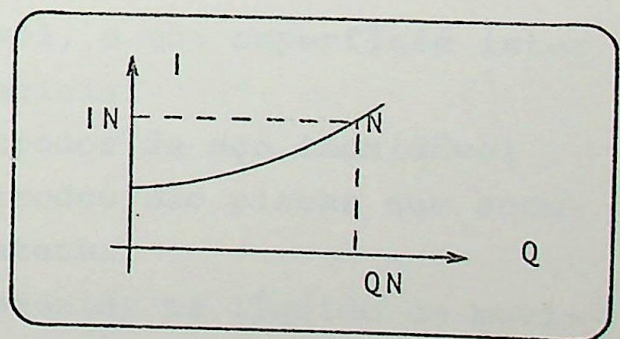


Figura 4.9 - Curva de calibração para o método de Barbagelata.

4.4.8 - O MEDIDOR ELETROMAGNÉTICO

O princípio da indução elétrica de Faraday e a lei da continuidade são as bases de apoio para o funcionamento dos aparelhos eletromagnéticos de medição da vazão em tubulações.

Os medidores industriais encontrados no comércio consistem de dois elementos básicos, o detector e o amplificador.

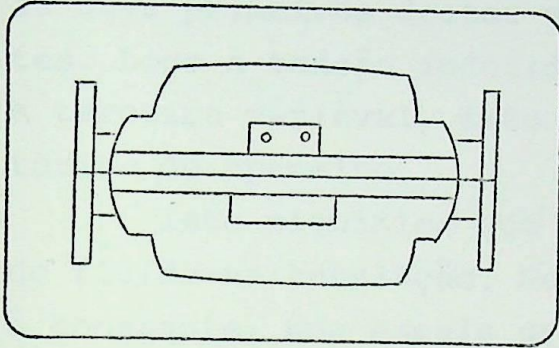


Figura 4.10- Detetor eletromagnético.

O detetor está instalado em um segmento de tubo com flanges nas pontas para a intercalação nos tubos da rede cuja vazão se deseja medir.

A figura 4.10 mostra uma vista do detetor, sua denominação usual.

Os diâmetros internos do aparelho e da tubulação coincidem. Sua superfície interna é lisa, e não há em seu interior dispositivos estranguladores do fluxo. Logo não há perdas resultantes da instalação do aparelho, fato este que muito o recomenda.

O tubo é de aço inoxidável, e sua superfície interna é isolada por materiais especiais.

Um eletroímã e dois elétrodos de aço inoxidável são instalados no tubo. Os elétrodos são placas que acompanham a forma da superfície interna.

Um potencial elétrico induzido no líquido em movimento é capaz de induzir por sua vez energia elétrica nos elétrodos. Esta energia é conduzida ao amplificador onde recebe o tratamento necessário ao seu envio para o computador.

A resistência específica do líquido pode variar de $0,0 \text{ K}\Omega / \text{cm}$ até $10,0 \text{ K}\Omega / \text{cm}$ sem afetar os resultados das medidas.

O princípio de Faraday diz que uma força eletromo-

triz é induzida num condutor elétrico quando ele se movimenta em um campo magnético. A tensão da força induzida é proporcional :

- A - a intensidade do campo magnético;
- B - ao comprimento do condutor no campo;
- C - a velocidade com que o condutor corta normalmente as linhas de fluxo.

O detetor eletromagnético é projetado de modo que as duas primeiras destas variáveis sejam tornadas constantes. Logo a tensão induzida fica diretamente proporcional a terceira variável, isto é, a velocidade do fluido no interior do aparelho.

Isto significa que o aparelho mede a velocidade do fluido na tubulação. Como a secção transversal da rede é constante, uma escala graduada pode ser marcada num indicador, com base na equação da continuidade. As leituras das medidas da vazão podem ser feitas diretamente em indicadores visuais analógicos ou digitais com precisão de até 0,5 %.

A escala pode ser graduada para l/s, l/h, ton/h ou outros valores desejados. O aparelho é portanto um integrador.

O segundo elemento básico do aparelho é o amplificador eletrônico. Ele recebe os sinais em forma alternada, elimina as perturbações e os ruídos através dos filtros especiais que possui e amplifica a tensão de medição para uma das faixas de que dispõe.

A gama da primeira faixa varia de 0,0 MV até 1,0 MV. A segunda varia de 0,0 MV até 10,0 MV.

Conforme a resistência que se aplica a esta tensão, ela é convertida em corrente de saída, que é proporcional a vazão dentro das duas faixas correspondentes.

A primeira faixa pode em geral marcar os valores de 4,0 MA até 20,0 MA e a segunda de 10,0 MA até 50,0 MA.

Quando necessário, a corrente de saída é contínua. Nesta condição ela pode acionar alguns aparelhos específicos, como um traçador de gráficos, um controlador de vá-

vulas ou contadores digitais.

Entre as empresas industriais que fabricam medidores destacam-se a FOXBORO e a RFMAG. Os aparelhos MAGNETO FLOW que produzem, servem para diversos fins e cobrem uma ampla faixa de capacidades.

O detetor aqui especificado é da FOXBORO, modelo 696 A, da série 2.800.

Sua conexão ao computador é feita por cabos especiais, através do multiplexador, onde conta com um canal de acesso próprio. Consultar o apêndice A seção 3 para outras informações.

4.5.- A POTÊNCIA ELÉTRICA

Atualmente medir potência elétrica é relativamente fácil, dadas as modalidades de potenciômetros existentes. Quando porém, se tratam de aparelhos acopláveis ao computador, a situação se modifica, guardadas as reservas devidas ao desenvolvimento tecnológico dos últimos dias.

O motor acionador da bomba é alimentado por uma tensão constante. Logo, medir a potência significa medir a corrente, que é a variável do sistema.

Os dispositivos para a medição da potência são transformadores de corrente. O mais elementar deles é constituído por uma bobina enrolada em torno do condutor elétrico que alimenta o motor. A calibragem do aparelho é relativamente simples. Em primeiro lugar mede-se a corrente de saída para uma só espira quando a demanda é máxima. O número de espiras dependerá do valor máximo de saída desejável.

Quando a alimentação é trifásica necessita-se estabelecer o equilíbrio do sistema de medições, aplicando-se condições idênticas para os demais condutores.

4.5.1 - DISPOSITIVOS DE MEDIÇÕES

A GE fabrica potenciômetros para fins industriais e que parecem capazes de atender às exigências necessárias a uma integração ao computador.

Estas exigências referem-se à natureza da corrente, que pode ser contínua ou alternada, ao número de fases, ou ao tipo dos sinais de saída, corrente ou tensão.

Em verdade, a potência é medida por meio de transformadores de corrente, ou transformadores especiais de potência. As saídas destes transformadores, secundários, fornecem os sinais mensuráveis, e alimentam um transdutor especial fabricado pela própria GE, denominado "Watt Transducer", modelo 4.701.

O aparelho conta ainda com transmissores e receptores telemétricos especiais de emprego optativo, para o uso de registradores de potência ou indicadores visuais.

Enquanto estes permitem uma leitura direta do valor da potência de alimentação, aqueles fornecem registros contínuos.

Os sinais emitidos pelo "Watt Transducer" 4.701, ou transdutor, para os registradores, são compatíveis com as exigências do computador. Por esta razão, o aparelho é aqui indicado. A conexão é feita por uma derivação, figura 4.11.

Os limites da corrente e da tensão para entrada no transdutor são respectivamente 0,5 A e 128 V. Valores diferentes que ultrapassam estes limites demandam transformadores abaixadores. A GE já dispõe de variada gama de transformadores com esta finalidade, conforme anuncia em seus catálogos.

A corrente de saída do transdutor é de 1,0 MA para

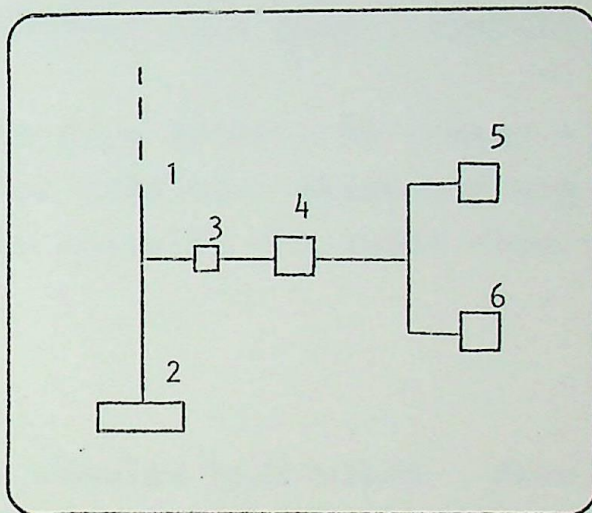


Figura 4.11- Esquema para as medições da potência.

1. linha de alimentação; 2. motor elétrico; 3. transformador; 4. transdutor 4.701; 5. registrador; 6. computador.

50 Watts de entrada. Esta corrente pode ser convertida em tensão por um resistor de queda. Os milivolts obtidos são proporcionais à potência medida, e o computador assim os interpreta.

Indicadores visuais de potência, e integradores podem ser usados no sistema de medição da potência, dando ao operador condições de observar o desenvolvimento do ensaio, ou dando condições de realizar um ensaio em condições normais, dispensando o uso do computador.

Esta integração prevê os dispositivos preparadores dos sinais, amplificadores e filtros, tais como o computador exige.

A indicação aqui prevista fica sujeita às contra-indicações ditadas por resultados práticos, desde que ainda não se conhecem aplicações do aparelho com estes objetivos.

4.6 - OUTRAS GRANDEZAS

O ensaio rigoroso de uma máquina hidráulica deve prever a medição de outras grandezas, sendo que a temperatura merece um destaque especial, porque o peso específico da água varia com ela. O computador calcula por programação o referido peso específico desde que a temperatura lhe seja fornecida por um transdutor próprio.

A maioria dos complexos industriais necessita de um controle de temperatura no desenrolar de suas atividades. Cumpre citar a indústria petroquímica em geral, a siderurgia, a indústria do vidro ou as cerâmicas.

Por outro lado, o funcionamento das máquinas térmicas, motores ou turbinas, está intimamente relacionado com a medição e o controle da temperatura.

Estas afirmações evidenciam a importância e a necessidade de sua medida.

Dois são os princípios físicos nos quais a técnica se apoia para construir os transdutores, a variação da resistividade de um material em função da temperatura, e a produção de eletricidade pelo aquecimento de uma junção de dois materiais distintos. Os dispositivos são os termo

lementos e os termopares.

Há firmas que fabricam estes equipamentos com as especificações próprias para um acoplamento ao computador .
Cumpre destacar a SATCHWEL da Inglaterra, a UNITED ELETRIC CONTROL dos Estados Unidos e a HITACHI do Japão.

Outra característica destes aparelhos é sua capacidade de controlar temperaturas através de dispositivos próprios que os acompanham.

O ensaio de uma máquina hidráulica em um laboratório de finalidade didáticas, não considera a medida de temperatura da água, como uma variável capaz de afetar com profundidade os resultados. Por esta razão, a integração de um aparelho destes não é aqui prevista.

Integrar um computador a um banco de ensaio, significa conectar eletricamente estes dois equipamentos dentro de certas condições que permitam ao primeiro desempenhar uma série de atividades até aqui atribuídas ao homem, nos seus trabalhos com o segundo.

A tarefa não é fácil. A escolha de equipamentos perante uma oferta muito restrita e quase sem opções envolve amplo trabalho de pesquisas. O desenvolvimento de aparelhos especiais, muitas vezes necessários, demanda estudos profundos e demorados.

Os objetivos do presente trabalho são apontar soluções para estes problemas e estabelecer uma programação parcial para o equipamento adotado, capaz de desenvolver automaticamente muitas atribuições até então afetas ao homem.

5.1 - DO ENSAIO TRADICIONAL AO ENSAIO CONTROLADO

Ensaio tradicional é aquele que emprega as técnicas comprovadamente capazes de fornecer resultados satisfatórios das condições de funcionamento das máquinas.

Esta técnica é adaptada a cada tipo de máquina após cuidadosos estudos de seu funcionamento e de suas características. Geralmente o ensaio consiste em três etapas distintas, a medição das grandezas envolvidas no funcionamento da máquina, realização de cálculos e finalmente a interpretação dos resultados.

Os valores das medidas indicados pelos aparelhos são lidos em geral diretamente e a olho desarmado pelo técnico ou pelo cientista. Casos especiais de leituras por instrumentos também ocorrem. Os resultados das leituras são lançados em fichas próprias, cujas formas variam de acordo com a modalidade do ensaio e com os recursos do laboratório.

ratório.

Os cálculos são processados por via comuns, manuais ou mecânicas e seus resultados são ordenados em tabelas ou representados em gráficos para facilitar-lhes a interpretação.

Esta interpretação significa o coroamento dos trabalhos. Deve ser feita por pessoas treinadas e capacitadas para esta tarefa. Ela envolve não apenas uma larga dose de conhecimento específico, mas também exige tomadas de decisões de grandes responsabilidades, ditadas por interpretações analíticas.

A realização das duas primeiras etapas, em geral realizadas por técnicos treinados, torna-se uma atividade rotineira e enfadonha.

O trabalho do engenheiro ou do cientista não encontra nestas tarefas um estímulo intelectual agradável, dignificante de sua sede de novos conhecimentos. Elas são tarefas repetitivas.

O homem sempre procurou o aperfeiçoamento de aparelhos que o substituam na realização destas tarefas, ou que o livram dos cálculos cansativos. A criação e o desenvolvimento do computador é o coroamento desta busca. Máquina fantástica, capaz de substituir o homem nestas tarefas, é o símbolo do desenvolvimento de uma época.

A terceira etapa, por suas características vistas linhas atrás, continua uma atribuição da inteligência humana, que valoriza e dignifica.

5.2 - DESENVOLVE-SE O COMPUTADOR

Dos sulcos cavados nas areias por primitivos mercadores dos desertos ao computador eletrônico de Von Newmam, as máquinas de calcular descreveram no tempo uma trajetória brilhante.

Do ábaco oriental até a régua de cálculos de Oughtred, há um passo. Da máquina de Pascal, passando pela calculadora de Colmar, as máquinas mecânicas chegam aos projetos da máquina analítica de Babbage, computador mecânico precursor das modernas máquinas eletrônicas. Os trabalhos

de Aiken resultam no computador eletromecânico. Os esforços de Eckert, de Von Newman e de Mandslay culminam nos computadores eletrônicos a válvula, com todas as características básicas dos equipamentos atuais de alta sofisticação. São os computadores de primeira geração. As gerações seguintes atingem a mais elevada conquista intelectual do homem. Capazes de efetuarem uma simples operação aritmética, mostram o alto grau do trabalho que realizam na conquista da lua.

5.3 - O COMPUTADOR E O ENSAIO

É natural que ante realizações tão prodigiosas, pensasse o homem no emprego do computador para o controle dos processos industriais, bem como outras atividades correlatas, cujo exemplo mais característico é o comando de um banco de ensaios das máquinas hidráulicas.

E de fato ele pensou. Não só pensou, mas agiu e ainda age no sentido desta realização, cujos primeiros frutos já são conhecidos.

5.4 - A INTEGRAÇÃO BANCO - COMPUTADOR

O computador pode ser tomado como a síntese da capacidade criativa do homem.

Seu vasto campo de aplicações, sua velocidade, precisão de seus trabalhos o credenciam às tarefas mais complexas, ou às mais sutis.

Nos laboratórios seus trabalhos são fecundos. Simples adaptações de equipamentos e de programas o integram aos mais variados bancos de provas ou aparelhos de testes. Equipamentos e terminais de teleprocessamento, necessariamente distribuídos aos pontos úteis dos laboratórios, representam sua completa automatização. Uma configuração assim, constitui-se num dos objetivos das universidades nacionais.

O aperfeiçoamento dos aparelhos, a precisão das medidas, no espaço, no tempo, na linguagem, o nível alto do trabalho intelectual, a rapidez, a perfeição, clamam pela automatização dos trabalhos de laboratórios.

Os dispositivos eletro-mecânicos, e os eletrônicos

mais ainda, permitem uma solução mais rápida dos problemas, das equações, dos cálculos complexos e demorados.

É verdade que o computador não é capaz de iniciativas próprias nem dispõe do privilégio da criatividade, e não possui o poder do discernimento que caracteriza o cérebro humano. Aí reside a impossibilidade da concorrência da máquina ao homem, impedindo a suplantação do criador pela criatura.

Ele realiza operações e toma decisões programadas pelo homem com rapidez, com perfeição.

Sua cega obediência ao programa, caracteriza um automatismo eminentemente passivo, enquanto que o controle a retroação permite o ajustamento da variável controladora como função da variável controlada. A conjugação das duas modalidades resultam num sistema com alto grau de automatismo.

O computador processa as informações que recebe quando dispõe de um roteiro de procedimentos para processá-las.

Ele desempenha com igual eficiência o comando das máquinas operatrizes e o comando dos processos.

A primeira destas atividades já se encontra em elevado grau de desenvolvimento e conta farta literatura técnica.

As frezadoras, os tornos, as furadeiras dotadas do comando numérico desempenham suas atividades controladas por programas escritos em linguagens automáticas, com a mais alta precisão.

Suas atividades são desenvolvidas no sistema de malha aberta. Embora o comando numérico ofereça fecundo campo às divagações técnicas e até mesmo científicas, não constitui ele um dos objetivos aqui tratados.

A integração do computador a um processo, quer industrial, quer didático, ou científico, pode ser distribuída em três estágios perfeitamente delimitados, não mencionadas as ramificações secundárias ou posições intermediárias, que podem ser tratadas como verdadeiros sub-sistemas.

Cada um destes estágios, inicialmente cingido as condições cronológicas, agora o são às condições técnicas ou econômicas.

Um sucinto tratamento expositivo de cada estágio é

apresentado a seguir, com o objetivo único de tratamento se quencial, sob a forma de configurações.

5.4.1 - CONFIGURAÇÃO 1

Esta primeira configuração do computador ao processo não representa uma integração física direta entre ambos. O elemento humano é indispensável, como um elo de ligação entre o equipamento do processo e os periféricos do computador. O fator tempo não é elemento essencial a integração. O laboratório não necessita sofrer adaptações e passar de suas formas clássicas às automatizadas. Os dados são colhidos pelos métodos tradicionais durante a realização do ensaio, e passados para um veículo de comunicação do computador, co mo fita perfurada ou cartão.

O processamento pode ser realizado em qualquer tempo, quer logo após o ensaio, quer posteriormente. O diagrama se guinte, figura 5.1, ilustra graficamente esta configuração.

O computador está desvinculado fisicamente do proce so, como mostra a figura.

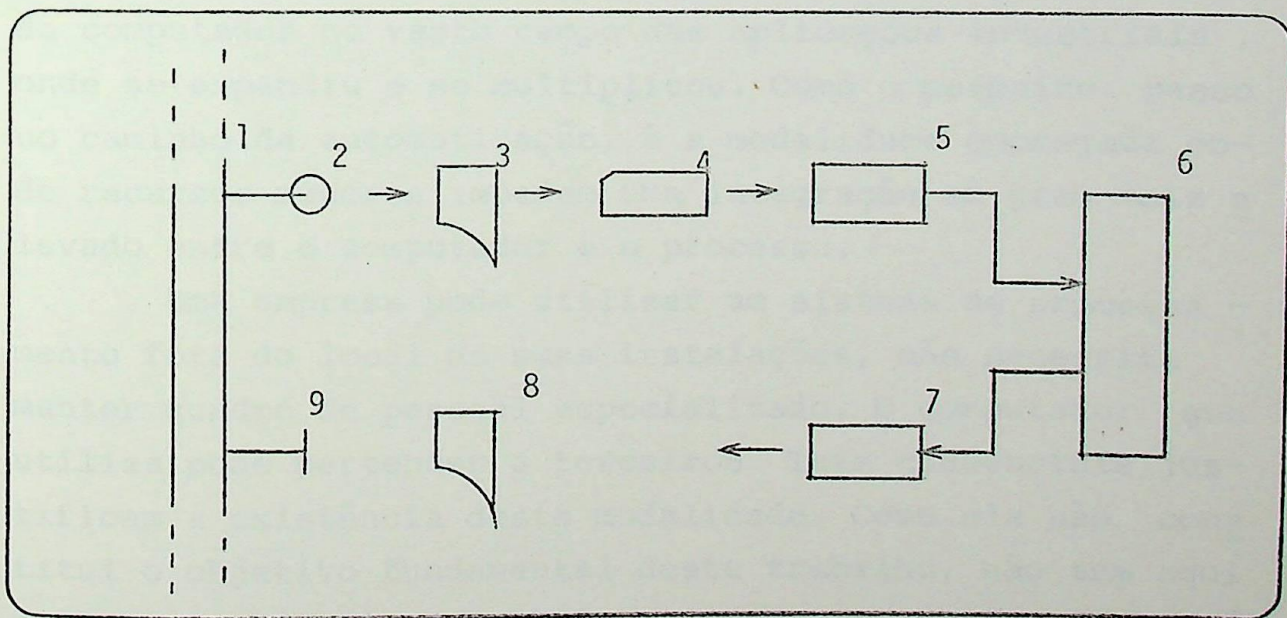


Figura 5.1- Integração desvinculada

1. processo; 2. indicadores visuais; 3. tabela de dados; 4. veículo de entrada - cartão de dados; 5. unidade de entrada; 6. processador central; 7. unidade de saída; 8. relatório de resultados; 9. controle do processo.

O processamento é sequencial. As informações, constituídas do programa e dos dados, são fornecidas sequencialmente ao computador em lotes, via veículos de entradas.

Como não há interligação física do computador ao processo, fica impedido o controle automático daquele sobre este.

O comando e a regulagem do processo podem depender, e geralmente dependem, dos resultados do processamento, mas são realizados manualmente pelo operador através dos dispositivos clássicos, representados pelo bloco 9 da figura 5.1.

Tanto nesta opção, como em outras, o processamento é feito a programa. O processo é conduzido com o objetivo de uma otimização das grandezas físicas reguláveis, quer de entrada, quer de saída. E de fato é este o objetivo do emprego do computador.

Atualmente os avanços científicos e tecnológicos representam mais valor cronológico que eficiência, apesar da sofisticação apresentada pelos computadores. Todavia, esta configuração marcou dentro de limites, a introdução do computador no vasto campo das aplicações industriais, onde se expandiu e se multiplicou. Como o primeiro passo no caminho da automatização, é a modalidade empregada onde recursos menores impedem uma integração em grau mais e levado entre o computador e o processo.

Uma empresa pode utilizar um sistema de processamento fora do local de suas instalações, não necessita manter quadro de pessoal especializado. O computador que utiliza pode pertencer a terceiros. Tais credenciais justificam a existência desta modalidade. Como ela não constitui o objetivo fundamental deste trabalho, não tem aqui um tratamento mais detalhado.

Todavia o programa apresentado com maiores detalhes na seção 9.8 e cuja listagem se encontra na seção 9.9 exemplifica estas afirmações.

5.4.2 - CONFIGURAÇÃO 2

Esta configuração não representa um grande passo no sentido da automatização, quando comparada às outras, que lhe antecedem ou lhe seguem. O elemento humano ainda exerce funções intermediárias entre o computador e o processo. Todavia, algumas funções intermediárias, como a perfuração, são eliminadas.

Após sua leitura em instrumento indicador visual, cada dado é enviado ao processador central por vias de teleprocessamento. Os resultados obtidos são devolvidos a seção de controle do processo, e servem agora como elementos de informações para o controle geral do equipamento.

Um teclado substitui a leitora de cartões, como o indica o esquema, figura 5.2 abaixo.

Não é necessária a presença do computador junto aos comandos do processo. Quando junto, ou próximo, as comunicações são realizadas via cabos. As distâncias maiores, exigem cabos especiais cuja blindagem impedem ou neutralizam distorções dos sinais, ou ruídos. As distâncias longas são transportadas por vias telefônicas ou equipamentos radiotelégrafos.

O computador serve agora diretamente a entidade que o utiliza. Pessoal especializado é necessário em disponibilidade.

A resposta pode ser imediata. Sua rapidez depende da dimensão da fila de espera que antecede cada etapa do processamento. Unidades de BUFFERS são necessá

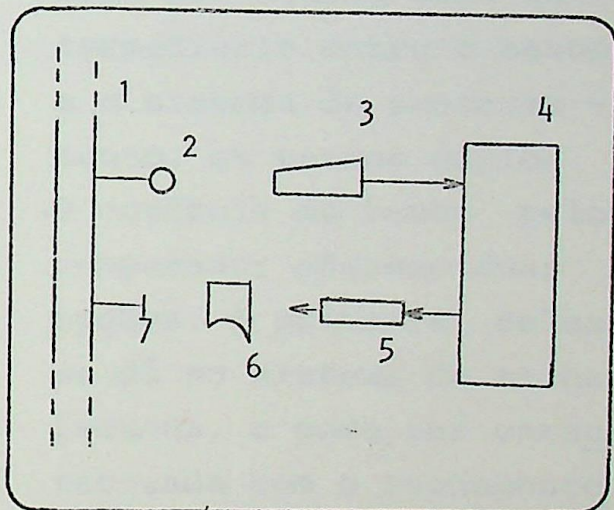


Figura 5.2- Integração parcial do computador ao processo.

1. processo;
2. indicadores visuais;
3. teclado;
4. processador central;
5. unidades de saída;
6. relatório de resultados;
7. controle do processo.

rias. Com o computador livre, o processamento pode se dar em termos de tempo real, isto é, imediatamente.

O equipamento empregado está em linha na formação do sistema de processamento.

Caso contrário, as informações são armazenadas nas memórias intermediárias, BUFFERS, onde esperarão sua vez.

A devolução dos resultados pode se dar imediatamente, em termos de tempo real.

5.4.3 - CONFIGURAÇÃO 3

A otimização total é atingida. A integração do computador a um processo industrial, ou a um banco de ensaios de máquinas hidráulicas, é completa.

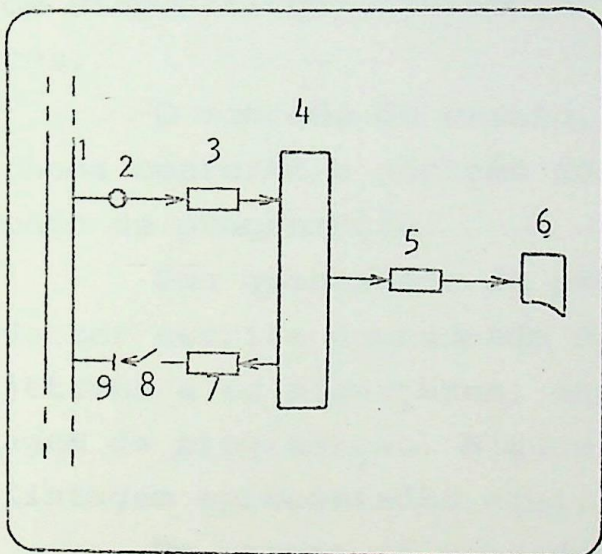


Figura 5.3- Integração total.

1. processo;
2. transdutores;
3. intermediários de entrada;
4. processador central;
5. unidade de saída;
6. relatório de resultados;
7. intermediários de comando;
8. conector;
9. controle do processo.

O elemento humano não é mais necessário como intermediário entre o banco e o sistema de processamento, em termos amplos. O controle do banco pelo computador oferece duas opções. A primeira delas se dá no sistema de malha fechada, e pode ser caracterizada com o fechamento do interruptor, (8) figura 5.3.

A ausência do elemento humano no comando do banco caracteriza o controle automático total.

Quando o interruptor (8) é aberto, o técnico é quem realiza o controle do equipamento operando seus comandos, simbolizados por (9), e de acordo com os resultados do relatório, item (6).

Há portanto uma versatilidade vantajosa nesta configuração, que está esquematizada na figura 5.3.

As diferenças entre esta versão e as anteriores são bem acentuadas, como ressalta uma observação mais acurada da figura.

Enquanto aquelas exigem uma intervenção constante do técnico em todas as fases do ensaio, esta o libera em troca de uma observação do operador.

O equipamento de tomada de dados é constituído pelos transdutores, que apresentam sob a forma de energia elétrica, as grandezas físicas que medem.

As conexões entre os dispositivos de entrada, de saída e de comando, com o computador, são realizadas através de dispositivos intermediários próprios chamados interfaces.

O comando do ensaio, em malha aberta ou em malha fechada conforme a posição do interruptor (8), é feito por meio de programação.

Uma quantidade de programas relativamente grande pode ser escrita dependendo da modalidade do ensaio, dos objetivos a se alcançarem, equipamento utilizado ou da linguagem de programação. Alguns programas serão escritos e sua listagem apresentadas aqui, a título de ilustração.

Um ensaio em comando automático ocupará todo o equipamento, e os dispositivos estão em linha, na ordem mostrada na figura 5.3.

O computador realiza concomitantemente as atividades programadas na ordem seguinte :

- 1a.- a aquisição dos dados;
- 2a.- os cálculos;
- 3a.- a emissão dos relatórios;
- 4a.- o controle do banco.

Cada uma destas atividades será desenvolvida com detalhes nas seções seguintes, e são o principal dos objetivos aqui tratados.

A segunda opção libera o último ítem da relação anterior e o equipamento de controle é desativado. O contro-

le do banco passa ao operador.

Prevista com finalidades didáticas, ou por efeito de segurança, esta opção não oferece desvantagens, quer quanto a recursos, quer quanto a operações e pode ser prevista para toda ocasião.

5.5 - ESCOLHA DO SISTEMA

A escolha de um sistema de processamento de dados é uma das tarefas de maior responsabilidade que envolve o técnico. Estudos detalhados e minuciosos são necessários, não só quanto a atividade que vai ser desempenhada, mas ainda outros fatores devem ser considerados, como capacidade e desempenho do equipamento, custos, manutenção e assistência técnica.

Atualmente a oferta no mercado está muito boa e oferece amplas oportunidades aos compradores.

A escolha do equipamento descrito no capítulo 6, e aqui tida como definitiva, teve por apoio :

- 1)- assistência dos fornecedores;
- 2)- características técnicas do equipamento;
- 3)- software disponível;
- 4)- custos;
- 5)- assistência técnica oferecida;
- 6)- possibilidades de ampliações.

Nas sub-seções seguintes são feitas rápidas observações sobre alguns fornecedores, bem como sobre os equipamentos que oferecem, suas características e possibilidades com o objetivo de justificar a escolha procedida. Finalmente são mostradas algumas características de um sistema especialmente concebido para o desempenho destas funções.

5.5.1 - IBM - SISTEMA/7

A IBM entrou mais recentemente no campo do controle automático, com o desenvolvimento do " SYSTEM 7 " que funciona acoplado a um dos modelos de computadores que a empresa já dispõe, tais como, IBM 1.130, 1.800, sistema/360, ou o sistema/370.

O sistema é altamente desenvolvido e tem condições de automatizar as mais diversificadas atividades, não apenas de processos, mas também de fabricação, de montagens ou de laboratórios. O sistema / 7 é uma interface D/A para conectar as atividades que vão ser automatizadas, ao processador central. A tomada de dados é feita por meio de sensores que convertem em sinais elétricos compatíveis com o sistema, as mais diversas formas de energia, como pressão, temperatura, velocidade linear ou circular, energia luminosa, energia elétrica, bem como posições mecânicas. Cumpre destacar as seguintes atividades possíveis ao equipamento, dados os avanços tecnológicos que apresenta,

A)- Controle e ensaios :

controle de máquinas hidráulicas, incluindo o comando de hidrelétricas, de máquinas térmicas a vapor ou a gás, motores a explosão, processos industriais das mais diversas modalidades, compressores;

B)- Controle de máquinas de ensaios :

controla as provas de materiais, em suas diversas modalidades, como resistências a compressão, tração, torsão, fadigas, dureza, vibrações, dinamometria, propriedades térmicas ou elétricas;

C)- Análises diversas :

análise de amino-ácidos, de PH da água, espectrometria de massa, de emissão e de ressonância, raios X, espectrofotometria, radioatividade.

O controle, bem como os ensaios gozam de alta confiabilidade e muita precisão. São rápidos como os dispositivos que os realizam. O sistema pode emitir relatórios, tabelas, gráficos, ou apresentações visuais em telas ou indicadores.

Os programas para controle dos equipamentos são escritos nas linguagens científicas, compatíveis com o sis-

tema de controle, tais como FORTRAN, LAGOL, BASIC, ou ainda o ASSEMBLER.

A bibliografia disponível pela IBM é muito vasta e sua alta qualidade dispensa comentários. A empresa treina pessoal para operar e programar todo seu equipamento, além de oferecer uma assistência técnica eficiente. O equipamento é recomendável, e está sendo empregado no comando de usinas hidrelétricas.

5.5.2 - DIGITAL EQUIPMENT CORPORATION

Trata-se de uma empresa norte americana que opera no ramo de computadores e equipamentos similares.

Os minicomputadores de sua fabricação, são da série PDP-11. O equipamento é modulado em apresentação elegante e artística, em duas versões, a PDP-11/10 e a PDP-11/20.

A primeira conta com 1 K de memória para leitura, e a segunda com 4 K, de palavras com 16 bits.

Ambas as versões podem ser expandidas para configurações de maior capacidade de memória e de equipamentos. Os sistemas realizam aquisição de dados, processa, emite relatórios e comanda processos em termos de tempo real. O custo do equipamento não é dos mais elevados, com exceção do traçador de gráficos, cuja interface tem um custo maior.

As funções, equipamentos e software são semelhantes a dos demais computadores de linha idêntica, e de outras procedências, o que dispensa aqui uma apresentação mais detalhada.

5.5.3 - VARIAN DATA MACHINES

Esta empresa está operando no Brasil há pouco tempo. O equipamento que oferece apresenta um alto grau de miniaturização, e são muito sofisticados. É de destacar a alta versatilidade da máquina de saída que traça gráficos e imprime, " STATOS 31 - PRINTER / PLOTTER " eletrostática.

A série de computadores 620/L - oferece toda uma gama de opções para as mais variadas finalidades. Seus preços são acessíveis ao alcance das bolsas particulares. A

versatilidade que dispõe está nivelada aos demais equipamentos aqui apresentados.

5.5.4 - HEWLETT - PACKARD

A HEWLETT - PACKARD é uma das empresas pioneiras na fabricação de equipamentos eletrônicos para aquisição de dados e controle. Doravante ela será referenciada pela sigla HP, já bastante difundida em várias partes do globo, e que angariou para a empresa o renome que ela hoje desfruta.

Foi fundada em 1.939, e segue ainda sua filosofia inicial de oferecer produtos da mais avançada linha. Fabrica mais de dois mil produtos distintos, a maioria dos quais é relacionado com medições eletrônicas e elétricas, equipamentos médicos, computadores e controle de processos.

Alguns princípios que orientam seus procedimentos e pesquisas concorreram e ainda concorrem para seu sucesso comercial. Destacam-se os seguintes :

- A - compatibilidade inter-equipamentos;
- B - apresentação modular em compacta montagem;
- C - microcircuitos em estado sólido.

Com várias fábricas nos Estados Unidos e em diversos outros países, a empresa oferece um serviço eficiente de manutenção e assistência através de vasta rede de oficinas nas principais cidades do mundo.

Suas publicações ensejam uma constante atualização de seus clientes em referência aos avanços técnicos e científicos.

Por sua importância relacionada ao setor aqui exposto, cumpre destacar as seguintes :

HEWLETT - PACKARD JOURNAL

Contém apresentações de equipamentos novos descritos pelos engenheiros que os desenvolveram. A publicação é mensal e dedicada a medições e a computação;

MEASUREMENT NEWS

Trata-se de uma publicação bi-mensal, contendo descrições muito concisas dos produtos HP, em seis idiomas e que aceita anúncios locais;

DATA SHEETS

Relação de dados técnicos dos equipamentos da HP. São relacionados, capacidade, consumo de energia, peso, dimensões, preços, acessórios e outras informações;

APPLICATION NOTES

Descrições de grande variedade de equipamentos eletrônicos e componentes. Distribuição individual aos interessados que a solicitarem;

HEWLETT - PACKARD - MANUAL

Publicação anual com descrição em larga escala dos produtos HP. Verdadeira fonte de informações técnicas necessárias aos usuários dos equipamentos e aos clientes;

SYSTEM DOCUMENTATION

São publicações técnicas que acompanham cada equipamento HP. Altamente detalhadas, tratam da instalação, operação e manutenção dos equipamentos fornecidos.

Os computadores são acompanhados por manuais de programação. O computador HP 2.100, que constitui o núcleo central do sistema de aquisição de dados e controle HP 9.600 G, escolhido para a integração aqui tratada, é acompanhado pelas publicações específicas abaixo relacionadas :

2.100 REFERENCE MANUAL - RM

Contém as especificações e instruções para programa

ção do computador;

INSTALATION AND MAINTENANCE MANUAL - MM

Contém instruções para instalação, reparos e manutenção;

DIAGRAMS MANUAL - DM

Contém diagramas para montagem, interconexões e esquemas diversos do computador;

IPB MANUAL

Contém diagramas de projeto, listas das partes para montagem, vistas em perspectiva explorada;

POWER SUPPLY MANUAL

Informações sobre o fornecimento de energia, instruções de instalações, diagramas sobre as instalações.

A HP oferece cursos de operação e manutenção de seus equipamentos aos clientes. Os cursos são rápidos e eficientes, ministrados nos escritórios da empresa.

Os contratos anuais de manutenção garantem uma confiabilidade permanente dos equipamentos.

Estando há algum tempo instalada no Brasil, a HP já forneceu equipamentos para universidades e indústrias diversas.

5.5.5 - UM MINICOMPUTADOR PRÓPRIO

Todos os computadores descritos linhas atrás possuem uma ampla capacidade que os torna capazes de realizar as mais diversas atividades. Seus custos são elevados e suas solicitações são várias.

Ora, a manutenção de um tal equipamento em um laboratório com o objetivo de realizar ensaios didáticos em épocas escolares é pouco compatível com a realidade brasileira.

É necessário partir para fabricação e adoção do mi-

nicomputador específico, isto é, aquele que executa uma tarefa única, para a qual ele é projetado e programado.

Para o caso do banco de ensaio de máquinas hidráulicas, compensa o desenvolvimento de um minicomputador capaz de comandar todas as atividades inerentes ao processo. Desenvolvimento de projetos e de programas operacionais para casos específicos desta natureza, são tarefas atraentes e promissoras.

Ajudar o país a desenvolver uma política de adoção do minicomputador específico é trabalho patriótico.

6.0 - SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE DADOS E CONTROLE

6.1 - O QUE É E O QUE FAZ UM SISTEMA

Sob a denominação de SISTEMA entende-se um conjunto de equipamentos incluindo um computador que desempenha uma atividade central. Um sistema de aquisição de dados e controle é aquele capaz de desempenhar estas duas atribuições com relativa exclusividade.

A aquisição de dados consiste na leitura dos valores de certas grandezas envolvidas em uma atividade ou em um processo por meio de aparelhos especiais, os transdutores, que fornecem os resultados das leituras que realizam sob a forma de sinais elétricos. Estes sinais são aceitos pelo computador como um código de informações.

O computador processa os dados recebidos e de acordo com os resultados a que chega, ou de acordo com as instruções que recebe através do programa, pode emitir ordens a um ou mais equipamentos de saída, como uma impressora, um traçador de gráficos ou um motor elétrico.

Cada um destes equipamentos executa um trabalho bem definido por sua natureza e pela programação.

Vê-se então que um sistema de aquisição de dados e controle é constituído por equipamentos que executam funções bem definidas, e de naturezas diversas.

E de acordo com a natureza de suas funções, os equipamentos são reunidos em grupos distintos que passam a constituir os SUBSISTEMAS. Cada atividade é realizada por um subsistema próprio.

O subsistema de aquisição de dados é constituído pelos transdutores e pelo multiplexador. Realiza as leituras dos valores das grandezas envolvidas no processo e prepara os sinais correspondentes para uma aceitação pelo computador.

O subsistema de processamento é constituído pelo computador propriamente dito, e acessórios complementares.

Ele realiza os cálculos, toma decisões e emite ordens a todos os periféricos.

O subsistema de entrada e saída é constituído pelos equipamentos de comunicações homem/máquina, como leitora de cartões ou de fitas, traçador de gráficos, impressora, teleprinter, etc.

O subsistema de controle é constituído pelo multiprogramador e por relés. O multiprogramador comanda os relés por meio de sinais especiais de acordo com as ordens que recebe do computador. Os relés podem comandar chaves especiais. Estas chaves podem ligar ou podem desligar equipamentos diversos para comandos mecânicos, como os motores elétricos. Uma duração precisa em milissegundos, dos sinais de comando dos relés, garante um controle de alta qualidade.

Os motores elétricos podem comandar mecanicamente diversos dispositivos especiais como registros, válvulas ou sistemas de engrenagens, fechando assim o ciclo de controle.

6.2 - ESCALAS DE PRIORIDADES

Dependendo do grau de integração que se deseja conferir ao computador em seus desempenhos, é que se estabelece uma prioridade de usos dos subsistemas.

O subsistema de aquisição de dados, bem como o de processamento, são sempre obrigatórios, dados os objetivos gerais do sistema.

Equipamentos de saída podem ser liberados, quando se trata de simples controle que não exige a confecção de relatórios ou de gráficos. Entretanto, o equipamento de entrada é obrigatório, porque é através dele que o operador se comunica com o processador central e define as atividades a serem executadas por meio de seus programas.

Um subsistema E/S deve ser completo quando relatórios são necessários.

O subsistema de controle é obrigatório quando esta atividade é realizada pelo sistema. Caso contrário, trata-se de um equipamento que pode ser liberado.

O sistema aqui previsto é completo. Conta com a presença dos quatro subsistemas básicos formadores do sistema total de aquisição de dados e controle.

6.3 - INTEGRAÇÃO SISTEMA/PROCESSO

Quanto ao seu arranjo físico, a integração sistema/processo pode ter uma forma de malha aberta, integração aberta, ou de malha fechada, constituindo uma integração fechada, como o mostram as subseções seguintes.

6.3.1 - INTEGRAÇÃO ABERTA

A integração é aberta quando não há vinculação do computador com os dispositivos de comando do processo.

Tal falta de vinculação impede ao computador de estabelecer o controle do processo, como o mostra a figura 6.1.

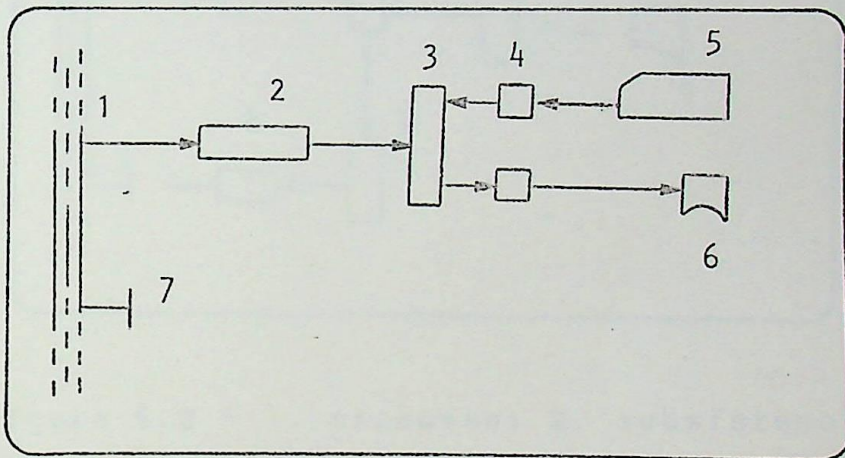


Figura 6.1 - Integração aberta.

Esta modalidade de integração pode ser adotada para ensaios de um banco de máquinas hidráulicas, desde que não se deseje realizar o controle do mesmo através do computador. Entretanto seus recursos são didaticamente pequenos, o que a tornam desaconselhável.

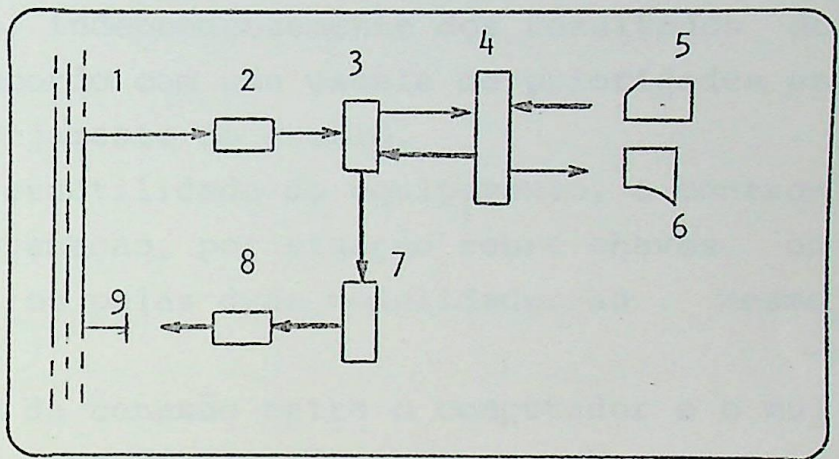
6.3.2 - INTEGRAÇÃO FECHADA

Nesta modalidade de integração há vinculação do computador com os dispositivos especiais de comando do processo, através de dispositivos próprios de saída, em geral constituídos por um multiprogramador e relês.

Conforme é o percurso a ser percorrido pelas informações de controle do processo, o controle pode ser sem retroação ou com retroação.

6.3.2.1 - CONTROLE SEM RETROAÇÃO

Embora os dispositivos estejam dispostos na forma de malha fechada, o percurso das informações de controle constitui uma malha aberta. Na figura 6.2 este percurso está representado pelas linhas cheias.



A integração não é retroativa em relação ao percurso das informações de comando, isto é, não existe realimentação, "feedback".

O comando do processo é feito pelo operador através do computador,

Figura 6.2 - 1. processo; 2. subsistema de aquisição de dados, transdutores e multiplexador; 3. subsistema de processamento, computador; 4. subsistema de entrada e saída; 5. veículo de entrada de informações; 6. relatório de resultados; 7. subsistema de saída, multiprogramador e relês; 8. dispositivos de comando do processo, motores elétricos; 9. dispositivo de comando do processo.

mas o é de modo independente dos resultados de relatório, e tem portanto uma origem externa. Esta é uma modalidade de controle própria e recomendada para um banco de ensaios de máquinas hidráulicas com fins didáticos.

De fato, a máquina submetida a provas de comportamento, não necessita funcionar dentro de certas condições estabelecidas com rigidez e controladas permanentemente, como acontece com as máquinas e equipamentos industriais. Muito ao contrário, suas condições de funcionamento devem varrer todo seu campo de possibilidades como recomendam as boas técnicas de ensaios.

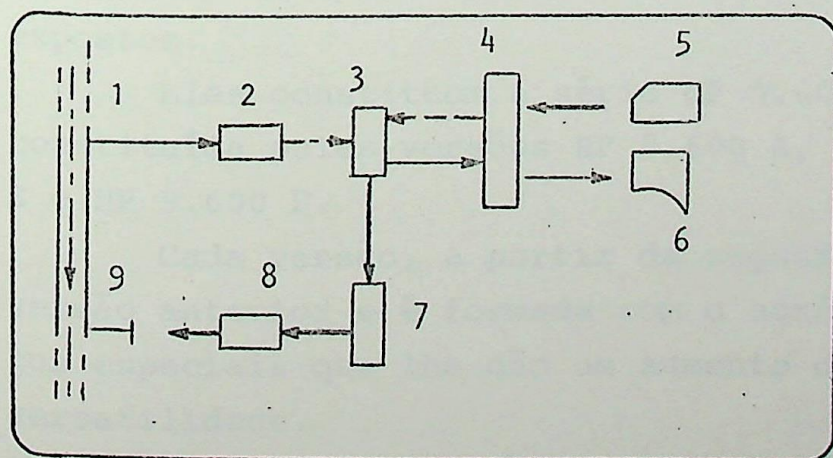
E cabe ao operador estabelecer os pontos diversos deste funcionamento, independentemente dos resultados do relatório, mas de acordo com uma escala de prioridades estabelecidas no planejamento do ensaio.

Conforme a versatilidade do equipamento, o controle é feito por programação, por atuação sobre chaves ou botões dos painéis, ou pelas duas modalidades ao mesmo tempo.

A eliminação da conexão entre o computador e o multiprogramador reduz esta disposição ao caso anterior. O desligamento do multiprogramador pode ser físico ou programado, conforme se deseja.

6.3.2.2 - CONTROLE COM RETROAÇÃO

Controle com retroação significa que as ações de comando são feitas de acordo com os resultados de cálculos efetuados



pelos efetuados pelo computador, DEPENDENDO dos valores das medidas das grandezas físicas envolvidas no processo.

Figura 6.3 - Controle com e sem retroação

comando tomadas pelo computador são programadas, e tendo em vista as possibilidades de interferência do operador no controle, via teleimpressora, ele pode assumir o controle completo do equipamento. As linhas mais cheias na figura 6.3 que representam o fluxo das informações são cortadas.

O significado dos blocos é o mesmo do caso anterior.

Esta modalidade de integração do computador ao processo, representa a plena automatização.

Ela é própria para ser aplicada aos processos industriais, e representa um dos mais altos graus dos estágios de desenvolvimento atingidos pelo homem.

As modernas usinas são assim comandadas. As tradicionais estão passando por um processo de atualização, quando esta atitude é compensadora.

Não foram feitos programas com o objetivo de atender a uma integração desta modalidade. Mas aí fica aberto um vasto setor de trabalhos futuros.

A seção 7.4 apresenta estas informações sob novo aspecto e completa em parte os dados aqui oferecidos.

6.4 - SISTEMAS DISPONÍVEIS

A HP dispõe de vários sistemas de processamento de dados, capazes de atenderem às exigências mais diversificadas dentro do contexto desenvolvimentista a que atualmente se assiste. Entre esta variada gama de opções, os sistemas específicos de aquisição de dados e controle são aqui referenciados com exclusividade, tendo em vista os objetivos expostos.

Eles constituem a série HP 9.600, que atualmente é constituída pelas versões HP 9.600 A, HP 9.600 G, HP 9.600 E e HP 9.600 F.

Cada versão, a partir da segunda, tem por base a versão anterior e é formada com o acréscimo de equipamentos especiais que lhe dão um aumento de capacidade e de versatilidade.

A versão HP 9.600 A tem condições de satisfazer plenamente às exigências apresentadas por um banco de ensaio

de máquinas hidráulicas. Entretanto a versão HP 9.600 G dispõe de melhores condições operacionais, além de mais capacidade, oferecendo assim maiores recursos didáticos. Estas razões justificam sua escolha para o desenvolvimento aqui exposto.

Sua confiabilidade está assegurada pelos sucessos que vem alcançando nos mais variados setores onde atualmente opera, partindo da simples pesquisa escolar e chegando aos mais complexos postos aeroespaciais, como ligeiramente se vê na seção seguinte.

Pequenas dimensões dos equipamentos, modulação, facilidades de manutenção, de operador e de programação formam o rol das vantagens que respondem por uma rápida expansão do sistema para os mais diversos setores de atividades.

6.5 - APLICAÇÕES ATUAIS

Para se ter uma ligeira noção do papel que o sistema de aquisição de dados e controle representa atualmente, é feita uma rápida apresentação onde seu emprego tem encontrado amplo sucesso. Os casos selecionados representam uma simples amostragem da situação real.

6.5.1 - PESQUISAS OCEANOGRÁFICAS

A Woods Hole Oceanographic Institution, de Massachusetts, programou uma série de pesquisas oceanográficas que inclui as medições do campo magnético terrestre, das variações da temperatura e profundidade da água, coordenadas geográficas das posições do navio oceanográfico, que conduz o equipamento, velocidade do navio e das correntes marítimas, análises químicas, biológicas e geológicas do ambiente bem como outras pesquisas oceanográficas. A instituição iniciou em 1.961 os estudos para a implantação de um sistema digital em suas diversas atividades, tendo em conta a tremenda quantidade de dados para processar. A implantação de um sistema HP permite uma ampla cobertura das necessidades apresentadas pelas pes-

quisas com um alto grau de confiabilidade.

O sistema realiza aquisição de dados e análises.

6.5.2 - INDÚSTRIA AÇUCAREIRA

Entre as usinas açucareiras que já automatizaram seus processos de produção contam-se a Redpath Sugar Refinery e a Dominion Sugar Company, ambas do Canadá. Elas empregam os equipamentos HP 9.600.

A produção das usinas praticamente duplicou após o controle do equipamento pelo computador. Após otimizar todas as grandezas envolvidas na produção, tais como velocidade de eixos, pressão de óleo, entrada de matéria prima, o computador passa a controlar seus valores garantindo uma produção contínua e uniforme sem forçar o equipamento além dos valores permitidos.

A qualidade do produto é preservada de um modo uniforme.

6.5.3 - CONTROLE DE EQUIPAMENTOS

A Chandler Evans Control Systems projeta e constrói equipamentos para controle de aviões e de mísseis. É desnecessário dizer sobre a qualidade necessária destes equipamentos, cumprindo destacar as bombas de combustíveis, válvulas de controle de vazão, válvulas de segurança, sistemas eletrohidráulicos e dispositivos de controle.

Os testes dos equipamentos envolvem medições, cálculos, emissões de relatórios, traçagem de gráficos e análises de resultados. A automatização dos testes destes equipamentos com o emprego do computador HP representou um notável avanço tecnológico.

As provas tornaram-se muito mais eficazes e muito mais rápidas, aumentando a confiabilidade e a produção dos equipamentos.

6.5.4 - PESQUISAS AERONÁUTICAS

A NASA equipou um avião, Convair 990 A, para realizar pesquisas de interesses da navegação aérea com um sis

tema HP 9.600, configurado com o mais variado equipamento disponível, inclusive impressora de alta velocidade e traçadores de gráficos. O equipamento de medições atinge as mais variadas grandezas que apresentam interesse de estudos. As experiências e os resultados das observações forneceram amplos subsídios aos projetos espaciais, cumprindo destacar o satélite NIMBUS, e o projeto OGO, "ORBITING GEOPHISICAL OBSERVATORY".

A escolha do equipamento foi justificada por sua alta confiabilidade, dimensões compatíveis com o espaço do avião e a capacidade de funcionar sob condições normais de umidade e de temperatura.

6.5.5 - TESTES DE VEÍCULOS MILITARES

A U.S. ARMY TANK-AUTOMOTIVE COMAND, conhecida pela sigla TACOM, é responsável por uma série de tarefas nas Forças Armadas Americanas, cumprindo destacar o controle de qualidade dos veículos militares.

O banco de ensaio dos motores dos mais diversos tipos de veículos, está totalmente automatizado com um sistema de aquisição de dados e controle da HP.

Os testes são realizados com o controle do motor pelo computador, ou com o controle pelo operador como referidos na subseção 6.3.2. As pesquisas se referem à potência desenvolvida pelo motor do veículo testado, à temperatura em diversos pontos e da água de refrigeração, da pressão interna em diversas posições dos cilindros, do consumo de combustível, da velocidade de rotação do motor, etc.

Segundo informações bibliográficas, os trabalhos desenvolvidos pela TACOM são intensos e realizam-se com plenas condições de precisão e de produção.

Os veículos fornecidos a NORTH ATLANTIC TREATY ORGANIZATION, NATO, são totalmente testados pela TACOM.

6.5.6 - PESQUISAS NO BRASIL

Várias universidades brasileiras empregam os mini

computadores da HP em diversos setores de trabalhos. Entre tanto é o Departamento de Motores do Centro Técnico Aeroespacial, C.T.A. de São José dos Campos, que está desenvolvendo ensaios e pesquisas relacionados a motores de veículos utilizando um sistema de aquisição de dados e controle da HF.

O sistema é configurado de modo a realizar a aquisição de dados, a emissão de relatórios e o controle do banco, tanto para ensaios estacionários quanto dinâmicos. O sistema consiste de um minicomputador HP 2.100 A, multiplexador, multiprogramador, teleprinter e impressora, bem como de todos os acessórios complementares. Os transdutores são em número suficiente para cobrir todas as necessidades de medições, os controladores atuam sobre o dinamômetro e sobre o motor através dos dispositivos de controle.

A programação desenvolvida é suficiente para atender a todas as modalidades de testes.

Esta iniciativa pioneira trás grandes benefícios ao desenvolvimento tecnológico do País, não apenas oferecendo à indústria automobilística nacional um serviço de alto padrão mas principalmente treinando pessoal capaz de propagar por diversos campos as novas técnicas disponíveis.

7.0 - SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE DADOS E CONTROLE HP 9.600

7.1 - ESCOLHA DO SISTEMA

Após acuradas observações de vasta bibliografia, é que o SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE DADOS E CONTROLE HP 9.600 G foi escolhido para integrar um banco de ensaios de máquinas hidráulicas como aqui está exposto.

A modalidade inicial da série é o sistema HP 9.600A. Uma reconfiguração de cada modalidade da série HP 9.600 , forma a modalidade seguinte. A adição por exemplo, de um gerador de base de tempo ao sistema HP 9.600 A resulta no sistema HP 9.600 G. A reconfiguração do " software " está representada com a adição do sistema operacional DATA ACQUISITION AND CONTROL EXECUTIVE, DACE.

Esta reconfiguração confere ao sistema uma ampla capacidade operacional. O relógio gerador de base de tempo permite um controle do tempo de realização de tarefas através de programação. Permite ainda uma sincronização do tempo marcado no equipamento com o tempo legal e a marcação deste tempo nos relatórios.

Os benefícios auferidos com o DACE são também notáveis, cumprindo destacar a simplificação de programas, acesso aos parâmetros dos programas, a subdivisão do programa principal em até vinte e oito subprogramas capazes de executarem tarefas distintas chamadas de TASKS, a bufferização da saída, e outras mais que serão vistas oportunamente.

7.2 - O SISTEMA HP 9.600 G

É um sistema automático de aquisição de dados e controle de equipamentos ou processos que goza de uma ampla versatilidade tanto na sua parte material como na de sistemas operacionais de apoio a programação.

O equipamento mede as grandezas envolvidas no processo, faz os cálculos programados, registra os dados e os

resultados, emite relatórios, traça gráficos e controla automaticamente o processo.

Para desempenhar todas estas funções o sistema necessita uma modalidade muito variada de equipamentos periféricos e de apoio da programação.

Estas necessidades são totalmente cobertas pela fábrica fornecedora. O desempenho do sistema, capacidade do equipamento, o apoio a programação são apresentados neste capítulo segundo literatura da HP.

Conforme o equipamento, máquina ou processo que o sistema vai comandar, ele necessita configuração e programação adrede selecionados. Os subsistemas que o compõem necessitam de um estudo cuidadoso, para uma escolha eficiente.

A INTEGRAÇÃO do computador ao processo consiste nestes estudos e em sua realização prática.

O esquema mostrado na figura 7.1 apresenta em sua forma mais simples, a integração prevista e aqui considerada do sistema HP 9.600 G a um banco de ensaios de máquinas hidráulicas.

A figura evidencia bem a posição de destaque assumida pelo computador.

Integrado diretamente a todos os outros subsistemas, cabe-lhe a função elevada de coordenar e comandar todas as tarefas do trabalho.

Cada um dos subsistemas aí previsto é constituído por dispositivos diversos capazes do desempenho das mais

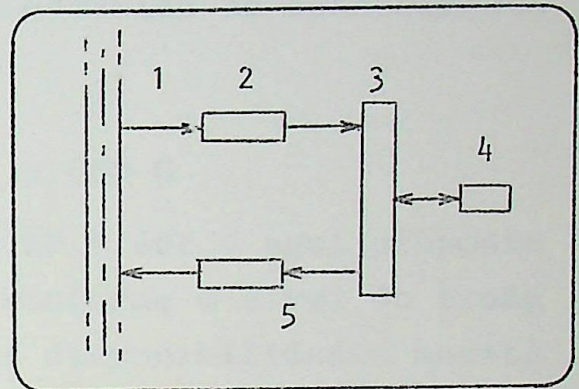


Figura 7.1 - Integração BANCO/SISTEMA HP 9.600 G.

1. banco de ensaios;
2. subsistema de aquisição de dados;
3. subsistema de processamento;
4. subsistema de entrada e saída;
5. subsistema de controle.

distintas atividades compatíveis com o trabalho geral. Os dispositivos originários da HP são dispostos em caixas metálicas moduladas que podem ser montadas em armários próprios, o que confere ao conjunto uma unidade harmoniosa, em compacta apresentação. Naturalmente alguns dispositivos incompatíveis com este arranjo, como a impressora ou o teleprinter, são montados em suportes próprios.

A seção seguinte faz uma apresentação suscinta dos dispositivos componentes de cada subsistema, suficiente apenas para dar as informações necessárias ao conhecimento do conjunto.

7.3 - CONFIGURAÇÃO DO SISTEMA HP 9.600 G

A configuração do sistema HP 9.600 G aqui proposta pode estar sujeita a alterações conforme o nível do trabalho planejado ou de acordo com as disponibilidades monetárias e financeiras do interessado. A apresentação é suscinta e envolve apenas as informações necessárias a formação do conhecimento indispensável à compreensão, e feita por ordem de prioridades ditada pelos subsistemas.

Detalhes mais completos são fornecidos nos apêndices respectivos.

7.3.1 - SUBSISTEMA DE AQUISIÇÃO DE DADOS

De acordo com sua própria denominação, é o subsistema que faz a aquisição dos dados, ou seja toma as medidas das grandezas envolvidas no processo. Para desincumbir-se desta tarefa, o subsistema de aquisição é formado por duas partes distintas. A primeira delas é composta pelos transdutores, já apresentados no capítulo 4, onde se tratou dos aparelhos de medir, com as informações suficientes para dispensar uma nova apresentação. O apêndice A representa-os mais detalhadamente.

A segunda parte é constituída pelo MULTIPLEXADOR, também já referenciado ligeiramente na seção 4.1 do referido capítulo. Sua constituição mais complexa, a importância das funções que lhe são atribuídas justificam sua a-

apresentação com maiores detalhes.

O aparelho proposto é o ADC 600 da HP equipado com todos os acessórios complementares.

Ele é basicamente constituído por trinta e dois canais simples ou por dezesseis canais diferenciais multiplexadores, e de modo que a cada canal corresponde um transdutor. Logo, cada canal tem um tratamento próprio conforme o transdutor que vai receber. Dependendo da amplitude do sinal emitido pelo transdutor, o canal faz sua leitura com um certo ganho estabelecido nos programas. Após multiplexados, os sinais são enviados ao computador através de uma interface própria, isto é, um elemento intermediário de ligação entre o canal, ou o multiplexador, e o computador. Cada canal tem sua vez de enviar os seus sinais.

O computador aceita apenas sinais digitais em forma de pulsos elétricos, cujos valores característicos estão compreendidos em certa faixa delineada em rígidos limites. A multiplexação dos sinais compreende pois um conjunto de atividades realizadas em conjunto ou isoladamente.

Entre estas funções cumpre destacar as seguintes dentro de certas prioridades hierárquicas :

- A - converter sinais analógicos em digitais. A maioria dos transdutores produzem sinais analógicos em suas modalidades contínua ou alternada. Compete ao multiplexador esta conversão;
- B - delimitar os valores característicos dos sinais entre as faixas de valores compatíveis com o computador. Para atingir estes valores, o sinal pode necessitar uma amplificação, realizada por dispositivos próprios, os amplificadores. Sinais muito fracos devem ser submetidos a uma fase inicial de pré-amplificação. Sinais fortes devem ter seus valores reduzidos para os limites previstos. A relação entre os valores final e inicial de um sinal, é o GANHO da amplificação. O ganho pode ser estabelecido na programação;

C - purificar os sinais, quer dos ruídos originais, quer dos " RIPPLES ".

A purificação é feita por dispositivos especiais chamados filtros.

Os ruídos em um sistema de comunicações, são perturbações do sinal de saída de um dispositivo que podem ser a causa de mal funcionamento do aparelho que os recebe. Podem ter origem no sinal original ou no processo de conversão analógico/digital, e sua natureza pode ser randômica ou estatística. Em se tratando de um sistema de aquisição de dados, são os ruídos de alta frequência que devem ser purificados, usando-se para tanto os filtros do tipo passa-baixa.

Os ripples são resíduos de corrente alternada que aparecem em alguns casos de conversão para corrente contínua ou nas retificações. O aparecimento dos ripples é proporcional à frequência da corrente alternada inicial, e é expresso em porcentagem de corrente contínua resultante. Os ripples podem ser reduzidos a valores aceitáveis pelo computador através de filtros retroativos. Todavia, sua eliminação prática total é quase impossível.

Os canais são os caminhos complexos formados por vários dispositivos, e que os sinais percorrem desde sua origem até o computador.

Os canais do subsistema de aquisição de dados do subsistema HP 600 estão distribuídos em quatro cartões de oito entradas de sinais analógicos, ou em quatro cartões de quatro entradas de sinais diferenciais, ou associações possíveis destas duas modalidades.

Os sinais de características físicas de mesma ordem de grandezas, ficam submetidos a um só ganho e são distribuídos aos canais de um único cartão, até completar sua capacidade ou até esgotar a quantidade de fontes de emissão.

Dadas as grandezas características dos sinais emitidos

dos pelos transdutores adotados fica estabelecido o quadro 7.1 apresentado abaixo, que estabelece as relações entre as grandezas envolvidas, os cartões e os ganhos necessários.

GRANDEZA	CARTÃO	CANAL	GANHO
ALTURA	1	0	1
ROTAÇÃO	1	1	1
VAZÃO	2	2	512
POT. ELET.	2	3	512

Quadro 7.1.

Por aí se evidencia a necessidade de apenas dois cartões e quatro canais no processo de tomada das medidas.

A reserva existente na configuração mínima do aparelho fica a disposição para uma integração desta configuração, a outros bancos de ensaios de mesma natureza, por acaso existentes nos laboratórios.

A figura 7.2 indica o percurso dos sinais desde suas origens até o computador, como o dispõe o quadro 7.1.

A seleção dos cartões para atender a estas e a outras atividades é feita tendo em vista os objetivos a que se propõe o subsistema. A HP dispõe de cartões para o atendimento das condições mais variadas. Casos especiais são estudados pela empresa que projeta e constrói cartões sob encomendas, o que descarrega o usuário de preocupações.

Outras informações sobre o multiplexador são apresentadas no apêndice B seção 1.

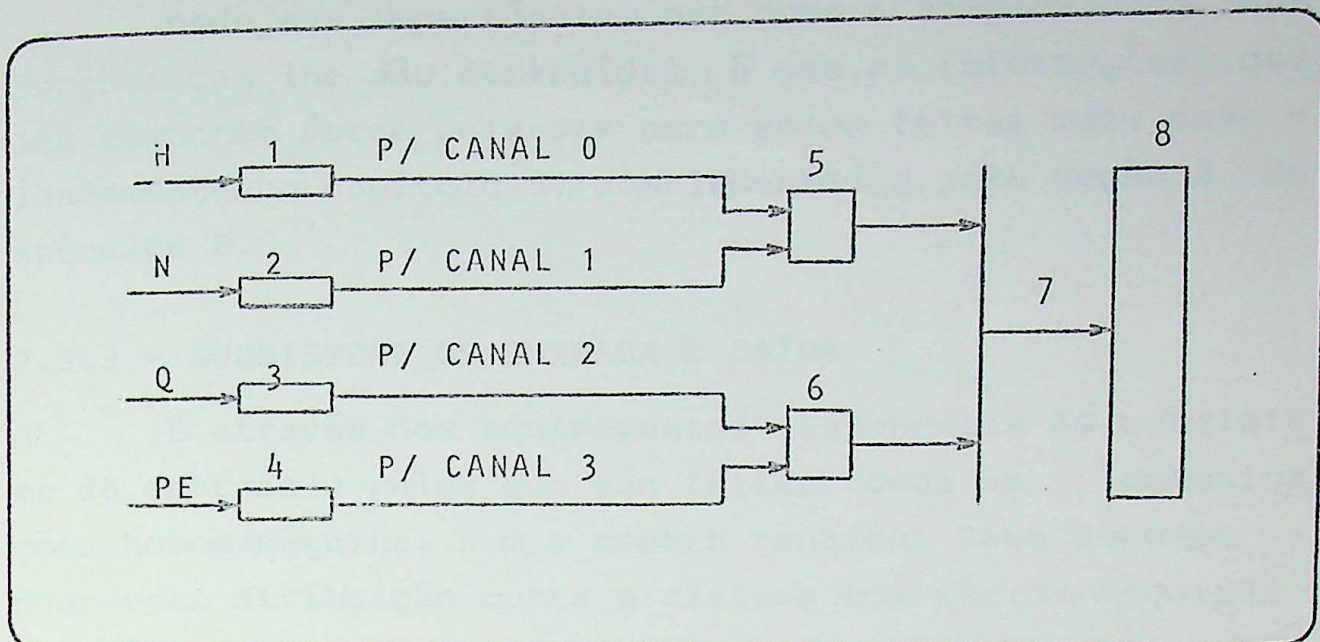


Figura 7.2 - Formação de subsistema de aquisição de dados.

1. transdutor KIAG para a altura de elevação;
2. transdutor tacométrico para a rotação;
3. transdutor detetor FOXBORO para a vazão;
4. transdutor GE Watt Transducer 4.701 para a potência;
5. cartão 1 de ganho 1 com dois canais empregados;
6. cartão 2 de ganho 512 com dois canais empregados;
7. cabo condutor dos sinais;
8. minicomputador HP 2.100 S.

7.3.2 - SUBSISTEMA DE PROCESSAMENTO

O subsistema de processamento do HP 9.600 G é um minicomputador da série HP 2.100, e o previsto para incorporação é o modelo S.

O minicomputador HP 2.100 S, referenciado simplesmente por computador HP 2.100 S, resulta da incorporação de uma UNIDADE DE ACESSO DIRETO A MEMÓRIA, e de uma UNIDADE ARITMÉTICA DE PONTO FLUTUANTE ao modelo inicial da série o HP 2.100 A. Estas incorporações conferem ao computador uma ampliação de atribuições às quais ele é capaz de corresponder satisfatoriamente.

O computador é o elemento central do sistema. é ele quem executa " simultaneamente " as tarefas de aquisição e de processamento dos dados, de emissão de relatórios e con

trole do banco.

Dada sua importância, bem como a complexidade das funções que lhe são atribuídas, é que as informações que lhe competem foram deixadas para serem feitas mais detalhadamente no capítulo 8, complementadas pela seção 2 do apêndice B.

7.3.3 - SUBSISTEMA DE ENTRADA E SAÍDA

É através dos equipamentos componentes do sistema de entrada e saída que são feitas todas as comunicações homem/máquina, num e noutro sentido. Para desempenhar esta atribuição conta o sistema com várias máquinas específicas de emprego opcional conforme os objetivos gerais que lhe são atribuídos.

O percurso destas informações ocupa um canal específico de entrada/saída, ou canal E/S. Em sua configuração mínima o sistema HP 9.600 G conta com onze canais E/S que podem ser utilizados por equipamentos de naturezas variadas. Esta configuração mínima é suficiente para atender às necessidades dos ensaios das máquinas hidráulicas em condições normais.

Se por acaso houver necessidade de uma ampliação, pode ser adicionado ao sistema inicial, um conjunto de trinta e um canais montados num estojo único denominado EXTENDER.

Com quarenta e dois canais, o sistema pode atender condições de trabalho bem mais carregadas como exigidas nos casos mais complexos.

Expansões adicionais podem ser realizadas até se obter um total de duzentos e quarenta canais E/S com o emprego de mais extenders.

Todavia esta expansão é feita com o emprego de um multiplexador especial que pode ser comandado por um único canal E/S do computador.

Uma configuração máxima como esta é capaz de atender às mais amplas solicitações no campo da pesquisa científica, do treinamento didático ou do controle de proces-

tos industriais. Ao admitir a instalação de terminais E/S distantes, o sistema oferece os serviços de processamento de dados a vários locais distintos, que o torna recomendável às universidades.

Entre os periféricos que podem formar o equipamento E/S do sistema em condições opcionais, destacam-se os relacionados abaixo.

7.3.3.1 - TELEIMPRESSORA

Equipamento para entrada e saída de informações , montada em unidade independente. As comunicações para o computador podem ser feitas via teclado universal ou por leitura de fita perfurada, que ele pode também produzir. As comunicações do computador podem ser feitas através da impressora de tipos a uma razão de dez caracteres por segundo, ou por perfuração de fitas. O teleprinter imprime relatórios ou tabelas. É conectado ao computador por intermédio de um cartão interface próprio, modelo HP 12.531 B.

A teleimpressora é um equipamento que participa da configuração aqui adotada. É montada numa estrutura individual não modulada, o que permite seu emprego como terminal remoto, ligado por cabos condutores. Para distâncias superiores a tres quilômetros é necessário o emprego de cabos blindados especiais fornecidos pela própria HP para evitar distorsões dos sinais. Distâncias grandes podem ser vencidas via telefone. A HP fornece também os interfaces necessários a conexão.

O apêndice B seção 5 traz informações complementares sobre a teleimpressora.

7.3.3.2 - LEITORA DE FITA PERFURADA DE PAPEL

É uma leitora de fita de papel montada em estojo modulado robusto. Sua velocidade de leitura é de quinhentos caracteres por segundo. O modelo atual é o HP 2.748 B conectado ao computador através do cartão interface modelo HP 12.597 A - 002. Um equipamento adicional é o enrola

dor elétrico de fita modelo HP 12.575 C.

Trata-se de um equipamento indispensável, e por isto adotado na configuração aqui exposta. Informações um pouco mais detalhadas sobre esta máquina são encontradas no apêndice B seção 6, inclusive algumas características físicas.

7.3.3.3 - TRAÇADOR DE GRÁFICOS

É um equipamento de saída que registra dados de saída sob a forma de gráficos através de programação especial. A HP tem disponível vários modelos de traçadores de gráficos, alguns deles compatíveis com o sistema IBM 1.130.

O modelo previsto é o PLOTTER HP 7.210 A, com área plana de traçagem com as dimensões 432 x 270 mm² para o papel. Este modelo aceita um comando direto do computador através de um dispositivo CAD modelo HP 12.555 B de dois canais. A saída é feita por relés de dezesseis bits modelo HP 12.551 B - 001. A interface do traçador de gráficos é o modelo HP 17.210 A.

Os conversores citados linhas atrás servem como elementos de conexão também para uma tela de vídeo, display, que permite uma visibilidade direta de resultados. O vídeo não está incorporado ao sistema aqui previsto.

Todos os gráficos previstos são executados por este aparelho. Sua versatilidade ampla permite a realização das mais variadas espécies de gráficos, incluindo todas as modalidades relativas aos ensaios das máquinas hidráulicas. Toda sua versatilidade depende da programação.

O traçador de gráficos compõe ao lado da teleimpressora e da leitora de fita perfurada de papel, o equipamento mínimo previsto. A apresentação breve de outros equipamentos tem por objetivo mostrar a larga faixa de expansibilidade de que goza o sistema.

A figura 7.3 mostra um esquema do subsistema de entrada e saída adotado bem como sua conexão ao computador através dos cartões apropriados de interfaceamento. Os equipamentos citados nas subseções seguintes não constam desta

figura, o que não traz prejuízos ao sistema geral, por des-
necessário.

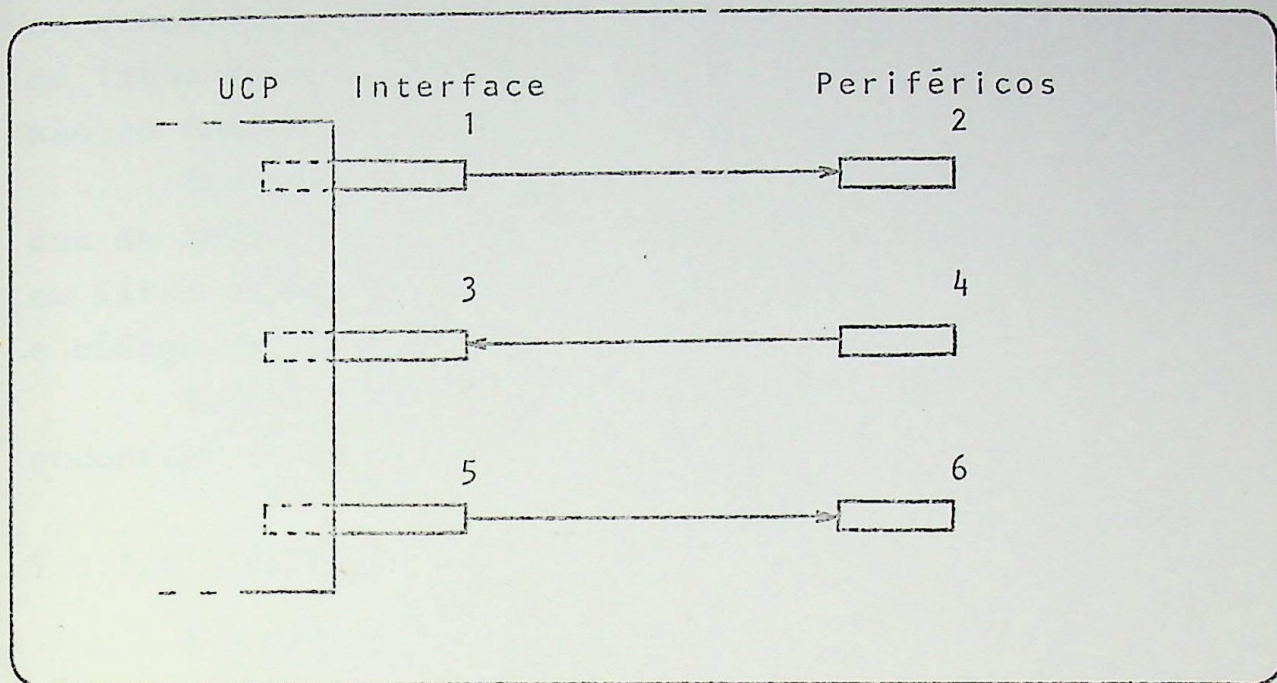


Figura 7.3 - Subsistema de entrada e saída.

1. cartão interface HP 12.531 B; 2. teleimpressora 2.752 A; 3. interface HP 12.597 A - 002 ;
4. leitora de fita perfurada modelo HP 2.748B;
5. interface HP 17.210 A; 6. traçador de gráficos modelo HP 17.210 A.

O apêndice B traz em sua seção 7 informações complementares sobre o traçador de gráficos ligeiramente referenciado acima.

7.3.3.4 - IMPRESSORAS

A HP dispõe de vários modelos de impressoras. As impressoras de alta velocidade imprime relatórios, tabelas ou lista programas a uma razão de cento e trinta, até mil e cem linhas por minuto, em oitenta ou cento e trinta e duas colunas, conforme o modelo.

As impressoras de console são tres vezes mais rápidas que o teleprinter para cento e trinta e duas colunas.

7.3.3.5 - PERFURADORA DE FITA DE PAPEL

A velocidade da perfuradora de fitas de papel modelo

HP 2.895 B é de setenta e cinco caracteres por segundo comandada pelo computador. Pode registrar programas, dados ou resultados para aproveitamentos posteriores, em rolos de fitas de mil pés de comprimento. A interface de conexão ao computador é o modelo HP 12.597 A.

Sua integração ao sistema prende-se às necessidades de saída dos programas objetos e de tabelas de dados, em fitas perfuradas. Ela é comandada pelo computador com o código de referência 4.

Algumas informações sobre seus detalhes físicos, encontram-se no apêndice B, seção 4.1.

7.3.3.6 - UNIDADE DE FITA MAGNÉTICA

A unidade de fita magnética pode operar informações em sete ou em nove canais sob o comando do computador com uma velocidade de até trinta e seis mil caracteres por segundo, registrando ou lendo informações. O modelo HP Q40-Q63 é modulado em dimensões duplas.

7.3.3.7 - LEITORA DE CARTÕES

A capacidade da leitora de cartões modelo HP 2892A é de seiscentos cartões por minuto e comporta até mil cartões.

O movimento dos cartões é feito a vácuo o que lhes confere muito maior durabilidade. Um cartão pode ser passado até mil vezes pela leitora sem se danificar, numa demonstração de técnica aperfeiçoada.

O comando da leitora é feito por botões e chaves de painel. A estação de leitura consta de doze bits foto transistor para cartões de oitenta colunas EIA. O software da leitora de cartões inclui as linguagens HP ASSEMBLER, FORTRAN e ALGOL além dos sistemas DOS, RTE, BCS e IOS.

A existência de uma leitora de cartões em um sistema confere-lhe uma capacidade de trabalho muito aumentada, sendo indispensável no processamento de dados usual. Entretanto, pode ser dispensável num sistema de aquisição

de dados como o indicado.

A leitora de cartões é conectada ao computador através do cartão interface HP 12.924 A.

A figura 7.3 apresenta um esquema do subsistema de entrada e saída, bem como sua conexão ao computador das interfaces apropriadas, como está prevista.

7.3.4 - SUBSISTEMA DE CONTROLE

É o equipamento que realiza o controle do processo industrial ou do banco de ensaios automaticamente sob o comando do computador. Seu elemento básico é denominado MULTIPLEXADOR.

A HP dispõe de vários modelos de multiprogramadores, estando portanto apta para atender a uma vasta faixa de demandas. O modelo adotado aqui é o HP 6.940 A, com dimensões moduladas, e compatível com o minicomputador HP 2.100 S através do cartão interface modelo HP 14.543 A instalado no próprio aparelhó. O estojo metálico contém vinte posições ou encaixes, onde são alojados os cartões que compõem sua configuração eletrônica, que por sua vez comporta dezesseis canais de comunicações de entrada e/ou saída das informações. Em caso de necessidade o número dos canais pode ser aumentado até duzentos e quarenta com o emprego de unidades especiais modelo HP 6.941 A denominadas EXTENDERS.

Cada unidade extender tem capacidade para quinze cartões.

O controle é comandado pelo computador através de programação por meio de cartões com níveis de prioridades distintos ou por meio de cartões de relés.

Cada cartão contém doze relés de contato, programáveis um a um, numerados de zero a onze. Ora, o banco de ensaios de uma bomba conta com apenas dois dispositivos de controle, um para o controle de velocidade do motor e outro para o controle do registro de saída da tubulação. Logo dois relés são suficientes para o controle do banco. Os demais relés e encaixes ficam liberados para outras atividades futuras.

O multiprogramador distribui os sinais de comando no espaço e no tempo, para os dispositivos de acionamento dos motores elétricos que acionam os elementos de comando do banco.

A figura 7.4 esquematiza o subsistema de controle, em sua forma mais simples.

O computador emite sinais de forma digital, que o multiprogramador converte para uma forma analógica como exigidas pelos dispositivos de comandos se for o caso. Para esta conversão o multiprogramador possui cartões especiais que a realizam. São os cartões conversores D/A.

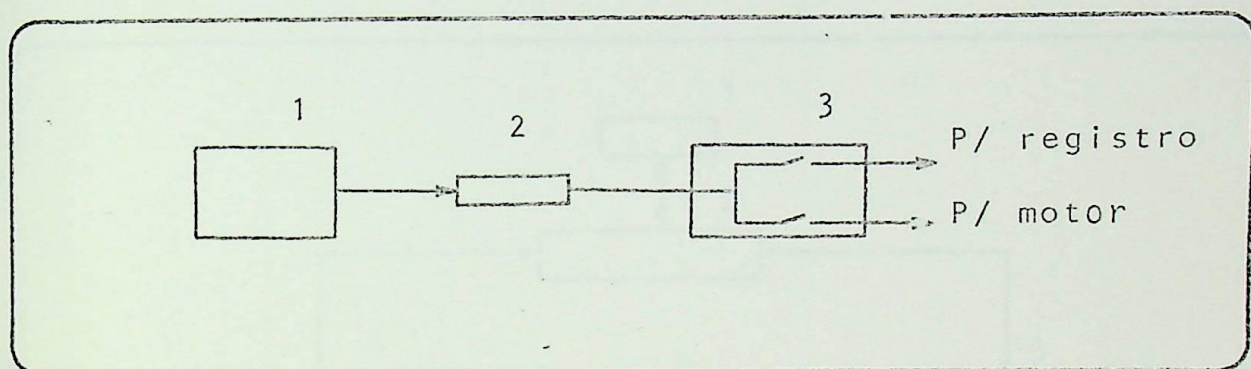


Figura 7.4 - Subsistema de controle.

1. computador 2.100 S; 2. cartão interface 14.543 A; 3. multiprogramador 6.940 A. São mostrados os relés de saída de sinais para acionar o registro e o motor.

O cartão de relés aproveitado para o controle fica alojado no encaixe de endereço 00.

Os sinais emitidos pelos relés podem acionar dispositivos externos como chaves ou outros relés capazes de ligar, ou desligar, motores elétricos à rede pública com uma precisão de até milésimos de segundo, conforme estabelecida no programa.

Estes motores acionam os dispositivos de comando diretamente ou através de mecanismos próprios. São as relações cinemáticas destes mecanismos que ditam ao programador o tempo necessário a cada operação do comando.

Os tempos estabelecidos nos programas o foram ale

atoriamente, e independentes destas disposições de projeto.

Informações complementares sobre o sistema de controle necessárias a uma exposição mais detalhada, são encontradas no apêndice B seção 3.

7.4 - UNIFICAÇÃO DO SISTEMA

O equipamento que compõe o sistema é integrado ao banco de ensaios de modo a formar uma unidade integrada de trabalho, como mostra a figura 7.5. Esta figura sintetiza as figuras 6.2 e 6.3 do capítulo 6.

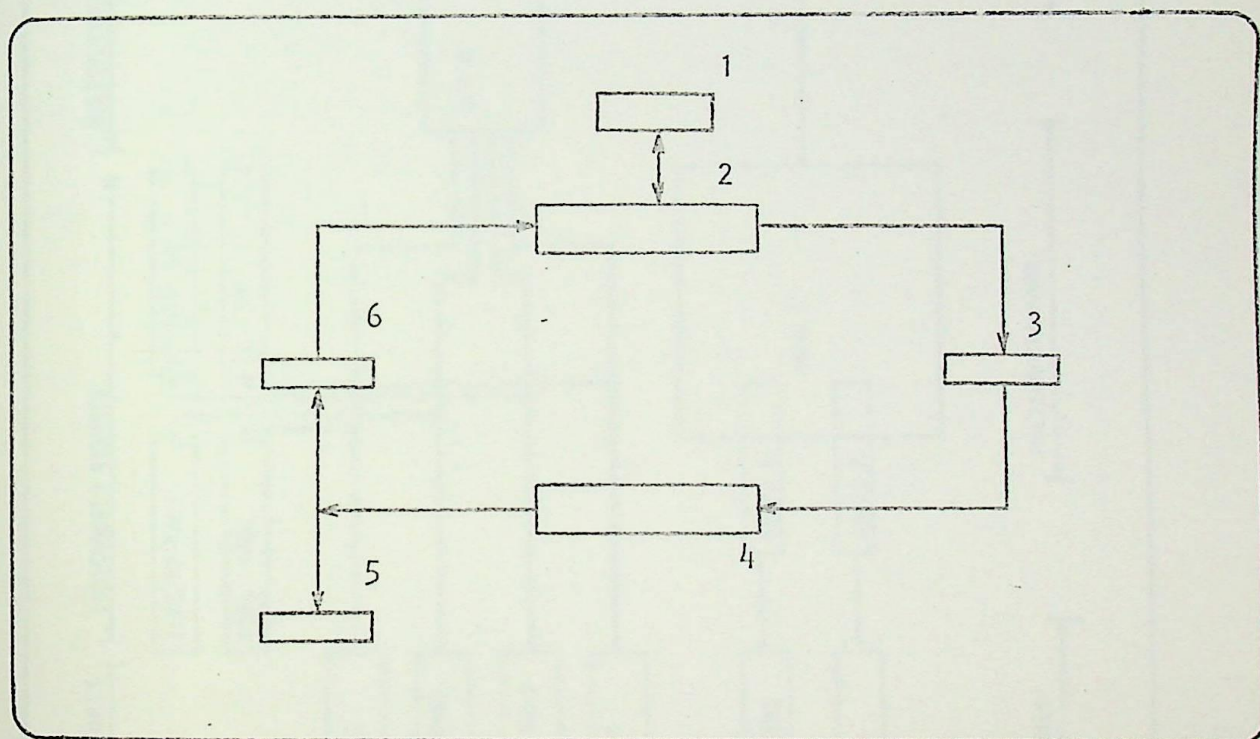


Figura 7.5 - 1. periféricos de entrada e saída; 2. computador; 3. banco de ensaios; 4. multiprogramador; 5. indicadores visuais; 6. multiplexador.

A figura 7.6 é um esquema de conjunto de todos os equipamentos que formam o equipamento aqui proposto.

Ela representa uma integração de diversas figuras anteriores, e objetivando a uma melhor visão do conjunto as legendas foram substituídas por uma nomenclatura sintética escrita no próprio bloco, fugindo-se assim da modalidade até agora usada.

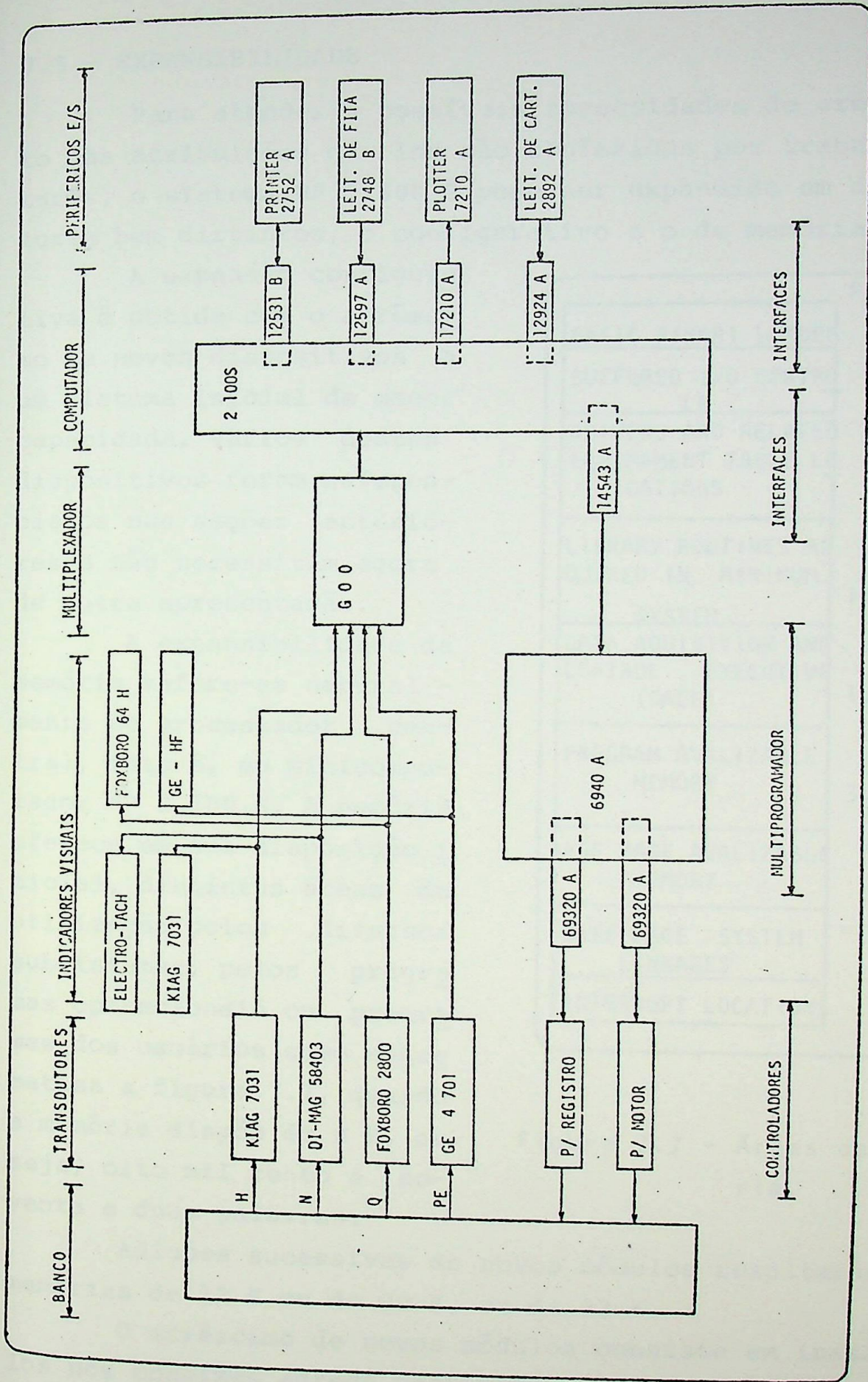


FIGURA 7.6 Integração do equipamento proposto.

7.5 - EXPANSIBILIDADE

Para atender a possíveis necessidades de crescimento das atribuições que lhe são conferidas por trabalhos futuros, o sistema HP 9.600 G pode ser expandido em dois setores bem distintos, o configurativo e o de memória.

A expansão configurativa é obtida com o acréscimo de novos dispositivos a um sistema inicial de menor capacidade. Vários destes dispositivos foram referenciados nas seções anteriores e não necessitam agora de outra apresentação.

A expansibilidade da memória refere-se naturalmente ao processador central, isto é, ao minicomputador HP 2.100 S. A memória oferece em sua disposição inicial, distintas áreas de utilização pelos diversos subsistemas, pelos programas operacionais ou programas dos usuários como esquematiza a figura 7.7, quando a memória dispõe de 8 K, ou seja, oito mil cento e noventa e duas palavras.

Adições sucessivas de novos módulos resultarão em memórias de 12 K ou de 20 K, ou de 32 K.

O acréscimo de novos módulos consiste em instalá-los nos encaixes adrede preparados no gabinete que contém a UCP.

A figura 7.8 esquematiza a configuração interna da unidade central de processamento.

Os sistemas usuais de memórias externas formados

	Palavras
BASIC BINARI LOADER	64
BUFFERED I/O CONTROL	558
DRIVERS AND RELATED EQUIPMENT TABLE LOCATIONS	706
LIBRARY ROUTINES REQUIRED IN MINIMUM SYSTEM	1.290
DATA ACQUISITION AND CONTROL EXECUTIVE (DACE)	1.451
PROGRAM AVAILABLE MEMORY	3.099
BASE PAGE AVAILABLE MEMORY	576
BASE PAGE SYSTEM LINKAGES	384
INTERRUPT LOCATIONS	64

Figura 7.7 - Áreas da memória.

por discos magnéticos ou tambores, são outras opções para um aumento da capacidade armazenadora do sistema que o tornam compatíveis aos grandes sistemas.

Um resultado prático da reconfiguração é o acréscimo e a melhoria do software que dá ao sistema uma alta capacidade operacional quer no campo do simples processamento de dados, quer no campo da aquisição de dados e controle. Um sistema HP 2.100 A pode ser reconfigurado no sistema HP 2.100 S com a

adição de um gerador de base de tempo e a adaptação do respectivo software. E do sistema HP 2.100 S pode chegar-se ao sistema HP 2100E ou ao HP 2.100 F para se chegar também ao processamento em tempo real, um coroamento das possibilidades dos computadores.

A expansão configurativa é possível de modo compacto, graças a alta modularidade e compatibilidade existentes

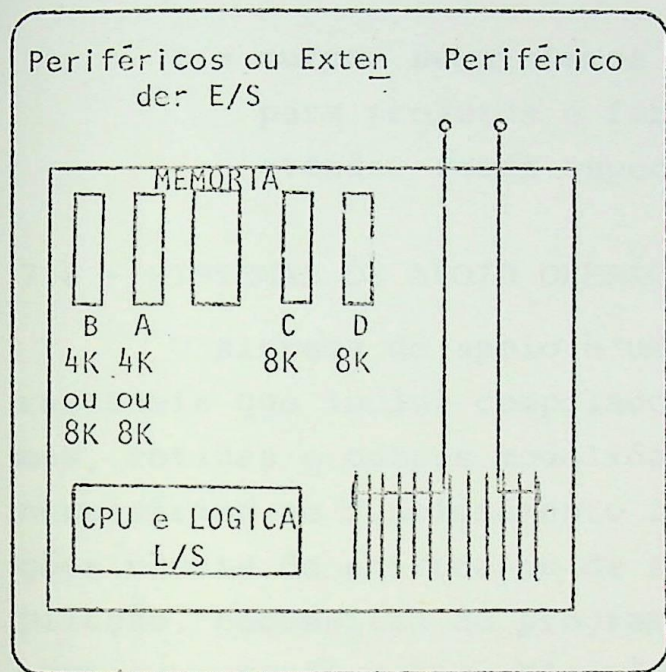


Figura 7.8 - Configuração interna da UCP.

tes entre os subsistemas diversos.

Uma expansibilidade que merece um destaque especial pelas atribuições que confere ao sistema, refere-se ao subsistema de aquisição de dados. Cumpre citar as seguintes :

- A - subsistemas integrados de conversão A/D, que aceita uma leitura de sinais fracos, ou de baixo nível, mesmo quando há ruídos;
- B - subsistemas A/D de alta velocidade que recupera e identifica sinais dinâmicos;

- C - subsistemas de leitura e medição de frequências até a faixa dos MHz e de intervalos de tempo de até cem nonossegundos. A expansão é possível até se atingir mil canais;
- D - interfaces diversas para conexão de equipamentos distintos de entrada e saída, tanto analógico como digital;
- E - outros subsistemas já disponíveis ou aceitos para projetos e fabricações sob encomenda para atender casos especiais de necessidades.

7.6 - SISTEMAS DE APOIO OPERACIONAL

O sistema de apoio é um conjunto de programas operacionais que inclui compiladores, programas, subprogramas, rotinas e outras modalidades, fornecidos pela HP, e necessários ao funcionamento regular do sistema. Operações usuais de entrada ou de saída, processamento ou compilação, necessitam de programas operacionais respectivos para suas realizações. Eles formam o que se chama de SOFTWARE do sistema.

São os sistemas de apoio que permitem o emprego de linguagens automáticas como o ASSEMBLER, FORTRAN, ALGOL, BASIC entre outros.

Entre os sistemas operacionais disponíveis pela HP, cumpre destacar os seguintes por suas atuações específicas destacadas :

- A - Basic Control System - BCS;
- B - DATA Acquisition and Control Executive - DACE;
- C - Real - Time Executive - RTE;
- D - Disc Operation System - DOS;
- E - Magnetic Tape System - MTS.

Entre as rotinas e subrotinas cumpre destacar as duas seguintes tendo em vista a alta prioridade de solicitações a que estão sujeitas :

A - Rotinas de Controle - Drivers;

B - Subrotinas de Interrupção - Interrupts.

As atribuições destes sistemas são de importância capital. Dada esta condição é que o assunto está tratado com mais detalhes no apêndice C.

7.7 - DESEMPENHO DO SISTEMA HP 9.600 G

No desempenho de suas atribuições, o sistema 9.600 G realiza as atividades seguintes :

- 1 - coordena as ações de medições dos subsistemas e dispositivos usados na aquisição dos dados, tais como termelamentos, extensômetros, transdutores de pressão, sensores magnéticos e demais dispositivos destinados a tomada de medidas. A leitura dos dados é realizada numa ordem estabelecida na programação;
- 2 - aponta ou corrige erros de leituras dos equipamentos de medições, bem como dos dispositivos do subsistema respectivo. A precisão das medições goza portanto de extensa confiança;
- 3 - converte os sinais correspondentes as medições que realiza em unidades significativas técnicas, correspondentes;
- 4 - calcula coeficientes, fluxos, direção de aquecimentos, distribuição estatística, de modo que os resultados dos trabalhos realizados podem ser conhecidos brevemente;
- 5 - confere os limites dos dados e dos resultados e avisa o operador, ou realiza uma interrupção automática, em casos de necessidade de proteção do equipamento ou do pessoal;

- 6 - emite relatórios impressos, traça gráficos, mostra em displays. Pode ainda dar saídas através de fitas perfuradas, fitas magnéticas, ou combinações conforme convém aos usuários;
- 7 - realiza comando de equipamentos e de processos, atuando sobre dispositivos de controle, como interruptores, motores, reostatos.

8.1 - ATRIBUIÇÕES DO COMPUTADOR

O computador é o elemento central de um sistema de aquisição de dados e controle. É ele que delimita a capacidade do sistema, suas possibilidades de ampliações e realiza todas as funções básicas gerais atribuídas ao processo. Estas credenciais explicam a especial atenção que lhe é atribuída com a dedicação de um capítulo inteiro.

Os modelos da série HP 2.100 apresentam muitas características comuns. As variações que os distinguem ocorrem por conta de detalhes específicos contidos nas funções que desempenham.

Apesar de se tratar de um minicomputador é ele geralmente referenciado como computador, dada sua capacidade operacional que o nivela em certos setores aos sistemas de grande porte.

O modelo HP 2.100 S foi o adotado para figurar no sistema aqui estruturado. Ele incorpora em uma só unidade elementos opcionais em outros modelos, onde eram agregados em módulos independentes a um custo mais elevado. Estes elementos são os seguintes :

- A - Unidade aritmética de ponto flutuante;
- B - Unidade de acesso direto a memória;
- C - Gerador de Base de tempo.

Estas opções conferem ao sistema atribuições mais amplas, como se pode deduzir de seus próprios títulos, aceitando tarefas e programações mais flexíveis.

Em princípios gerais, são as funções abaixo discriminadas que competem ao computador comandar ou realizar dentro de um sistema de aquisição de dados :

- A - recebimento dos programas;
- B - aquisição de dados;

- C - processamento de dados;
- D - tomada de decisões;
- E - emissão de relatórios;
- F - controle do banco;
- G - autoverificação (checkout) automática.

Para realizar estas funções o computador dispõe da configuração material e operacional constituída pelos elementos básicos necessários tais como memória com palavras de dezesseis bits, sistema de registros, sistema de interrupções e sistemas operacionais. Um painel de controle completa suas disponibilidades.

As seções seguintes fazem uma ligeira apresentação destas disponibilidades e deixam informações complementares para os anexos, ao passo que as mais completas são encontradas na bibliografia indicada.

8.2 - MEMÓRIA

A capacidade de memória do computador é de 8 K, que pode ser expandida até para 32 K pela adição de blocos individuais de 4 K. A memória é formada por páginas de 1 K, ou seja, mil e vinte e quatro palavras de dezesseis bits.

As duas primeiras páginas são endereçáveis diretamente, enquanto que as demais o são indiretamente.

8.2.1 - PALAVRAS

As palavras de dezesseis bits da memória são numeradas de 0 a 15 da direita para a esquerda como mostra a figura 8.1.A. Há ainda um bit reservado aos testes de paridade. Cada palavra pode ser subdividida em dois bytes de oito bits, como na figura 8.1.B, ou podem ser agrupados para formar palavras expandidas de trinta e dois bits.

A apresentação da estrutura da palavra é necessária para a compreensão de fases das linguagens usadas na programação.

Uma palavra de dezesseis bits aceita números compreendidos entre + 32.767 e - 32.768. Uma palavra dupla aceita entre 2.147.843.647 em decimais.

O bit significativo de mais alta ordem é reservado para o sinal.

Um 0 (zero) nesta posição indica o sinal +, e um 1 (um) indica o sinal -.

O bit 10 é usado para a referência de página, como mostra a figura 8.2.A. Os símbolos convencionais para esta referência são:

- Z- página zero
= lógica 0;
- C- página corrente
= lógica 1.

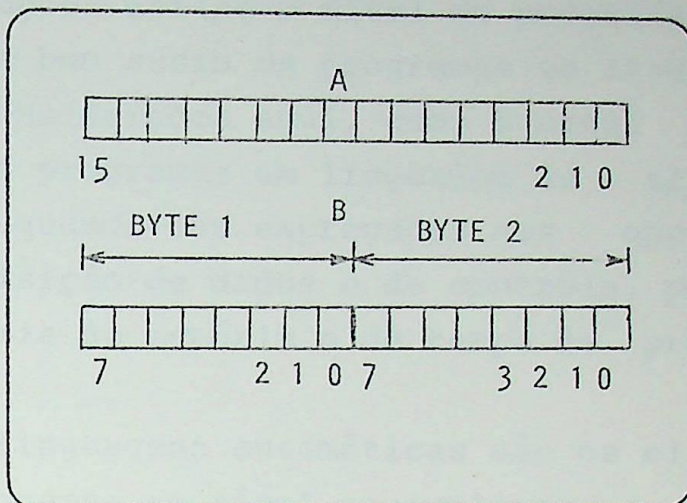


Figura 8.1 - Estrutura da palavra de dezesseis bits.

O bit 15 pode ser usado para especificar endereçamento direto ou indireto, conforme o seguinte código :

- D- direto
= lógica 0;
- I- indireto
= lógica 1.

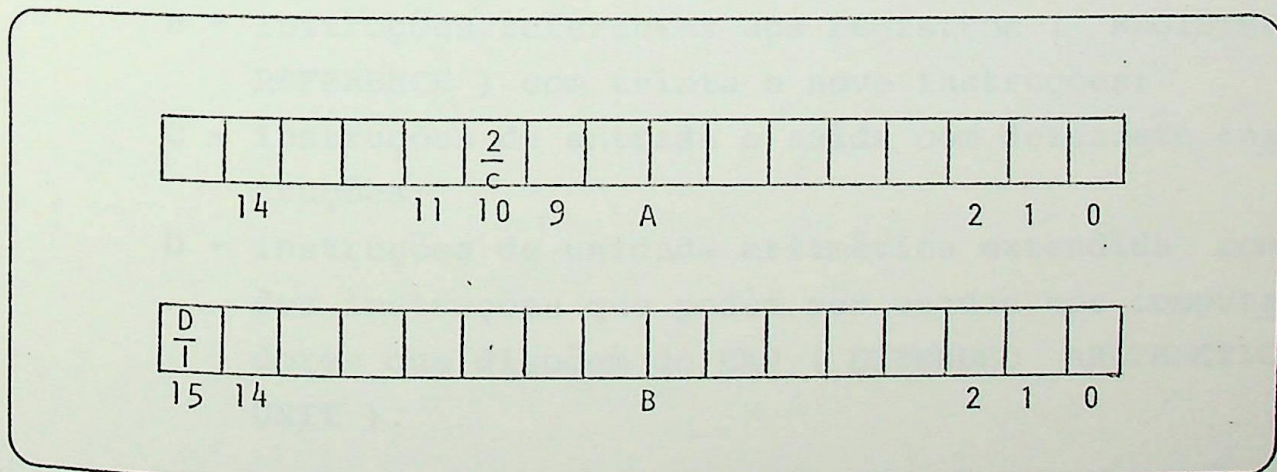


Figura 8.2 - Referência de página e endereçamento.

8.3 - INSTRUÇÕES

As instruções são os elementos mínimos de comunicação

ções entre o homem e a máquina como base do programa.

O nível das instruções define o nível do programa utilizado. As instruções e bem assim os programas em linguagem de máquina não são considerados aqui, como é usual em condições semelhantes. Os programas em linguagem de alto nível, como o ASSEMBLER, quando são empregados nas operações dos sistemas de aquisição de dados e de controle, permitem considerável economia de memória e de tempo de processamento.

As instruções em linguagens automáticas são os elementos unitários dos programas em nível equivalente, a exemplo do FORTRAN, do ALGOL e outros. Elas são em geral síglas ou abreviações de expressões ou de termos em inglês, o que justifica o frequente aparecimento de termos ou expressões deste idioma no tratamento com os computadores.

Conjunto de instruções são formados de acordo com as classes a que elas pertencem. São as instruções em linguagem de máquina, as pseudo instruções e as instruções de ponto flutuante.

As instruções em linguagem de máquina são em número de oitenta agrupadas nos quatro conjuntos seguintes :

- A - instruções referentes a memória (MEMORY REFERENCE) em número de catorze;
- B - instruções referentes aos registros (REGISTER REFERENCE) com trinta e nove instruções;
- C - instruções de entrada e saída com dezessete instruções;
- D - instruções de unidade aritmética extendida com dez instruções que podem ser usadas nos computadores que dispõem do EAU (EXTENDED ARITHMETIC UNIT).

Estas instruções, bem como suas funções e posições na memória, encontram-se listadas no apêndice B seção 2.1.

8.4 - SISTEMA DE REGISTROS

Os registros são locais da memória para armazenamento das palavras ou de números.

Os registros do minicomputador HP 2.100 S estão dispostos em quatro grupos, cujas funções bem distintas são :

- A - registros acumuladores;
- B - registros de controle de memória;
- C - registros suplementares;
- D - registro manual - display.

8.4.1 - REGISTROS ACUMULADORES

São dois, o registro A e o registro B, cada um com dezesseis bits, endereçáveis diretamente por uma instrução referente a memória.

O registro A grava os resultados das operações lógicas ou aritméticas resultantes dos programas. Seu endereço é 00000.

O registro B é o segundo do acumulador e tem idênticas funções. Seu endereço é 00001.

8.4.2 - REGISTROS DE CONTROLE DA MEMÓRIA

São os três registros T, P e M, de dezesseis bits cada um.

O registro M grava endereços da memória nos casos de leitura ou gravação.

O registro T é um intermediário entre a memória e os outros dispositivos. Todo dado que vem da memória, ou para ela vai, passa pelo registro M.

O registro P guarda o endereço da próxima instrução a ser buscada na memória.

8.4.3 - REGISTROS SUPLEMENTARES

São dois os registros suplementares, o OVERFLOW (OVF) e o EXTENDED (E), cada um com apenas um bit.

O registro OVF indica quando os resultados das operações aritméticas excedem a capacidade dos registros acumuladores A ou B, onde devem ser acumulados. Há uma lâmpada indicadora no painel, que indica, quando acesa, o over

flow (Estouro).

O registro E é usado para as lincagens entre os registros A e B por uma instrução ROTATE, ou instruções ADA ou ADB, e outras, vistas na seção 5 deste capítulo.

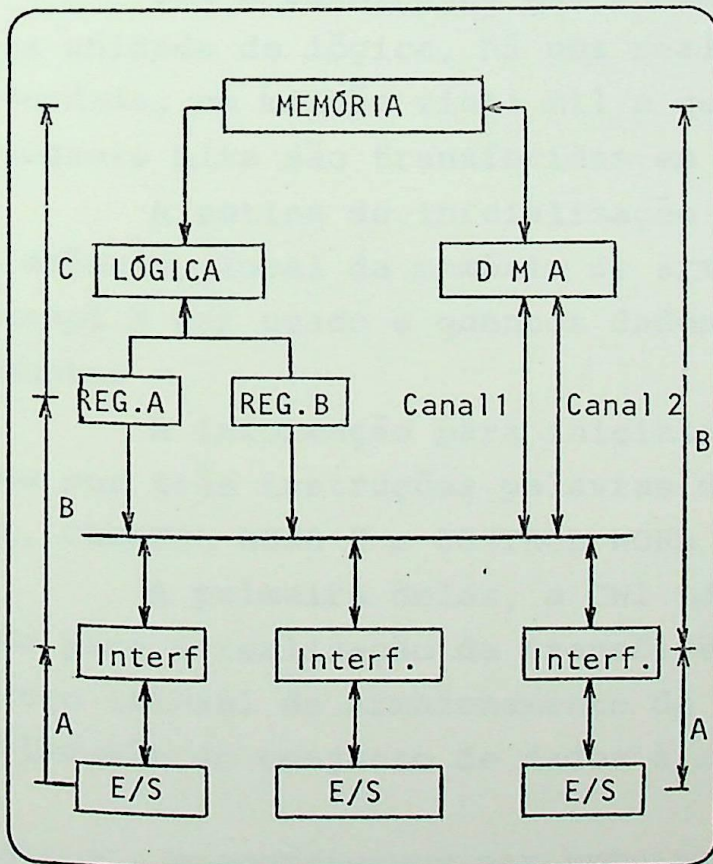
8.5 - SISTEMA DE ENTRADA E SAÍDA

É um conjunto de dispositivos eletrônicos que realiza a transferência de dados entre os periféricos de entrada e saída e a memória do computador, num e noutro sentido.

Há dois percursos para a realização das transferências, um indireto e outro direto.

O percurso indireto é feito em três etapas a saber:

- A - transferências entre os dispositivos E/S e os respectivos cartões interfaces;
- B - transferências entre os cartões interfaces e os registros A ou B;
- C - transferências entre os registros A ou B e a memória.



As três etapas referidas estão assinaladas a esquerda da figura 8.3.

Esta modalidade de transferência exige a manipulação dos dados na unidade de lógica do computador, e é realizada por meio da programação.

O percurso direto dispensa as manipulações realizadas pela unidade de lógica do computador. A transferência realiza-se através de um percurso denomi-

Figura 8.3 - Sistema de entrada e saída.

nado DIRECT MEMORY ACCESS, referenciado simplesmente como DMA e que significa acesso direto a memória, e é realizado em duas etapas :

- A - transferência entre os dispositivos E/S e os cartões interfaces respectivos;
- B - transferências entre os cartões interfaces e a memória.

8.5.1 - OPERAÇÃO DMA

A figura 8.3 mostra esta modalidade de transferência.

A segunda etapa desta modalidade conta com dois caminhos de comunicações, são o CANAL 1 e o CANAL 2, geralmente referenciados como DMA 1 e DMA 2.

O canal 1 tem prioridade hierárquica sobre o canal 2, e ambos o têm sobre a UCP.

Uma opção via DMA dispensa a programação que é substituída pela inicialização respectiva.

Com a eliminação das passagens pelos registros, e pela unidade de lógica, há uma real economia de tempo. Em verdade, um milhão vinte mil e quatrocentas palavras de dezesseis bits são transferidas em um segundo.

A rotina de inicialização indica o sentido da transferência, local da memória de armazenamento dos dados, o canal a ser usado e quantos dados transferiu, automaticamente.

A informação para inicializar a rotina DMA é formada por três instruções palavras de controle, CONTROL WORD 1, CONTROL WORD 2 e CONTROL WORD 3.

A primeira delas, a CW1 identifica o canal escolhido para a realização da transferência. A CW2 indica o endereço inicial de armazenamento da memória. A CW3 indica a dimensão do conjunto de dados a ser transferido.

8.5.2 - ENDEREÇAMENTO DAS ENTRADAS E SAÍDAS

Cada equipamento de entrada e/ou saída é conectado ao computador através de um circuito impresso próprio, de-

nominado CARTÃO INTERFACE (interface card). O cartão interface é que faz a preparação das informações trocadas entre o computador e o equipamento externo. Cada máquina, ou cada dispositivo é ligado ao computador tendo como elemento intermediário um cartão interface, que dispõe de um código alfa-numérico próprio.

Os cartões são alojados em aberturas verticais adrede preparadas, os encaixes (slots), existentes ora no computador, ora no equipamento.

Cada cartão é referido por um endereço fixo no encaixe segundo os dispositivos das ligações elétricas. Este endereço é chamado SELECT CODE.

Há uma hierarquia de prioridades estabelecida para o atendimento dos select codes.

Se se desejar prioridades de atendimentos para um determinado equipamento, usa-se o encaixe definido pela prioridade desejada.

O computador dispõe por si mesmo dos endereços numerados de 10 a 25 com este objetivo. Em caso de necessidade, o acréscimo de unidades EXTENDER pode ampliar esta capacidade até para sessenta e cinco endereços.

O modelo HP 2.155 A adiciona trinta e um novos encaixes disponíveis.

O endereçamento das entradas e saídas é portanto feita pelos endereços dos select codes para quaisquer dispositivos conectados ao computador por meio do respectivo cartão interface.

8.5.3 - CARTÕES INTERFACE

Os cartões interface estabelecem todas as ligações entre os diversos equipamentos que constituem um sistema de aquisição de dados e controle, e de modo especial com o computador.

Há três tipos básicos de cartões interface, classificados conforme as atividades que desempenham, como são visto a seguir.

8.5.3.1 - CONTROL BIT

Trata-se de um registro a flip-flop, bi-estável, de um só bit.

O computador o usa para ligar o canal do equipamento de E/S. O bit de controle é ativado pela instrução STC (SET CONTROL) e desativado pela instrução CLS (CLEAR CONTROL).

8.5.3.2 - FLAG BIT

É outro registro bi-estável de um só bit que o equipamento usa para indicar o fim da transmissão com o BUFFER respectivo. As instruções de comando são STF (SET FLAG) e CLF (CLEAR FLAG).

8.5.3.3 - BUFFER

É um registro para armazenamento intermediário de informações, também bi-estável. Sua palavra é em geral de oito ou de dezesseis bits, mas variável de acordo com o equipamento.

8.5.4 - TRANSFERÊNCIA DE DADOS

A transferência de dados entre o computador e os diversos dispositivos de entrada e saída comporta duas situações, a entrada e a saída, qualquer uma delas com ou sem o emprego do sistema de interrupções, visto na seção 8.7.

8.5.4.1- TRANSFERÊNCIAS DE ENTRADA

Algumas fases da entrada de dados são realizadas por programação, enquanto outras o são automaticamente pelo computador.

O operador deve realizar uma série de comandos, para controle e para limpar os registros de interface.

As rotinas de interrupção são automaticamente acionadas no fim de cada fase.

8.5.4.2 - TRANSFERÊNCIAS DE SAÍDAS

As informações ao saírem do computador para um periférico de saída são previamente carregados no registro A.

A instrução de saída transfere os dados deste registro para o BUFFER do cartão interface, e daí ao equipamento de saída. Algumas operações são realizadas por programação e algumas o são automaticamente.

O sistema de interrupção é acionado ao fim de cada operação, para interromper a corrente de informações.

8.5.4.3 - TRANSFERÊNCIAS SEM INTERRUPÇÕES

A transferência de dados nas operações de entrada e saída pode ser realizada sem o emprego do sistema de interrupções.

O processo exige uma espera do computador, até completar a saída de cada lado. Como as operações mecânicas são relativamente muito lentas, há um enorme tempo perdido pelo computador, como se pode deduzir de uma comparação entre os dados da subseção 8.5.1 e a seção 5 do apêndice B.

Apesar de se tratar de uma programação mais simples, o método é recomendável quando há tempo disponível. Há instruções especiais para cada tipo de operações.

8.6 - PAINEL DE CONTROLE

O computador HP 2.100 S dispõe de um painel de controle formado por interruptores ou chaves e botões luminosos.

Há uma chave de três posições e trinta e oito botões acionáveis por pressionamento com luzes bi-estáveis com o acionamento. Isto significa que ao ser pressionado o botão, sua luz acende-se caso esteja apagada, ou apaga-se caso esteja acesa.

De acordo com suas funções, os botões estão distribuídos nos seis grupos seguintes :

A - Operating Controls - Sete botões;

B - 16 Bit Registers - vinte e três botões;

- C - Display - dezesseis botões;
- D - Fase Status Indicator - três botões;
- E - Fault Indicator - dois botões;
- F - 1 - Bit Register - dois botões.

Apesar da importância de que se revestem as funções destes comandos no funcionamento do computador, as indicações que lhe são feitas nas seções seguintes, o são de modo abreviado, suficientes apenas para esclarecer o comando do aparelho.

8.6.1 - OPERATING CONTROLS

A chave e os sete botões que formam este grupo comandam em geral a partida e a parada do computador.

A função de cada elemento é bem definida, como abaixo se vê.

8.6.1.1 - CHAVE

É a chave geral do aparelho, com as posições POWER OFF, POWER ON e LOCK ON.

8.6.1.2 - INTERRUPT SYSTEM

Este botão controla o sistema de interrupts. Quando aceso, o sistema de interrupt está ativado. Quando o botão é acionado em halt, ele muda de estado, indicando a ativação ou a desativação do sistema. É portanto, através dele, que o operador tem ação sobre o sistema de interrupt.

8.6.1.3 - INSTR STEP

Este botão é usado para o avanço do programa em execução, instrução por instrução. A cada atuação sobre o botão, passa uma instrução. Se o botão RUN estiver aceso, há um loop infinito em processamento, que pode ser interrompido tocando-se o botão HALT.

8.6.1.4 - EXTERNAL PRESET

Botão de comando dos canais de entrada e saída .

Quando ocorre queda de tensão, sua lâmpada indicadora se a cende.

8.6.1.5 - INTERNAL PRESET

Este botão comanda dispositivos internos, limpando os indicadores PARITY, OVERFLOW e o sistema de interrupt .

8.6.1.6 - HALT CYCLE

Botão usado para dar um halt, parada, do computador, quando em processamento. Sua lâmpada se acende quando em halt. Os halts podem ocorrer frequentemente durante um processamento.

8.6.1.7 - LOADER ENABLE

Este botão interrompe o acesso ao carregador binário quando programas binários estão sendo carregados. Acende quando acionado, e assim pode permanecer até a ocorrência de um halt.

8.6.1.8 - RUN

Usado para dar partida ao processamento, durante o qual permanece aceso. Durante o " run " o registro S tem seu estado mostrado no display.

8.6.2 - 16 - BIT REGISTERS

São botões que atuam sobre os registros de dezesseis bits, ou seja, os registros A, B, M, P, S, T e N cujas funções estão expostas na seção 8.4.

Quando o operador necessita conhecer o estado de um registro, ele dá um halt no computador e aperta o botão correspondente ao registro referido. Então o registro selecionado tem seu estado aparecendo no DISPLAY.

8.6.3 - DISPLAY

O DISPLAY é formado por dezesseis botões que ocupam a primeira posição do painel. São numerados de 0 a 15 da

esquerda para a direita. Cada botão pode ser conectado a um bit de um registro selecionado e indicar o seu estado através da luz indicadora. Luz acesa indica bit ativado. Luz apagada indica bit desativado.

Assim o display pode indicar o estado de um registro qualquer de dezesseis bits.

Quando o computador está correndo um programa, o estado do registro S aparece normalmente no display.

Quando o operador deseja conhecer o estado de um registro qualquer de dezesseis bits, A, B, P, M, S ou T, ele dá um HALT e aperta o botão correspondente. O estado do registro selecionado aparece no display através das luzes indicadoras.

Após cada HALT é o registro T que aparece no display automaticamente. Isto significa que o último dado que entrou na memória fica exposto.

Cada botão muda seu estado biestável quando pressionado. Se estiver aceso apaga-se. Se estiver apagado acende-se. Como ele indica o estado do bit correspondente, isto significa que o bit também muda de estado. Logo é possível alterar o estado de um registro atuando sobre os botões do registro.

Este é um dos mais valiosos recursos do computador, pois permite a modificação ou a correção de informações que ele já possui.

Limpa-se o display apertando-se o botão CLEAR DISPLAY.

8.6.4 - PHASE STATUS INDICATORS

São três indicadores que assinalam o estado do computador. Se o indicador FETCH está aceso, o computador procura a instrução para registro P.

Os indicadores IND (indireto), e EXECUTE, caracterizam as próximas fases do computador.

8.6.5 - FAULT INDICATORS

São dois indicadores com o objetivo de apontarem as

possíveis falhas do equipamento, o PARITY e o INTERNAL PRESET.

O indicador PARITY, aponta erro de paridade, quando aceso. Esta modalidade de erro, é originada da leitura de conteúdo da memória. O indicador se apaga quando em halt, por atuação sobre o botão INTERNAL PRESET. Em processamento, ele se apaga com o acionamento do interrupt correspondente.

O indicador PRESET aponta a ocorrência de falhas de tensão.

Em halt, a tensão pode ser restaurada em seus valores, por atuação sobre o botão EXTERNAL PRESET. Quando ocorre uma falha, o sistema de proteção dos registros e da memória é acionado.

8.6.6 - 1 - BIT REGISTER

São apenas dois os registros de um bit, o OVERFLOW e o EXTEND. Seu estado " 1 " é indicado por luz acesa, e " 0 " por luz apagada. Quando o computador está em halt, o estado destes registros muda por atuação sobre os botões correspondentes. Este fato dá ao operador, acesso e ação sobre o estado dos registros.

8.7 - INTERRUPTORES INTERNOS

Além do painel de controle, o computador dispõe ainda de interruptores internos (internal switchs), que são acionados quando de uma paralização para reparos ou manutenção.

O primeiro botão é o ARS/ARS e destina-se ao restabelecimento da energia. Trata-se de um cartão cujo endereço é o encaixe 7 do sistema E/S.

O outro é o botão interruptor INT/HALT, e seu objetivo é a detecção de erros de paridade. Seu endereço é o encaixe 8 do sistema E/S.

8.8 - SISTEMA DE INTERRUPT

Os interrupts (interruptores), são programas con-

tidos nos supervisores, com a finalidade de alertar o sistema, ou interromper um processamento em caso de necessidade. O emprego do sistema de interrupt, permite que os programas sejam preparados em tempo real, sem que o sincronismo e a sequência do processamento sejam afetadas pelas velocidades dos periféricos.

O sistema deve ser capaz de interromper automaticamente o processamento, atender a rotina interrupt, e continuá-lo logo após. Sua eficiência baseia-se no intervalo de tempo necessário para guardar as informações indispensáveis a continuação do processamento, no momento da interrupção. Uma interrupção só se realiza após o fim de uma instrução, exceto em caso de erro, ou avariação, de máquina. Durante a execução de uma interrupção, os pedidos de outras interrupções que por acaso ocorrerem, terão que aguardarem vez.

No momento em que há uma interrupção do processamento, há um conjunto de informações, relativas aquele momento, que devem ser armazenadas num registro. Um tal conjunto de informações, é denominado PSW (Program Status Word - Palavra de estado do programa).

Há três espécies de PSW :

- A - PSW atual, ou corrente;
- B - PSW velha;
- C - PSW nova.

Quando uma sequência de instruções é interrompida o controle vai transferido para um registro fixo, que é a primeira instrução da sub-rotina de interrupção. Isto significa que a PSW corrente dispõe do endereço da instrução seguinte àquela que está sendo executada. As ações de um processo de interrupção passam-se na seguinte ordem :

- 1a. - quando há uma interrupção, a PSW corrente substitui a PSW velha;
- 2a. - a PSW nova substitui a PSW corrente. Para isto, ela possui o endereço da rotina de interrupção;
- 3a. - a rotina de interrupção é executada;

4a. - A PSW velha, é colocada no lugar da PSW nova. Ela contém o endereço da próxima instrução anterior a interrupção;

5a. - o processamento continua.

Esta sequência não prevalece no caso de erro de máquina.

O minicomputador HP 2.100 S dispõe de 60 níveis de interrupts diferentes. Cada nível possui um único grau de prioridade para seu acionamento, bem como um destino específico.

As duas prioridades de mais alto grau são as das falhas de máquinas. Em ordem decrescente as prioridades seguintes são reservadas ao DMA canal 1 e canal 2. As prioridades seguintes, com cinquenta e seis níveis, são reservadas para o equipamento E/S.

A memória reserva locais especialmente destinado aos interrupts. O quadro seguinte, lista as posições iniciais da memória, reservadas aos interrupts e aos registros operacionais, no sistema octal.

CANAL	ENDEREÇO (OCTAL)	FUNÇÃO
00	0000	Endereço do registro A
01	0001	Endereço do registro B
02	0002	Saída do conteúdo de A
03	0003	Saída do conteúdo de B
04	0004	Primeira prioridade - queda de tensão
05	0005	Segunda prioridade - erro de paridade
06	0006	Terceira prioridade - DMA, canal 1
07	0007	Terceira prioridade - DMA, canal 2
10	0077	Quarta prioridade - Equipamento E/S

Quadro 7.1.

Um interrupt sendo acionado durante um intervalo de um processamento, ele será processado tão logo reinicie o processamento, segundo a ordem de prioridade apresentada.

Com excessão dos dois primeiros níveis de prioridade, o sistema de interrupt pode ser ativado ou desativado, ou com a instrução STFOO ou com a instrução CLFOO.

Conforme o dispositivo que protege, há sete posições básicas de interrupts disponíveis pelo computador HP 2.100 S.

8.8.1 - VARIAÇÃO DE TENSÃO (Power Fail Interrupt)

O computador é equipado com um circuito sensível às variações de tensão. Quando a tensão varia e passa para valores além dos limites estabelecidos, o circuito aciona o interrupt do endereço 0004 que aciona automaticamente a rotina de interrupção e o aparelho é desligado a salvo de quaisquer danos.

A restauração do funcionamento do aparelho é feita por vias normais, como o EXTERNAL RESET.

8.8.2 - ERRO DE PARIDADE (Parity Error Interrupt)

Próprio para verificar a paridade da memória, disponível pelo computador 2.100. A lógica de paridade continuamente gera as correções de paridade para todas as palavras escritas na memória e monitora todas as palavras que dela saem. A paridade correta é definida com a existência de um " 1 " no bit 17º da palavra. Um erro de paridade aciona o endereço 0005, que produz a interrupção do equipamento, através da sub-rotina.

Um erro de sinal pode causar um HALT, acendendo a luz correspondente.

A instrução STF 05 pode ser dada ao fim da subrotina interruptora, reiniciando a lógica natural do processamento.

Recomenda-se outra passagem do programa ou dos dados, possibilitando descobrir a posição do erro.

8.8.3 - PROTEÇÃO DA MEMÓRIA (Memory Protect Interrupt)

A proteção da memória é condição excencial aos computadores, e o HP 2.100 a possui com real eficiência.

O endereço 0002 é o de mais baixa ordem sob a proteção na memória. Os registros A e B portanto, não gozam este privilégio. O comportamento da proteção da memória está relacionado a várias instruções do ASSEMBLER. Seu endereço é também 0005. Como as instruções do erro de paridade e da proteção da memória têm o mesmo endereço, é necessária uma distinção de qual das duas rotinas foi acionada. Se o bit 15 de um dos registros A ou B é " 1 ", há erro de paridade. Se é " 0 ", há atuação da sub-rotina de proteção da memória.

8.8.4 - ACESSO DIRETO A MEMÓRIA (DMA Interrupt)

O acesso direto a memória é um recurso para rápidas transferências de dados entre os periféricos E/S e a memória do computador. Em geral o DMA opera independentemente do sistema de interrupções.

Entretanto, após completada a transferência dos dados, há acionamento da sub-rotina respectiva de interrupção da operação.

Como há dois canais DMA, é necessário o acionamento de duas subrotinas, a de endereço 0006 para o canal 1, e a de endereço 0007 para o canal 2, com prioridade do primeiro sobre o segundo, como mostrada no quadro 7.1.

8.8.5 - ENTRADA E SAÍDA (I/O Interrupt)

Os endereços compreendidos entre 0010 e 0077 são reservados aos equipamentos de entrada e saída, com cinquenta e seis (decimal) canais disponíveis.

Se um dispositivo E/S aciona os canais respectivos enquanto um programa diferente está correndo, o sistema de interrupção causa a transferência dos dados para o BUFFER respectivo até o fim do processamento em causa. Posteriormente estes dados são transferidos a memória.

8.8.6 - REGISTROS (Interrupt Register)

Toda vez que ocorre uma interrupção, o respectivo endereço é carregado no sistema geral de interrupções.

Seus conteúdos ficam acessíveis aos registros A ou B por meio das instruções LTA 04 ou LTB 05 respectivamente.

8.8.7 - SISTEMA DE CONTROLE (Interrupt System Control)

O endereço central do sistema de entrada e saída é 00.

Uma instrução STF 00 aciona todo o sistema de interrupções e a instrução CLF 00 paraliza-o.

Entretanto as interrupções de falha de tensão e de erro de paridade constituem exceções, e são comandadas pelas instruções STF 05 e CLF 05 respectivamente.

Manualmente o sistema de interrupção pode ser acionado através do botão INTERRUPT SYSTEM do painel frontal.

8.9 - CARREGAMENTO DE OPERAÇÃO DO COMPUTADOR

A HP fornece fitas objeto, de papel, para carregar o computador com as primeiras instruções necessárias a um carregamento mais completo, constituído dos programas operacionais.

8.9.1 - CARREGAMENTO VIA LEITORA DE FITA

Basicamente o carregamento é feito segundo os passos abaixo relacionados, numa informação destituída de profundidade, via leitora de fita :

- A - preparar o equipamento de entrada, isto é, a leitora de fita. A fita está codificada em binário;
- B - apertar o botão S do painel de controle para ativar o registro S. O registro S aparecerá no display do painel por seu conteúdo;
- C - limpar os bits 0 e 15 do display;
- D - seleccionar o registro P, apertando o botão P do painel. O conteúdo de P será mostrado no display do painel;

- E - acionar o display para o início da leitura da fita objeto. Há um código para esta etapa que depende do tamanho da memória do computador e do elemento de leitura. Para uma memória de 8 K e fita de papel, o número é 17.700;
- F - inicializar os hardware externo e interno apertando os botões EXTERNAL PRESET e INTERNAL PRESET, do painel de controle;
- G - apertar o botão LOADER ENABLE e logo após apertar o botão RUN do painel frontal. Quando as luzes destes botões se acendem, teve início a operação de carregamento;
- H - terminado o carregamento, acende-se o botão HALT e apagam-se os botões LOADER ENABLE e RUN. O display indicará o conteúdo do endereço 102.077 (octal) automaticamente, caso não houve erro.

Assim termina o carregamento, via leitora de fita .

O carregamento via tambor apresenta passos distintos destes aqui descritos, mas não é apresentado porque este dispositivo não integrará o sistema aqui proposto.

8.9.2 - CARREGAMENTO MANUAL

Programas pequenos podem ser carregados através do painel frontal, com o seguinte procedimento :

- A - apertar o botão M. O display exibirá o conteúdo de M;
- B - ajustar o display de modo a indicar o endereço da instrução do programa;
- C - apertar o botão MEMORY DATA, cujo conteúdo aparecerá no display;
- D - mudar o conteúdo do display para a primeira instrução do programa, codificada em binário;
- E - apertar o botão INCREMENT M.
A instrução seguinte passa ao registro M e é exibida no display;
- F - entrar com a instrução seguinte através do DIS-

PLAY REGISTER;

G - repetir os dois últimos passos anteriores até o carregamento total do programa.

Este método de carregamento é impróprio para os programas maiores, porque é demorado.

8.9.3 - CORRIDA DOS PROGRAMAS

Para " correr " um programa, o operador segue o seguinte procedimento :

A - apertar o botão P para ativar o registro(P);

B - colocar o endereço inicial do programa no display;

C - apertar os botões EXTERNAL PRESET e INTERNAL PRESET;

D- apertar o botão RUN.

Caso o operador deseje, o display e o halt podem ser livre para o que se coloca a chave geral na posição LOCK ON.

O procedimento anterior prevalece nas operações de aquisição de dados, e é geral mas não absoluto, sendo dispensável a descrição das muitas variações possíveis.

9.1 - ETAPAS DO ENSAIO

A apresentação expositiva de ensaio comporta tres e tapas distintas :

- 1a.- Planejar um roteiro
- 2a.- Estabelecer parâmetros
- 3a.- Codificar programas.

Um tratamento suscinto de cada uma destas etapas é dado nas seções seguintes.

9.2 - PLANEJAR UM ROTEIRO

Procede-se a uma análise detalhada do trabalho. O que se tem, o que se deseja. Planeja-se um conjunto ordenado de ações que conduzem a estes resultados. Tem-se o ROTEIRO do ensaio.

Um roteiro simples pode constituir-se de uma só ação. Roteiros complexos comportam elevada quantidade de ações.

O sistema HP 9.600 G oferece apoio em equipamentos e em programas operacionais para casos simples e complexos.

Para simplificar a exemplificação, optou-se por um roteiro direto e desprovido de ações colaterais, composto de duas partes fundamentais que são :

- A - Realização do ensaio;
- B - Traçagem dos gráficos.

São disponíveis os elementos de alguns ensaios da bomba centrífuga de alta pressão do Laboratório da Escola Federal de Engenharia de Itajubá. Um destes ensaios orientou a elaboração do roteiro aqui exposto, porque atende à todas condições de equipamentos, de programas operacionais e didáticas.

Uma ressalva. O tempo é uma grandeza não considerada num ensaio clássico, mas o é num ensaio automático, por

que algumas atividades são controladas no tempo. É por isto que o tempo medido em horas, minutos e segundos foi considerado dentro das limitações práticas.

O roteiro pode especificar um programa unificado que comanda todas as atividades do ensaio. Pode todavia especificar um programa principal cuja atividade básica é gerenciar outros programas específicos, subprogramas ou subrotinas, cada um com atribuição bem definida.

Como já foi dito, as sub-rotinas do programa operacional DACE são denominadas TASKS.

Subprogramas e TASKS são escritos pelos usuários em qualquer das linguagens de alto nível. Assim, cada atividade do ensaio é comandada por subprograma ou sub-rotina própria. Por sua vez um subprograma ou uma TASK pode participar de ensaios diversos e distintos que incluem referida atividade. No caso presente optou-se por um programa principal que cobre as atividades básicas de ensaio através do DACE e de algumas TASKS.

As subseções seguintes apresentam sucintamente o programa principal conforme o roteiro estabelecido e nelas consubstanciado.

As atividades referidas são suficientes para a completa realização do ensaio.

9.2.1 - ATIVAÇÃO DO SISTEMA

Sob esta denominação entende-se a " ligação " do equipamento, banco e computador.

É a primeira atividade do ensaio, com máquinas funcionando e computador ativado pronto para receber o programa. Como a partida do processo não é função do computador, não comporta programa.

9.2.2 - LEITURA DOS CANAIS

A primeira ação do computador sob a ação do programa é " ler " os canais, ou seja, colher os dados previstos e necessários para a realização do ensaio. Para esta atividade foi planejada uma TASK. Durante esta fase são feitos

testes de leitura.

9.2.3 - RELÓGIO INTERNO

O relógio interno DATIM comanda a sequência cronológica do ensaio. Além de sua ativação procede-se a sua sincronização com tempo legal, isto é, "acerta-se" o relógio.

9.2.4 - REALIZAÇÃO DAS MEDIDAS

Trata-se da atuação dos sensores, aceitação e interpretação corretas dos sinais que emitem. O assunto é tratado com detalhes na seção 9.6.

9.2.5 - SIMULAÇÃO DE LEITURAS

Atividade dispensada no ensaio real. Sua inclusão prende-se por razões de complementação. Os dados lidos referem-se àqueles colhidos do ensaio da bomba já referido.

9.2.6 - TESTES

O computador testa a validade de toda ação que realiza. Ações invalidadas ou não realizadas, são repetidas.

Entre os testes realizados cumpre citar o teste de chaves e o de leitura de dados.

9.3 - ESTABELECIMENTO DE PARÂMETROS

Por sua natureza eminentemente passiva, o computador é incapaz de por si só, tomar decisões ou estabelecer limites de valores numéricos. As ações são realizadas conforme ordens do programa. Os limites das grandezas são estabelecidos a priori pelo programador. Isto significa que todos os detalhes do ensaio devem ser conhecidos e determinados. Daí a adoção do ensaio da bomba de alta pressão do Laboratório da Escola Federal de Engenharia de Itajubá como modelo. Seus valores numéricos são aqui considerados. A seção 9.8 trata com detalhes destes valores.

9.4 - CODIFICAÇÃO DOS PROGRAMAS

Foram codificados dois programas. O primeiro deles é o programa principal, escrito como a SUBROTINE MASTER , sob o comando do DACE e prevê todas ações relacionadas na seção 9.2 e detalhadas na seção 9.5.

O segundo programa cuida da traçagem dos gráficos previstos no ensaio. Este programa consta de duas partes. A primeira foi codificada para o sistema IBM 1.130 que dispõe do PLOTTER IBM - 1.627, por ser o único disponível e dada as necessidades de testar codificações e discutir resultados. São assim exemplificadas as opções constantes das subseções 5.4.1 e 5.4.2.

Todas as decisões relativas aos gráficos foram tomadas durante a codificação deste programa que foi depurado e corrido. Os detalhes desta fase encontram-se na seção 9.8. A listagem encontra-se na seção 9.9, os gráficos resultantes na seção 9.10 e as conclusões na seção 9.11.

A segunda parte foi codificada para o sistema HP . Trata-se de simples adaptação do primeiro programa, à codificação compatível com o computador HP 2.100 S, sob o título PROGRAMA PARA TRAÇAR CURVAS CARACTERÍSTICAS. Sua listagem encontra-se na seção 9,9.

9.5 - PROGRAMA PRINCIPAL

O programa principal executa o ensaio da bomba através do DACE, sob a forma e denominação de SUBROTINE MASTER. As atividades que formam o ensaio são comunicadas ao computador através de instruções do programa. Estas instruções podem ser modificadas antes ou durante o ensaio através do teletipo, conforme necessidades de última hora.

Cada atividade distinta e completa do ensaio é definida por um grupo de instruções que podem constituir um subprograma se for comandado pelo programa principal, ou podem constituir uma TASK se for comandada pelo DACE.

Um trabalho simples pode ser realizado por um programa principal simples. Um ensaio simples é realizado

por programa principal que realiza algumas atividades e recorre a subprogramas ou TASKS.

O DACE é operado para realizar várias atividades de aquisição de dados e controle. Logo podem ser deixadas ao seu encargo.

As atividades aqui previstas são atribuídas ao programa principal, ao DACE e às TASKS, conforme especificado nas subseções seguintes.

9.5.1 - ATIVIDADES DO PROGRAMA PRINCIPAL

São as seguintes as atividades atribuídas ao programa principal :

- A - Definição de grandezas e parâmetros;
- B - Processamento dos dados;
- C - Registro de valores;
- D - Chamadas de rotinas.

As atribuições destas atividades são relatadas abaixo.

9.5.1.1 - DEFINIÇÃO DE GRANDEZAS E PARÂMETROS

As grandezas são codificadas por abreviações de seus próprios nomes, pelas convenções adotadas nas PRANCHAS constantes da seção 9.12 ou arbitrariamente.

Os parâmetros foram definidos conforme os sistemas operacionais da HP ou limitados conforme os dados constantes de ensaios anteriores da bomba.

9.5.1.2 - PROCESSAMENTO DOS DADOS

Embora o ensaio da bomba seja uma atividade de certa complexidade, o processamento dos dados restringe-se ao emprego das fórmulas básicas abaixo codificadas, observada a coerência das unidades :

$$PE = RO * PER$$

$$PH = Q * H / 75.$$

$$ETA = PH / PE.$$

9.5.1.3 - REGISTRO DE VALORES

Os valores lidos das medições e da contagem das grandezas envolvidas no processo, os resultados dos cálculos, devem ser registrados por dispositivos de saída, para uso posterior ou para conhecimento do operador. Tabelas impressas são necessárias ao operador. Fitas de dados são usadas em atividades posteriores. O comando destas atividades é definido nos programas.

9.5.1.4 - USO DAS ROTINAS

São usadas rotinas do DACE e TASKS especificadas nas duas subseções seguintes.

9.5.2 - FUNÇÕES DO DACE

O programa prevê o emprego de tres rotinas do DACE.

DATIM - efetua leitura do relógio.

MEAS - efetua as medidas.

ISSW - testa chaves do painel.

9.5.3 - FUNÇÕES DAS TASKS

O sistema operacional HP 2.100 S aceita até vinte e oito TASKS para cada programa. Todavia o programa aqui apresentado prevê apenas tres rotinas desta modalidade :

MEASS - simula a leitura das medidas.

PARAM - obtém valores de RO por interpolação de dados da tabela RO*N conforme a figura 9.1 . Estes dados são fornecidos ao computador por antecipação.

AJUST - realiza o controle do banco a cargo do computador.

As demais TASKS para a leitura de canais, testes de chaves e outras, estão incluídas no programa principal.

Além destes, outros subprogramas poderiam ser incluídos no programa principal e não o foram por desnecessário. A impressão da capa do relatório do ensaio, por e-

xemplo, é feita por um programa que poderia constituir uma TASK.

9.6 - AQUISIÇÃO DE DADOS

A aquisição de dados, referida também por tomada de medidas, é a leitura e a aceitação das medidas das grandezas envolvidas no processo corretamente.

O programa comanda a leitura das grandezas através dos transdutores especificando os canais respectivos. Cada transdutor envia sinais ao multiplexador através de canal específico. Aí é o sinal convertido em grandeza de engenharia e enviado a memória para armazenamento.

As grandezas e os canais de seus percursos são :

A - Altura de elevação, H - Canal 0;

B - Velocidade de rotação, RPM - Canal 1;

C - Vazão, Q - Canal 2;

D - Potência elétrica, PE - Canal 3.

O canal e ganho respectivo são estabelecidos no programa por parâmetros conforme o equipamento empregado. No caso em referência, a rotação e a vazão são lidas diretamente e enviadas a memória. A altura de elevação e a potência elétrica são previamente preparadas por processamento, como está especificado nas subseções correspondentes.

9.6.1 - LEITURA DA ALTURA

Ver PRANCHAS 3 e 6.

A totalização da altura H consta de duas etapas, leitura da altura de montante HM e leitura da altura de jusante HJ, em metros.

A altura de montante sofre pequena ou nenhuma variação durante o ensaio, estabelecido o equilíbrio. O resultado pode ser fornecido por flutuador e comunicado ao computador via teclado, inclusive as variações que por acaso ocorrerem.

A altura de jusante é lida através do transdutor de pressão KIAG modelo 6.201 cuja saída é tensão alternada va

riável de 0,0V até 10,0 V proporcional à altura correspondente da coluna líquida, como o mostra a seção 1 do apêndice A.

Os sinais são encaminhados via canal 0 ao computador, pelo multiplexador.

De posse destes dois elementos, o computador realiza o processamento da altura efetiva através da instrução:

$$H = HM + HJ$$

Para efeito de estabelecer parâmetros, foi adotada a altura máxima de 150,00 m para a bomba considerada.

9.6.2 - LEITURA DA ROTAÇÃO DO EIXO

Ver PRANCHAS 3 e 7.

A leitura da rotação N do eixo é feita pelo sensor tacométrico eletro-magnético marca ELECTRO modelo DI -MAG 58.403, apresentado na seção 4.3 e tratado com mais detalhes na seção 2 do apêndice A.

Com roda dentada de sessenta dentes, a rotação em RPS é lida diretamente em RPM.

O sensor emite pulsos retangulares na faixa de 0,0V até 10,0V, encaminhados ao computador via canal 1 do multiplexador, passando pelo cartão de ganho 1.

A velocidade limite foi fixada em 3.000 RPM.

9.6.3 - LEITURA DA VAZÃO

Ver PRANCHAS 3 e 8.

A vazão Q é medida pelo fluxômetro MAGNETOFLOW citado na seção 4.4 e tratado com mais detalhes na seção 3 do apêndice A.

Os sinais são encaminhados ao computador via canal 2 do multiplexador. Os sinais variam dentro da faixa de 0,00 V até 0,01 V e podem ser amplificados por um ganho estabelecido na programação como uma potência de 2.

A vazão máxima foi limitada em 12 l/s para efeito de calibragem do aparelho.

9.6.4 - LEITURA DA POTÊNCIA ELÉTRICA

Ver PRANCHA 3.

A leitura da potência elétrica fornecida pela rede PER ao motor elétrico que aciona a bomba, é feita pelo transdutor WATT - TRANSDUCER da GE, modelo 4.701 referido na seção 4.5.

O sinal de saída em corrente contínua varia de 0,000A até 0,001A e pode ser convertido em tensão por resistor de queda.

O sinal chega ao computador via canal 3 e pode ser amplificado conforme uma potência de 2, por um ganho G estabelecido no programa.

Como o rendimento do motor elétrico (codificado RO) é menor que 1, e varia com a velocidade do próprio motor, a potência PE que a bomba recebe é dada pela expressão codificada :

$$PE = RO * PER$$

Com dados obtidos experimentalmente traça-se a curva de rendimento do motor com uma forma genérica mostrada abaixo :

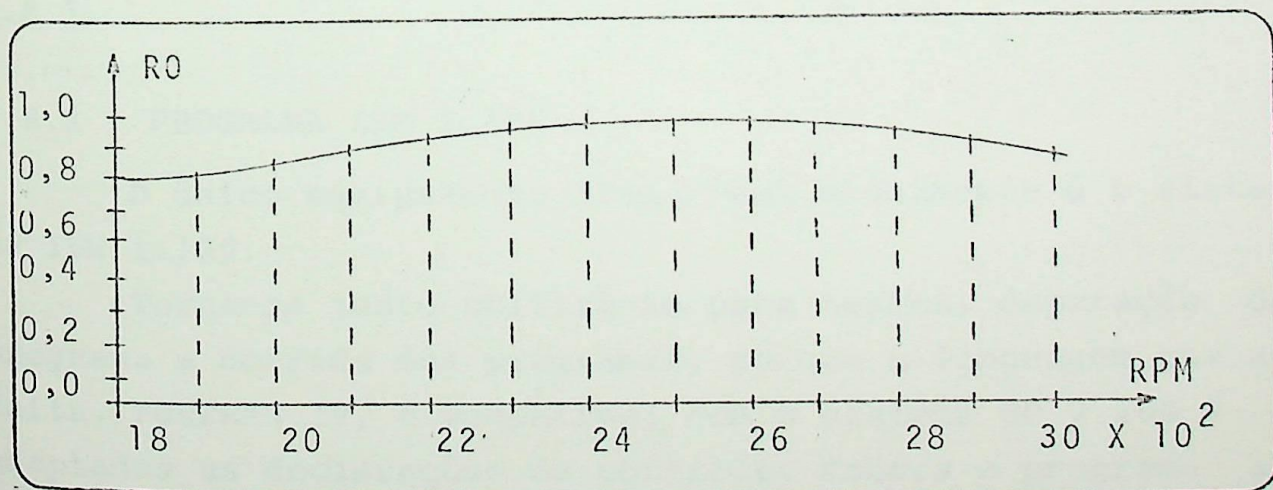


Figura 9.1 - CURVA DE RENDIMENTO DO MOTOR ELETRICO.

O valor do rendimento RO é calculado por interpolação e codificado em sub-rotinas caso o computador disponha de memória capaz de armazenar a tabela de dados necessária.

Caso contrário o operador pode fornecer-lhe os dados no momento oportuno via teletipo por leitura pessoal do gráfico ou de tabela adrede preparada. Esta opção pode causar efeitos desfavoráveis ao ensaio oriundos das condições humanas.

Os parâmetros de PER foram limitados entre 5,00 KW e 22,00 KW.

9.7 - PROGRAMAS DO ENSAIO

O primeiro programa, SUBROTINE MASTER, especificado na seção 9.4 foi codificado de acordo com as considerações da seção anterior e sua listagem encontra-se na seção 9.9.

O programa dos gráficos é apresentado na seção seguinte e sua listagem encontra-se também na seção 9.9.

9.8 - PROGRAMAS DOS GRAFICOS

A codificação dos programas para traçar os gráficos foi feita em duas etapas. A primeira foi codificada para o sistema IBM 1.130 e a segunda para o sistema HP 2.100 S.

Todos os elementos necessários aos programas foram definidos para a primeira etapa, como mostram da sub-seção 9.8.1.

9.8.1 - PROGRAMA IBM 1.130

O único equipamento disponível atualmente é o sistema IBM 1.130.

Torna-se justo utilizá-lo para testes, depuração do programa e corrida dos programas, porque a linguagem que aceita, FORTRAN IV, é compatível com o sistema HP 2.100 S, adaptadas as declarações de controle. Embora o programa apresente uma unidade contínua, sua apresentação se faz em tres etapas distintas, com o objetivo de simplificar :

- A - Traçagem dos eixos coordenados;
- B - Traçagem das legendas;
- C - Traçagem das curvas.

Os dados utilizados foram obtidos da TABELA 9.2 apresentada na subseção 9.8.2.

9.8.1.1 - TRAÇAGEM DOS EIXOS

O computador traça inicialmente os eixos coordenados. A tabela 9.2 estabelece os limites da vazão Q de 0,00 l/s até 12,00 l/s marcada no eixo horizontal, e os limites da altura de elevação H de 0,00 m até 150,00m marcada no eixo vertical.

Em vista das dimensões do papel, foram fixadas as dimensões de 5,25" para o eixo horizontal com a marcação de 12 unidades, e 3,75" para o eixo vertical com a marcação de 150 unidades de 10 em 10.

Logo as escalas são respectivamente $X_S = 5,25/12$ ou $X_S = 0,41$ e $Y_S = 3,75/150$ ou $Y_S = 0,023$ para os eixos horizontal e vertical.

9.8.1.2 - TRAÇAGEM DAS LEGENDAS

As legendas escritas no desenho são traçadas pelo PLOTTER e são portanto programadas.

Foram previstas l^égendas para marcar as unidades nos eixos coordenados em algarismos, e os títulos dos gráficos sob a denominação genérica TITLE. Nos exemplos apresentados aparecem como TITLE as legendas CARACTERÍSTICAS DE CANO, CARACTERÍSTICAS DE ROTOR, PONTO DE TRABALHO e CAMPO DE FUNCIONAMENTO.

9.8.1.3 - TRAÇAGEM DAS CURVAS

As variáveis relacionadas abaixo foram escolhidas para definirem as diversas grandezas e parâmetros envolvidos :

NC - é o número da curva.

Quando $NC \neq 0$ é traçada a curva cujas coordenadas forem fornecidas.

Para se traçar uma curva, $NC=1$.

Para duas curvas $NC=2$.

Assim sucessivamente.

Para o fim da execução tem-se $NC=0$, logo o último cartão de dados é branco.

NPP - É o número de pares de polos.

É o número de pontos da curva cujas coordenadas são fornecidas em termos de H e Q.

H (J); Q (J); J= 1, 2, ...

São as coordenadas dos pontos da curva.

QMAX - Máximo valor de Q.

Determina a máxima abscissa da curva em valores de Q. Se QMAX=0 a curva coincidirá com o eixo vertical. Para cada curva define-se um QMAX. Para um conjunto de curvas estes valores consideram a estética do gráfico. Esta variável refere-se apenas às curvas traçadas por meio de equações.

DQ - Incremento de Q.

É o valor com que se incrementa Q de um para outro ponto. O menor valor de DQ aceitável pelo PLOTTER é 0,05". Adotou-se para as curvas traçadas por equações, o valor DQ=0,1".

N - Velocidade de rotação em RPM.

Para as características de rotor os valores de N são constantes.

Além das variáveis acima referidas foram definidos alguns índices de controle com o objetivo de permitir ao operador escolher o tipo e a quantidade de curvas que deseja traçar. Estes índices são :

IG - Índice Geral.

Determina a quantidade de curvas a ser traçada, nas condições :

IG \neq 0 - Uma curva;

IG = 0 - Várias curvas.

NCA - Número de Curvas de Cano.

Indica a quantidade destas curvas.

Condição NCA \neq 0 para que referida curva seja traçada.

NPC - Índice Para Cano.

Indica se a característica de cano será traçada por pontos ou pela equação, assim convencionalmente :

IPC = 0, por pontos;

IPC = 1, pela equação.

NRT - Número das Curvas de Rotor.

Indica a quantidade destas curvas.

Se NRT = 0, não são traçadas as curvas de rotor.

IPC - Índice Para Rotor.

Indica se a característica de rotor será traçada por ponto ou pela equação, assim convencionalmente :

NPR = 0, por pontos;

NPR \neq 0, pela equação.

As variadas combinações destes índices permitem que sejam traçadas várias modalidades de curvas. A tabela seguinte ilustra esta afirmativa para os gráficos traçados a título de exemplos.

IG	NCA	IPC	NRT	IPR	CAN	ROT	PTO	EQO	NC	FIG
1	1	0	0	x	S	X	S	X	1	9.2
1	1	1	0	X	S	X	X	S	1	9.4
1	0	X	1	0	X	S	S	X	1	9.6
1	0	X	1	1	X	S	X	S	1	9.8
1	1	0	1	0	S	S	S	X	1	9.10
0	1	0	0	X	S	X	S	X	6	9.3
0	1	1	0	X	S	X	X	S	6	9.5
0	0	X	1	0	X	S	S	X	6	9.7
0	0	X	1	1	X	S	X	S	5	9.9
0	1	0	1	0	S	S	S	X	6	9.11

TABELA 9.1

As características principais destas curvas são mostradas nas linhas seguintes.

CARACTERÍSTICAS DE CANO

Esta curva pode ser traçada por pontos ou pela equação. Aquela modalidade é discutida em primeiro lugar, esta em segundo lugar.

A - Por Pontos.

Nesta modalidade o computador simplesmente liga entre si os pontos marcados por segmentos de retas. São duas as opções :

A1 - Uma curva;

A2 - várias curvas.

O gráfico correspondente da opção A1 constitui a figura 9.2 e o da opção A2 constitui a figura 9.3.

Não se considera a curva inicial correspondente a uma vazão nula, $Q = 0,00$ coincidente com o eixo vertical.

A disponibilidade dos dados para traçagem das cinco curvas é a seguinte :

Q	2.50	2.70	3.00	3.40	3.55	3.80
H	060.	068.	090.	110.	126.	147.

1a. CURVA

Q	3.90	4.15	4.85	5.40	5.80	6.35
H	050.	055.	076.	095.	111.	135.

2a. CURVA

Q	4.80	5.20	6.05	6.80	7.15	8.10
H	040.	047.	066.	084.	100.	121.

3a. CURVA

Q	5.30	5.95	6.70	7.55	8.20	9.10
H	035.	045.	060.	076.	090.	112.

4a. CURVA

Q	6.15	6.90	7.90	8.80	9.80	11.10
H	027.	035.	047.	058.	073.	081.

5a. CURVA

B - Por Equação.

Sabe-se que o computador traça gráficos ligando pontos por segmentos de retas. Entretanto ele pode calcular a posição de cada ponto por meio de uma equação. Quando os pontos são suficientemente próximos, a figura resultante se assemelha a uma curva representativa da equação referida, e como tal é considerada. A proximidade dos pontos foi aqui definida por $DQ = 0.1''$ já referida.

A equação já referida na seção 3.2.2 para a característica de cano é :

$$H = K \cdot Q^n$$

Sua codificação em FORTRAN ficou :

$$H = A * Q * * E N E$$

As alterações se prendem a natureza de valores de ponto fixo e de ponto flutuante para constantes ou números reais.

Os parâmetros K e n são calculados para cada curva, conforme uma marcha que o computador percorre, mostrada a seguir.

Sejam dois pontos consecutivos P1 e P2 da curva, de coordenadas Q e H :

$$P1 (H1; Q1)$$

$$P2 (H2; Q2).$$

Levando estes valores à equação, dividindo membro a

membro e simplificando vem :

$$\frac{H1}{H2} = \left(\frac{Q1}{Q2} \right)^n$$

Para simplificar a codificação faz-se :

$$F1 = H1/H2$$

$$F2 = Q1/Q2$$

Logo a equação fica :

$$F1 = F2^n.$$

Desta expressão calcula-se o valor de n pela fórmula :

$$n = \text{Log } F1 / \text{Log } F2.$$

Obtido o valor de n, a expressão inicial pode agora fornecer o valor de K por :

$$K = H1/Q1^n.$$

A codificação destas expressões ficou :

$$F1 = F2 * E N E$$

$$A = H1 / Q1 * * E N E.$$

Após este procedimento é que o computador passa a trabalhar com a expressão inicial.

Tendo em vista que os valores experimentais de Q e H relativos a uma mesma curva situam-se dentro de uma faixa de valores cuja largura depende da precisão dos aparelhos e do cuidado do operador, a curvatura de uma curva pode variar conforme os pontos P1 e P2 considerados. Entretanto esta variação não chega a afetar profundamente os resultados de um ensaio usual.

A título de exemplo são apresentados abaixo os pares de valores de P1 e P2 usados para traçar as curvas mostradas na figura 9.5.

Primeira curva :

P1 (126.; 3.55)

P2 (60.; 2.50).

Segunda curva :

P1 (111.; 5.80)
P2 (50.; 3.90).

Terceira curva :

P1 (100.; 7.15)
P2 (40.; 4.80).

Quarta curva :

P1 (90.; 8.20)
P2 (35.; 5.30).

Quinta curva :

P1 (73.; 9.80)
P2 (27.; 6.51).

Sexta curva :

P1 (30.; 11.0)
P2 (15.; 7.7).

Conforme a indicação do índice geral IG, o programa executa uma das opções seguintes :

- B1 - Uma curva;
- B2 - Várias curvas.

O gráfico traçado segundo a opção B1 está mostrado na figura 9.4 e o outro segundo, a opção B2, o está na figura 9.5.

CARACTERÍSTICAS DE ROTOR

A curva característica de rotor pode ser traçada por pontos ou por equação, na quantidade que se desejar, u ma curva, ou várias curvas.

A - Por Pontos.

Também aqui o computador simplesmente liga por segmentos de retas os pontos consecutivos da curva. São duas opções :

- A1 - Uma curva;
- A2 - Várias curvas.

A curva relativa a opção A1 está mostrada na figura 9.6 e as curvas relativas a opção A2 estão mostradas na figura 9.7 para seis curvas.

Foram traçadas as curvas correspondentes às velocidades de rotação de 2.000 RPM, 2.200 RPM, 2.400 RPM, 2.600 RPM, 2.800 RPM e 3.000 RPM.

Sendo N a velocidade do eixo e os índices I referido aos pontos da curva e J referido ao número da curva, consubstanciados em N (I, J), I= 1, 2, ..., 6 e J=1, 2,...6, foram organizadas as tabelas abaixo relacionadas para execução das curvas.

PRIMEIRA CURVA - N \approx 2.000 RPM

N (I, J)	N	Q	H
N (1, 1)	2.163	0.00	77.00
N (2, 1)	1.935	2.50	60.00
N (3, 1)	1.825	3.90	50.00
N (4, 1)	1.754	4.80	40.00
N (5, 1)	1.704	5.30	35.00
N (6, 1)	1.670	6.15	27.00

SEGUNDA CURVA - N \approx 2.200 RPM

N (I, J)	N	Q	H
N (1, 2)	2.292	0.00	85.50
N (2, 2)	2.042	2.70	68.00
N (3, 2)	1.924	4.15	55.00
N (4, 2)	1.889	5.20	47.00
N (5, 2)	1.930	5.95	45.00
N (6, 2)	1.870	6.90	35.00

TERCEIRA CURVA $N \approx 2.400$ RPM

N (I, J)	N	Q	H
N (1, 3)	2.568	0.00	107.00
N (2, 3)	2.350	3.00	90.00
N (3, 3)	2.238	4.85	76.00
N (4, 3)	2.200	6.05	66.00
N (5, 3)	2.180	6.70	60.00
N (6, 3)	2.140	7.90	47.00

QUARTA CURVA $N \approx 2.600$ RPM

N (I, J)	N	Q	H
N (1, 4)	2.720	0.00	120.00
N (2, 4)	2.585	3.40	110.00
N (3, 4)	2.510	5.40	95.00
N (4, 4)	2.470	6.80	84.00
N (5, 4)	2.442	7.55	76.00
N (6, 4)	2.372	8.80	58.00

QUINTA CURVA $N \approx 2.800$ RPM

N (I, J)	N	Q	H
N (1, 5)	2.860	0.00	137.00
N (2, 5)	2.764	3.55	126.00
N (3, 5)	2.700	5.80	111.00
N (4, 5)	2.680	7.15	100.00
N (5, 5)	2.660	8.20	90.00
N (6, 5)	2.640	9.80	73.00

SEXTA CURVA N ≈ 3.000 RPM

N (I, J)	N	Q	H
N (1, 6)	2.994	0.00	116.00
N (2, 6)	2.980	3.80	147.00
N (3, 6)	2.960	6.35	135.00
N (4, 6)	2.960	8.10	121.00
N (5, 6)	2.955	9.10	112.00
N (6, 6)	2.780	11.10	81.00

A execução de uma curva característica de rotor só pode ser realizada depois de lidos todos seus pontos. Entretanto a leitura dos pontos é feita no sentido das curvas características de cano. Logo, só depois de marcados os pontos da última destas curvas é que se tem condições para o início da execução das curvas características de rotor.

Em poucas palavras, inicialmente são traçadas as características de cano. Posteriormente são traçadas as características de rotor.

O computador deve portanto arquivar os dados durante o ensaio e posteriormente traçar os gráficos. O arquivo mais barato é a fita de papel.

B - Por Equação.

A equação para traçagem das curvas características de rotor foi apresentada na seção 3.2.1 e é a seguinte :

$$N^2A + NQB - Q^2C = H$$

onde a velocidade de rotação N é constante para cada curva, Q e H são as variáveis e A, B e C são parâmetros que devem ser determinados.

Para cada curva é necessário resolver um sistema de três equações e três incógnitas para determinar os referidos parâmetros.

A título de exemplo é apresentado o sistema formado para determinar os referidos parâmetros A, B e C da curva correspondente a N = 2.000 RPM.

Foram considerados aleatoriamente os pontos 3, 4 e 5 na respectiva tabela de dados, onde estão destacados por linhas tracejadas :

$$2.000^2 \times A + 2.000 \times 3.9 \times B - 3.9^2 \times C = 50$$

$$2.000^2 \times A + 2.000 \times 4.8 \times B - 4.8^2 \times C = 40$$

$$2.000^2 \times A + 2.000 \times 5.3 \times B - 5.3^2 \times C = 35.$$

O sistema é resolvido pelo computador por meio de uma sub-rotina codificada em FORTRAN e chamada RESIG, pelo método de Gauss.

Obtidos os valores de A, B e C o computador forma a equação da curva e a traça seguindo o programa. A sub-rotina precede o programa.

Os dados empregados para a traçagem das curvas mostradas na figura 9.8 referem-se aos pontos 3, 4 e 5 da tabela de dados correspondente onde estão destacados por linhas tracejadas.

9.8.2 - TABELA

A tabela transcrita nas páginas seguintes foi obtida de um ensaio real da bomba considerada.

Ela serviu de apoio para a metodização do trabalho e fornecimento de dados para os exemplos apresentados.

T A B E L A 9 . 2

LEITURAS

RESULTADOS

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
NO	T	H	N	Q	PE	PI	PH	ETA
IJ	H	M	S	RPM	LIS	KW	CV	CV

PRIMEIRA ABERTURA FI=0.0.

11	09-11-58	077	2163	00.00	05.0	03.90	00.00	0.00
12	09-20-00	085	2292	00.00	05.3	04.40	00.00	0.00
13	09-26-25	107	2568	00.00	06.2	05.90	00.00	0.00
14	09-34-30	120	2720	00.00	06.8	06.80	00.00	0.00
15	09-42-48	137	2860	00.00	07.3	07.60	00.00	0.00
16	09-50-09	146	2994	00.00	07.8	08.50	00.00	0.00

SEGUNDA ABERTURA FI=0.2

21	09-55-10	060	1935	02.50	06.1	04.35	02.04	0.466
22	10-01-00	068	2042	02.70	06.8	05.15	02.56	0.501
23	10-08-20	090	2350	03.00	08.6	07.65	03.60	0.470
24	10-13-48	110	2585	03.40	10.2	10.10	05.10	0.500
25	10-19-31	126	2764	03.55	11.5	12.40	05.83	0.470
26	10-25-12	147	2980	03.80	13.0	15.10	07.50	0.496

TERCEIRA ABERTURA FI=0.3

31	10-35-54	050	1825	03.90	06.8	04.65	02.62	0.561
32	10-40-58	055	1924	04.15	07.5	05.40	03.12	0.580
33	10-44-48	076	2238	04.85	09.6	08.10	04.95	0.650
34	10-50-31	095	2510	05.40	11.9	11.50	06.81	0.592
35	10-56-12	111	2700	05.80	13.7	14.60	08.60	0.590
36	11-02-05	135	2960	06.35	16.5	19.50	12.10	0.620

QUARTA ABERTURA FI=0.4

41	11-09-11	040	1754	04.80	06.9	04.50	02.50	0.555
42	11-16-08	047	1889	05.20	07.8	05.55	03.27	0.656
43	11-21-47	066	2200	06.05	10.3	07.65	05.27	0.688
44	11-26-31	084	2470	06.80	12.6	12.40	07.55	0.610
45	11-31-23	100	2680	07.15	14.9	16.10	09.50	0.590
46	11-36-18	121	2960	08.10	18.0	21.60	13.10	0.606

QUINTA ABERTURA FI=0.6

51	11-45-06	035	1704	05.30	06.8	04.40	02.45	0.555
52	11-49-48	045	1930	05.95	08.4	06.15	03.58	0.656
53	11-54-00	060	2180	06.70	10.6	08.50	03.37	0.680
54	11-59-11	076	2442	07.55	13.0	12.75	07.00	0.610
55	12-04-32	090	2660	08.20	15.2	16.30	09.80	0.590
56	12-10-40	112	2955	09.10	18.5	22.50	13.60	0.606

SEXTA ABERTURA FI=0.8

61	12-15-31	027	1670	06.15	06.9	04.30	02.22	0.555
62	12-19-42	035	1870	06.90	08.4	06.00	03.21	0.582
63	12-24-09	047	2140	07.90	10.8	08.85	04.95	0.620
64	12-29-13	058	2372	08.80	13.0	12.40	06.80	0.488
65	12-34-48	073	2640	09.80	16.0	17.20	09.55	0.600
66	12-40-00	081	2780	11.10	17.9	20.35	09.70	0.602

SETIMA ABERTURA FI=1.0

71	12-43-55	015	1640	07.70	07.0	04.30	01.74	0.405
72	12-47-12	020	1840	08.60	08.8	06.15	02.20	0.358
73	12-51-19	026	2092	09.85	11.1	09.10	03.42	0.375
74	12-57-20	030	2292	11.00	12.2	10.75	04.40	0.410

9.9 - LISTAGEM DOS PROGRAMAS

Os programas foram listados e aqui se encontram ane
xados na seguinte ordem :

- 1º - SUBROTINE MASTER
- 2º - PROGRAMA PARA TRAÇAR CURVAS CARACTERÍSTICAS
- 3º - PROGRAMAS PARA TRAÇAR CURVAS - IBM 1.130

FTN4,2,99
FTN4,1

SUBROUTINE MASTER

```
C *  
C *  
C * FI -- ABERTURAS DO REGISTRO  
C * I, J -- INDICES  
C * N -- VELOCIDADE EM RPM  
C * GAMA -- PESO ESPECIFICO DA AGUA  
C * RO -- RENDIMENTO DO MOTOR ELETRICO  
C * H -- ALTURA EM METROS  
C * HM -- ALTURA A MORTANTE  
C * MJ -- ALTURA DE JUSANTE, FORNECER NA HORA DO ENSAIO  
C * Q -- VAZAO EM L/S  
C * DQ -- VAZAO DISPONIVEL  
C * PH -- POTENCIA HIDRAULICA  
C * PE -- POTENCIA ELETRICA  
C * P1 -- POTENCIA MOTOR ELET., TRANSDUTOR, GRAFICO OU CALCULO  
C * ETA -- RENDIMENTO
```

```
C *  
C * TASK PARA EFETUAR A LEITURA DOS CANAIS
```

```
C *  
C * CONTROLE OU AQUISICAO
```

```
C * INTEGER OSWT
```

```
C * DIMENSION REAL( 6),INTER( 9)
```

```
C * DATA(4),KANAL(4),IPGM(4),(RO)(20),VN(20)
```

```
C * EQUIVALENCE (DATA(1),DH),(DATA(2),DN),(DATA(3),DQ),
```

```
C * (DATA(4),DPE)
```

```
C * EQUIVALENCE (REAL( 2),DELTA(1)),(REAL( 5),VALOR),
```

```
C * (REAL( 6),HM)
```

```
C * EQUIVALENCE (INTER( 1),KANAL(1)),(INTER( 5),IPGM(1)),
```

```
C * (INTER( 9),KDADO)
```

```
C *  
C * ROTINAS UTILIZADAS --
```

```
C * DATIM -- EFETUA LEITURA DO RELOGIO -- DACE
```

```
C * MEAS -- EFETUA MEDIDAS -- DACE
```

```
C * MEASS -- SIMULA LEITURAS -- TASK
```

```
C * ISSW -- TESTA CHAVES DO PAINEL -- DACE
```

```
C * PARAM -- OBTEN VALORES DA TABELA ROXN -- TASK
```

```
C * AJUST -- CONTROLA SAIDA NO CASO DE CONTROLE -- TASK
```

```
C * DATA LSWT,OSWT/8,7/,ISWT/1/,IABER/0/
```

```
C *  
C * WRITE(1,5)
```

```
C *  
C * TESTA LEITURA POSSIVEL
```

```
C *  
C * ISSW(CHAVE 8)=-1
```

```
C *  
C * IF(ISSW(LSWT))100,50
```

```
50 ISWT=1
```

```
GO TO 9999
```

```
C *  
C * TESTA NOVA ABERTURA -- OUTRO ENSAIO --
```

```
C *  
C * IF (ISWT .NE.1) GO TO 100
```

```
ISWT=2
```

```
IPONT=0
```

```
IABER=IABER+1
```

```
C *  
C * PROCESSAMENTO
```

```
100 IPONT=IPONT+1
```

```
DO 400 K=1,4
```

```

C #
C # LEITURA(SERA SIMULADA)
C #
C # I=MEAS(DATA(K),KANAL(K),IPGM(K))
C # I=MEASS(DATA(K),)
C #
C #
C # TESTA ERROS
C #
C # IF(I)200,400,300
200 WRITE(1,1)
GO TO 9999
400 CONTINUE
1 FORMAT('LEITURA NAO OBTIDA EM 6SEC')
2 FORMAT('OVERLOAD - CANAL = ',I3)
C #
C #
C # LE HORAS
C #
C # CALL DATIM(IH,IM,IS)
C #
C #
C # OBTEM PARAMETROS
C #
C # CALL PARAM(N,VN,RO,NRO)
C #
C #
C # OBTEM RO(I,J)
C #
C # DO 500 K=1,NRO
C # IF(DN-VN(K))600,600,500
500 CONTINUE
WRITE(1,3)DN
3 FORMAT('VALOR DE ROTACAO FORA DA TABELA RO=
1 ',N, ' DADO =',F5.0)
GOTO 9999
600 ROIJ=RO(K)
C #
C #
C # CALCULO DE VARIAVEIS
C # HJ=DADOS
C # H=HM+HJ
C # DQ=H
C # PE=DPE*ROIJ
C # GAMA=1
C # PH=(GAMA#DQ*DH)/75.
C # ETA=PH/PE
C #
C #
C # REGISTRO DE VALORES
C #
C # WRITE(7,4)IABER,IPONT,IH,IM,IS,H,,DN,DQ,,DPE
C #
C #
C # TESTA-SE CONTROLE OU AQUISISAO
C #
C # ISSW(CHAVE7)=-1 - CONTROLE
C # IF(ISSW(ISWT))800,700
C #
C #
C # AQUISICAO
C #
C #
700 WRITE(1,4)IABER,IPONT,IH,IM,IS,H, DN,DQ,DPE,PH,ETA
GO TO 9999
4 FORMAT(5X,5I5,2F5.0,F5.2,F5.1)
5 FORMAT(10X,
1 'IJ H M S','H',' N ',' Q ',' PE ','P1',' PH ',' ETA')
C #
C #
C # CONTROLE
C #
800 IOK=1
DO 1000 K=1,4

```

```

      IF (ABS(DATA(K)-OLD(K))-DELTA(K))1000,1000,900
900 IOK=2
1000 OLD(K)=DATA(K)
C *
C *
C * VALORES FORA DO INTERVALO PREDETERMINADO
C *
C * IF (IOK) (EQ.2) WRITE(1,4) IABER, IPONT, IH, IN, IS, IH, DN,
1      DO, DPE, PH, ETA
C *
C *
C * TESTA VALOR A CONTROLAR
C *
C *      KANAL=KDADO
C *
      IF (ABS(DATA(KDADO)-VALOR)-DELTA(KDADO))1200,1200,1100
1200 CONTINUE
9999 RETURN
      END
      ENDS

```

PROGRAMA PARA TRACAR CURVAS CARACTERISTICAS

OPCOES

- 1 - CARACTERISTICAS DE CANO
 - A - POR PONTOS
 - A1 -- UMA UNICA CURVA 1
 - A2 -- CONJUNTO DE CURVAS 2
 - B -- POR EQUACOES
 - B1 -- UMA UNICA CURVA 3
 - B2 -- CONJUNTO DE CURVAS 4
- 2 -- CARACTERISTICAS DE ROTOR
 - A - POR PONTOS
 - A1 -- UMA UNICA CURVA 5
 - A2 -- CONJUNTO DE CURVAS 6
 - B -- POR EQUACOES
 - B1 -- UMA UNICA CURVA 7
 - B2 -- CONJUNTO DE CURVAS 8

DADOS

- NABER -- NUM. DE ABERTURAS
- NPONT -- NUM. DE PONTOS POR ENSAIO
- VFI -- VETOR COM VALORES DE ABERTURA
- VROT -- VETOR COM VALORES DE ROTACAO
- TITLE -- TITULO DO PROCESSAMENTO
- IABER -- INDICE DA ABERTURA
- JPONT -- INDICE DO PONTO NESTA ABERTURA
- HORA -- HORAS *
- MIN -- MINUTOS * DO ENSAIO (IJ)
- H -- ALTURA -- M
- N -- ROTACAO -- RPM
- Q -- VASAO -- L/S
- IOPT -- NUMERO DA OPCAO
- IND -- NUMERO DA/DE CURVAS

FORMATOS DE DADOS

CARTAO 1 --

- SPACO -- 5X
- NABER -- 15
- SPACO -- 5X
- NPONT -- 15
- TITLE -- 15A4
- 7 6 -- EXEMPLO DE TITULO

CARTAO 2 -- 'NABER' VEZES

- SPACO -- 15X
- VFI -- F5.1
- TITLE -- 15A4
- 0.0 PRIMEIRA ABERTURA

CARTAO 3 - 'NPONT' VEZES

SPACO -- 15X
VROT -- F5.0
TITLE -- 15H4
Z200 SEGUNDA CURVA - N=2.200RPM

CARTAO 4 - 'NABER'*'NPONT' VEZES

SPACO -- 5X
IABER -- 15
JPONT -- 15
HORA -- 15
MIN -- 15
SEG -- 15
H -- F5.0
N -- F5.0
Q -- F5.2
1 1 09 11 58 77.2163. 00

CARTAO 5 - QUANTOS DESEJAR

SPACO -- 5X
IOPT -- 15
SPACO -- 5X
IND -- 15
TITLE -- 15A4
1 5 TRACADO DA 5. CURVA P/ PONTOS
7 1 CARACTERISTICAS DE ROTOR - 1. CURVA

ESPECIFICACOES -

REAL N(10,10),H(10,10),Q(10,10)
INTEGER IABER(10,10),JPONT(10,10),HORA(10,10),
*MIN(10,10),SEG(10,10),LEGX(10),LFGY(10)
COMMON VFI(10),VROT(10),TITLE(15,22),X(200),
*Y(200),HORA,MIN,SEG,H,N,Q,X1(10),NPGAU,KCGAU
EQUIVALENCE (X(1),IABER(1,1)),(Y(1),JPONT(1,1))
DATA IR,IP,NABMX,NPTMX,NABPX/2,5,10,10,20/
DATA LEGX/'VA','ZA','O','(L/S',''),'4*' '/'
DATA LEGY/'AL','TU','RA','(M',''),'5X' '/'

FORMATOS

1 FORMAT(5X,15,5X,15,15A4)
2 FORMAT(15X,F5.1,15A4)
3 FORMAT(15X,F5.0,15A4)
4 FORMAT(5X,5I3,2F5.0,F5.2,F5.1)
5 FORMAT(5X,15,5X,15,15A4)
51 FORMAT('ERRO NO CARTAO DE DADOS')
52 FORMAT('CARTAO= ',15,' ',15)
53 FORMAT('1'20X,15A4)
54 FORMAT(15A4)
IERRO=1
HMAX=150
QMAX=12
I1=5
I2=1
I3=5
I4=3
I5=5

LEITURA PARAMETROS - CARTAO 1

READ(IR,1)NABER,HPONT,(TITLE(K,1),K=1,15)
IF(NABER-NABMX)70,70,90
70 IF(NPONT-NPTMX)80,80,90
80 IF(NABER+NPONT-NABPX)95,95,90
90 WRITE(IP,51)
WRITE(IP,1)NABER,HPONT,(TITLE(H,1),K=1,15)

GO TO 9999

LEITURA DE ABERTURAS - CARTAO 2

```
95 IO=3
DO 100 I=1,NABER
READ(IR,2)VFI(I),(TITLE(K,10)K=1,15)
100 IO=IO+1
```

LEITURA ROTACOES(CURVA) - CARTAO 3

```
DO 200 I=1,NPONT
READ(IR,3)VROT(I),(TITLE(K,10),K=1,15)
200 IO=IO+1
```

LEITURA DOS VALORES OBTIDOS - CARTAO 4

```
DO 500 I=1,NABER
DO 500 K=1,NPONT
READ(IR,4)IABER(K,1),JPONT(K,1),HORA(K,1),
* MIN(K,1),SEG(K,1),H(K,1),N(K,1),Q(K,1)
IF (IABER(K,1)-1)400,300,400
300 IF (JPONT(K,1)-K)400,500,400
400 WRITE(IP,51)
WRITE(IP,52)IABER(K,1),JPONT(K,1)
IERRO=2
500 CONTINUE
```

LISTAGEM DOS DADOS DE ENTRADA

```
WRITE(IP,53)(TITLE(K,1),K=1,15)
WRITE(IP,2)NABER, NPONT, TITLE(K,1),K=1,15)
IO=3
DO 600 I=1,NABER
WRITE(IP,2)VFI(I),TITLE(K,10),K=1,15)
600 IO=IO+1
DO 700 I=1,NABER
WRITE(IP,3)VROT(I),(TITLE(K,10),K=1,15)
600 IO=IO+1
DO 800 I=1,NABER
DO 800 K=1,NPONT
800 WRITE(IP,4)IABER(K,1),JPONT(K,1),HORA(K,1),
* MIN(K,1),SEG(K,1),H(K,1),N(K,1),Q(K,1)
```

TESTA SE HOUVE ERRO
GO TO(900,9999),IERRO

LEITURA DAS OPCOES = CARTAO 5

```
900 READ(IR,5)IOPT,IND,(TITLE(K,2),K=1,15)
WRITE(IP,53)(TITLE(K,1),K=1,15)
WRITE(IP,5)IOPT,IND,(TITLE(K,2),K=1,15)
IF(IOPT)9999,9999,1000
```

TESTA OPCAO FEITA - IOPT

```
1000 GO TO (1100,1300,1500,1700,1900,2100,2400,3100),IOPT
```

CARACTERÍSTICAS DE CANO- POR PONTOS

1 UMA UNICA CURVA

```
1100 DO 1200 K=1,NPONT
X(K)=Q(,IND)
```

```
1200 Y(K)=H(K,IND)
      NPGAU=NPOINT
      NCGAU=1
      GO TO 9000
```

```
C
C
C      CARACTERISTICAS DE CANO -- POR PONTOS
```

```
C
C      2 CONJUNTO DE CURVAS
```

```
1300 IO=0
      DO 1400 I=1,IND
      DO 1400 K=1,NPOINT
      IO=IO+1
      X(IO)=Q(K,IND)
1400 Y(IO)=H(K,IND)
      NPGAU=IO
      NCGAU=IND
      GO TO 9000
```

```
C
C
C      CARACTERISTICA DE CANO -- PELA EQUACAO
C      3 UMA UNICA CURVA
```

```
1500 F1=(I1,IND)/H(I2,IND)
      F2=Q(I1,IND)/Q(I2,IND)
      FN=ALOG(F1)/ALOG(F2)
      FK=(H(I1,IND))/(Q(I1,IND)**FN)
      NPGAU=I3*NPOINT
      DELTA=QMAX/NPGAU
      Q1=0
      DO 1600 K=1,NPGAU
      J(K)=(Q1**FN)*FK
      X(K)=Q1
1600 Q1=Q1+DELTA
      NCGAU=1
      GO TO 900
```

```
C
C
C      CARACTERISTICA DE CANO -- PELA EQUACAO
```

```
C
C      4 CONJUNTO DE CURVAS
```

```
1700 IO=0
      DO 1800 K=1,IND
      F1=H(I1,K)/H(I2,K)
      F2=Q(I1,K)/Q(I2,K)
      FN=ALOG(F1)/ALOG(F2)
      FK=(H(I1,K))/(Q(I1,K)**FN)
      Q1=0
      NPGAU=I3*NPOINT
      DELTA=QMAX/NPGAU
      DO 1800 I=1,NPGAU
      IO=IO+1
      Y(IO)=(Q1**FN)*FK
      X(IO)=Q1
1800 Q1=Q1+DELTA
      NPGAU=IO
      NCGAU=1
      GO TO 9000
```

```
C
C
C      CARACTERISTICA DE ROTOR -- POR PONTOS
```

```
C      5 UMA UNICA CURVA
```

```
1900 DO 2000 K=1,NABER
      X(K)=Q(IND,K)
2000 Y(H)=H(IND,K)
      NPGAU=1
      NCGAU=1
      GO TO 9000
```

C CHARACTERISTICA DE ROTOR - POR PONTOS

C C 6 CONJUNTO DE CURVAS

C
 2100 IO=0
 DO 2200 K=1,IND
 DO 2200 I=1,NABER
 IO=IO+1
 X(IO)=Q(K,I)
 2200 Y(IO)=H(K,I)
 NPGAU=IO
 NCGAU=1
 GO TO 9000

C C CHARACTERISTICAS DE ROTOR - PELA EQUACAO -

C C 7 UMA UNICA CURVA
 C C 8 CONJUNTO DE CURVAS

C
 2300 NCGAU=1
 KO=IND
 GO TO 2500
 2400 NCGAU=1
 KO=1
 2500 IO=1
 DO 3000 K=KO,IND
 JO=0
 RN=VROT(K)
 DO 2600 I=14,15
 JO=JO+1
 2600 X(JO)=RN**2
 DO 2700 I=14,15
 JO=JO+1
 2700 X(JO)=RN*Q(K,I)
 DO 2800 I=14,15
 JO=JO+1
 2800 X(JO)=Q(K,I)**2
 KO=JO
 DO 2900 I=14,15
 JO=JO+1
 2900 X(JO)=H(K,I)
 C CALL OMINV (X,3,X(JO+1))
 C CALL OMINV (X(JO+1),X(KO+1),X1,3,3,3,1)
 Q1=0
 NPGAU=13*NABER
 DELTA=GMAX/NPGAU
 DO 3000 I=1,NPGAU
 IO=IO+1
 X(IO)=Q1
 Y(IO)=X1(1)*(RN**2)+X1(2)*RN*Q1-X1(3)*(Q1**2)
 3000 Q1=Q1+DELTA
 NPGAU=IO
 GO TO 5000

C C 3100 CALL EXIT

C C PLOTAGEM

C
 9000 CALL GAUTO(X,Y,NPGAU,NCGAU,1,1,10.,10.,LEGY,LEGY)
 CALL FCHAR(0.5,7.0,1.,15.0.)
 WRITE(7,54) ,TITLE(K,1),K=1,15)
 CALL FCHAR(0.9,6.5,1.,15.0.)
 WRITE(7,54) (TITLE(K,2),K=1,15)
 CALL FPOS(0)
 GO TO 1000

C C SAIDA

C C 9999 CALL EXIT
 END

C O PROGRAMA SEGUINTE TRACA O CAMPO DE FUNCIONAMENTO
C DE UMA BOMBA QUANDO SE UTILIZA O SISTEMA IBM 1130.
C DEVE SER PRECEDIDO PELA PRESENTE SUBROTINA

// JOB
// FOR
*LIST SOURCE PROGRAM
*ONE WORD INTEGERS
SUBROUTINE RESIG(A,C,N,X)

C SUBROTINA PARA RESOLUCAO DE SISTEMA
C DE EQUACOES POR GAUSS
C

DIMENSION A(3,3),C(3),X(3)
M=N-1
DO 30 I=1,M
L=I+1
DO 30 J=L,N
IF(A(J,I))10,30,10
10 DO 20 K=L,N
20 A(J,K)=A(J,K)-A(L,K)*A(J,I)/A(I,I)
C(J)=C(J)-C(I)*A(J,I)/A(I,I)
30 CONTINUE
X(N)=C(N)/A(N,N)
DO 50 I=1,M
K=N-I
L=K+1
DO 40 J=L,N
40 C(K)=C(K)-X(J)*A(K,J)
50 X(K)=C(K)/A(K,K)
RETURN
END

// DUP
*DELETE RESIG
*STORE WS UA RESIG

```

// JOB
// FOR
*LIST SOURCE PROGRAM
*ONE WORD INTEGERS
*IOCS(CARD=1132PRINTER,PLOTTER)
C
C
C   CARACTERISTICAS DE CANO E ROTOR -- CAMPO DE FUNCIONAMENTO
C
DIMENSION H(240),Q(240),A(3,3),Z(3),C(3)
CALL SCALF(0.41,0.023,0.,210.)
CALL FGRID(0,0.,0.,1.,12.)
CALL FPLOT(2,12,8,0.)
CALL POINT(2)
CALL FGRID(1,0.,0.,10.,15)
CALL FPLOT(2,0.,160.)
CALL POINT(5)
DO 10 JI=1,9
  XN=JI-0.097
  CALL FCHAR(XN,-6.5,0.08,0.09,0.)
10 WRITE(7,20)JI
20 FORMAT(11)
  DO 30 JI=10,12
    XN=JI-0.195
    CALL FCHAR(XN,-6.5,0.08,0.09,0.)
30 WRITE(7,40)JI
40 FORMAT(12)
  CALL FCHAR(13,2,0.,0.1,0.1,0.)
  WRITE(7,50)
50 FORMAT('Q')
  YN=0.05
  DO 60 JK=10,90,10
    CALL FCHAR(-0.58,YN,0.08,0.09,0.)
    WRITE(7,40)JK
60 YN=YN+10.
  YN=98.05
  DO 80 JK=100,150,10
    CALL FCHAR(-0.77,YN,0.08,0.09,0.)
    WRITE(7,70)JK
70 FORMAT(13)
80 YN=YN+10.
  CALL FCHAR(0.,165.,0.1,0.1,0.)
  WRITE(7,90)
90 FORMAT('H')
  READ(2,100)NCA,IPC,NRT
100 FORMAT(415)
  IF(NCA)110,210,110
110 IF(NRT)120,150,120
120 CALL FCHAR(2.,210.,0.16,0.18,0.)
  WRITE(7,130)
130 FORMAT('CAMPO DE FUNCIONAMENTO')
  WRITE(3,140)
140 FORMAT('1',18X,'CAMPO DE FUNCIONAMENTO'/19X,
1-'')
  IG=0
  IF(IPC)350,270,350
150 IG=1
  CALL FCHAR(2.,210.,0.16,0.18,0.)
  WRITE(7,160)
160 FORMAT('CARACTERISTICAS DE CANO')
  IF(IPC)190,170,190
170 WRITE(3,180)
180 FORMAT('1',8X,'CARACTERISTICAS DE CANO'//6X,
1VALORES DE H E Q')
  GO TO 285
190 WRITE(3,200)
200 FORMAT('1',18X,'CARACTERISTICAS DE CANO'//6X,
1'VALORES DE H E Q USADOS PARA OBTENCAO DA EQUACAO')
  GO TO 365
210 CALL FCAR(2.,210.,0.16,0.18,0.)
  WRITE(7,220)
220 FORMAT('CARACTERISTICAS DE ROTOR')

```

```

      IF (IPR) 250, 230, 250
230 WRITE(3, 240)
240 FORMAT('1', 7X, 'CARACTERISTICAS DE ROTOR - VALORES DE H E Q ')
      GO TO 455
250 WRITE(3, 260)
260 FORMAT('1', 17X, 'CARACTERISTICAS DE ROTOR'// VALORES
      1 DE Q E H USADOS NA FORMACAO DO SISTEMA DE EQUACOES')
      GO TO 535
270 WRITE(3, 280)
280 FORMAT('//, 12X, 'CARACTERISTICAS DE CANO POR PONTOS')
285 DO 340 I=1, NCA
      READ(2, 290) NC, NPP
290 FORMAT(2I5)
      READ(2, 300) (H(J), Q(J), J=1, NPP)
300 FORMAT(8F10.2)
      WRITE(3, 310) NC
310 FORMAT('//, 25X, 'CURVA', I3, // 23X, 'H', 9X, 'Q', //)
      WRITE(3, 320) (H(J), Q(J), J=1, NPP)
320 FORMAT(14X, 2F10.2)
      CALL FPLLOT(-2, 0, 0)
      DO 330 J=1, NPP
        X=Q(J)
        Y=H(J)
        CALL FPLLOT(0, X, Y)
330 CALL POINT(0)
340 CALL FPLLOT(1, 0, 0)
      IF (IG) 590, 430, 590
350 WRITE(3, 360)
360 FORMAT('//, 10X, 'CARACTERISTICAS DE CANO PELA EQUACAO')
365 DO 420 I=1, NCA
      READ(2, 370) NC, H1, Q1, H2, Q2, QMAX, DQ
370 FORMAT(15, 6F10.0)
      WRITE(3, 380) NC
380 FORMAT('//, 25X, 'CURVA', I3, // 13X, 'H', 9X, 'Q', 6X, 'QMAX'
      18X, 'DQ')
      WRITE(3, 390) H1, Q1, QMAX, DQ, H2, Q2
390 FORMAT(4X, 4F10.2)
      F1=H2/H1
      F2=Q2/Q1
      ENE=ALOG(F1)/ALOG(F2)
      A=H2/Q2**ENE
      NPP=QMAX/DQ
      Q(1)=DQ
      H(1)=A*Q**ENE
      DO 400 J=2, NPP
        Q(J)=Q(J-1)+DQ
400 H(J)=A*Q(J)**ENE
      CALL FPLLOT(-2, 0, 0)
      DO 410 J=1, NPP
        X=Q(J)
        Y=H(J)
410 CALL FPLLOT(0, X, Y)
420 CALL FPLLOT(1, 0, 0)
      IF (IG) 590, 430, 590
430 IF (IPR) 520, 440, 520
440 WRITE(3, 450)
450 FORMAT('//, 11X, 'CARACTERISTICAS DE ROTOR POR PONTOS')
455 DO 500 I=1, NRT
      READ(2, 460) NC, NPP, N
460 FORMAT(3I5)
      READ(2, 300) (H(J), Q(J), J=1, NPP)
      WRITE(3, 470) NC, N
470 FORMAT('//, 18X, 'CURVA', I3, 2X, '-', 2X, 'N= ', I4, // 23X,
      1 'H', 9X, 'Q', //)
      WRITE(3, 480) (H(J), Q(J), J=1, NPP)
480 FORMAT(14X, 2F10.2)
      X=Q(1)
      Y=H(1)
      CALL FPLLOT(-2, X, Y)
      DO 490 J=2, NPP

```

```

X=Q(J)
Y=H(J)
CALL FPLOT(0,X,Y)
490 CALL POINT(0)
XC=Q(NPP)+0.25
YC=H(NPP)-1.52
CALL FCHAR(XC,YC,0.06,0.07,0.)
500 WRITE(7,510)N
510 FORMAT(14)
GO TO 590
520 WRITE(3,530)
530 FORMAT(//9X,'CARACTERISTICAS DE ROTOR PELA EQUACAO')
535 DO 580 I=1,NRT
READ(2,290)NC,N
READ(2,300)H1,Q1,H2,Q2,H3,Q3,QMAX,DO
WRITE(3,540)NC,N
540 FORMAT(//918X,'CURVA',I3,2X,'-',I2,2X,'N=' ,I4,//13X,
1'H',9X,'Q',6X,'QMAX',8X,'DO'//)
WRITE(3,550)H1,Q1,QMAX,DO,H2,Q2,H3,Q3
550 FORMAT(4X,4F10.2/4X,2F10.2)
C1=H1
C2=H2
C3=H3
DO 560 J=1,3
560 A(J,1)=N**2
A(1,2)=N*Q1
A(2,2)=N*Q2
A(3,2)=N*Q3
A(1,3)=-Q1**2
A(2,3)=-Q2**2
A(3,3)=-Q3**2
NE=3
CALL RESIG(A,C,NE,Z)
Q(1)=0.
H(1)=Z(1)*N**2+Z(2)*N*Q(1)-Z(3)*Q(1)**2
NPP=QMAX/DO+1.
X=Q(1)
Y=H(1)
CALL FPLOT(-2,X,Y)
DO 570 J=2,NPP
Q(J)=Q(J-1)+DQ
Q(J)=Z(1)*N**2+Z(2)*N*Q(J)-Z(3)*Q(J)**2
X=Q(J)
Y=H(J)
570 CALL FPLOT(0,X,Y)
XC=Q(NPP)+0.25
YC=H(NPP)-1.52
CALL FCHAR(XC,YC,0.06,0.07,0.)
580 WRITE(7,510)N
590 CALL EXIT
END
//XEQ

```


9.9.1 - FOLHAS DE DADOS

Foram organizadas as folhas de dados abaixo relacionadas para a traçagem dos gráficos

QUARTA FOLHA DE DADOS
 CARACTERÍSTICAS DE CANO
 VARIAS CURVAS - PELA EQUAÇÃO
 Figura - 9.5

NCA	IPC	NRT	IPR	H2	Q1	Q2	QMAX	DQ
1	1	0						
1		126		60	3.55	2.50	3.90	0.10
2		111		50	5.80	3.90	6.50	0.10
3		100		40	7.15	4.80	8.00	0.10
4		90		35	8.20	5.30	9.20	0.10
5		73		27	9.80	6.51	10.50	0.10
6		30		15	11.00	7.70	12.50	0.10

9.10 - GRAFICOS

Os gráficos foram traçados e constituem as figuras seguintes :

- Figura 9.2 - Curvas características de cano, traçadas por pontos, uma curva.
- Figura 9.3 - Curvas características de cano, traçadas por pontos, várias curvas.
- Figura 9.4 - Curva características de cano, traçada por equação, uma curva.
- Figura 9.5 - Curvas características de cano, traçadas por equação, várias curvas.
- Figura 9.6 - Curva características de rotor, traçada por pontos, uma curva.
- Figura 9.7 - Curvas características de rotor, traçadas por pontos, várias curvas.
- Figura 9.8 - Curva características de rotor, traçada por equação, uma curva.
- Figura 9.9 - Curvas características de rotor, traçadas por equação, várias curvas.
- Figura 9.10 - Ponto de trabalho , intersecção de uma curva características de cano e uma curva características de rotor, por pontos. Esta posição foi tratada na seção
- Figura 9.11 - Campo de funcionamento, conjunto de curvas características de cano e características de rotor, por pontos . Foi tratado na seção

Para ilustrar os objetivos principais, julgam-se suficientes os gráficos acima apresentados, embora outros resultassem de novas combinações possíveis.

No ensaio de bombas ou turbinas, não é usual a confecção de outros gráficos além destes.

CARACTERÍSTICAS DE CÃO

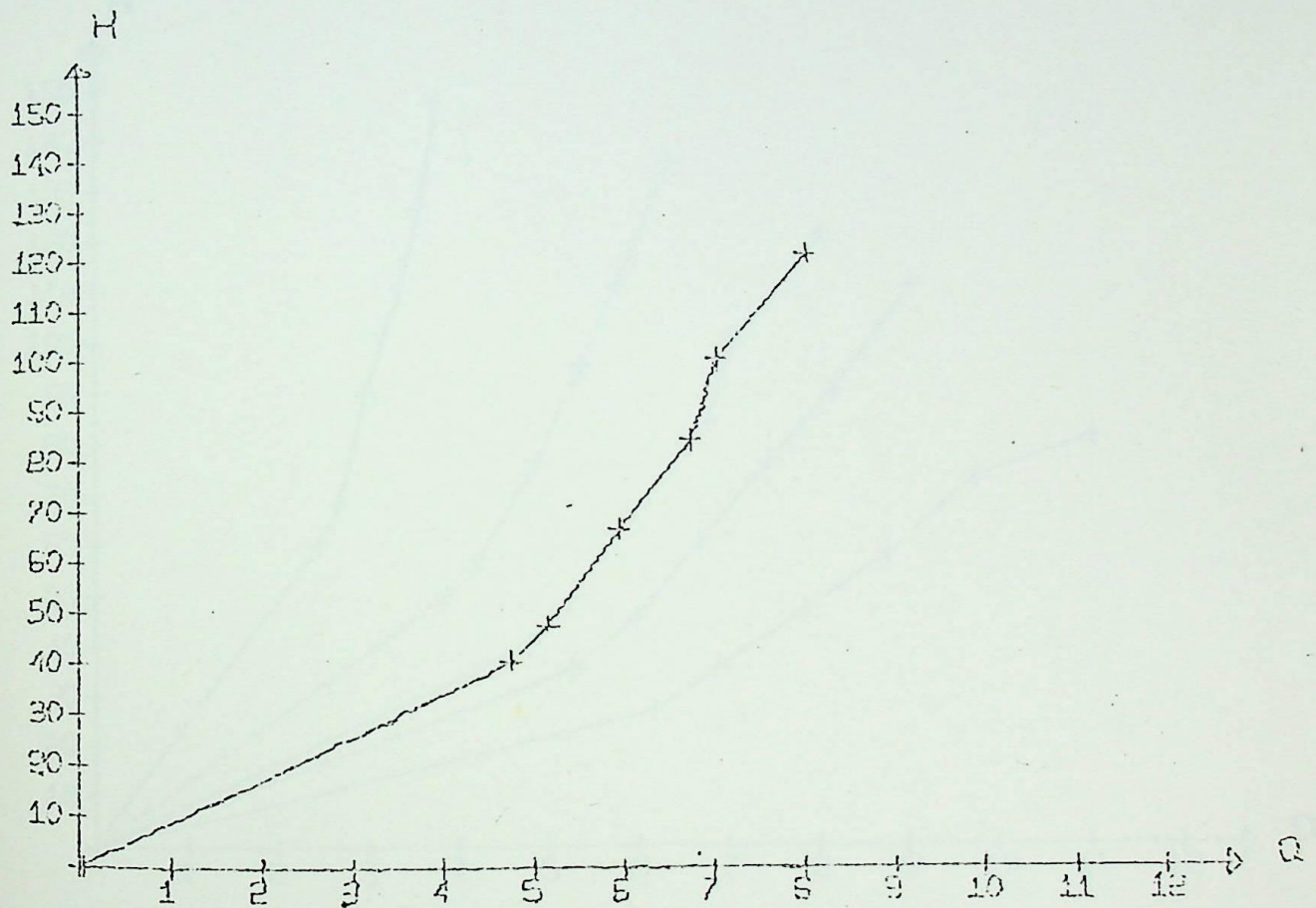


FIGURA 9.2 - Curva característica de cão.
Por pontos, uma curva .

CARACTERÍSTICAS DE CANO

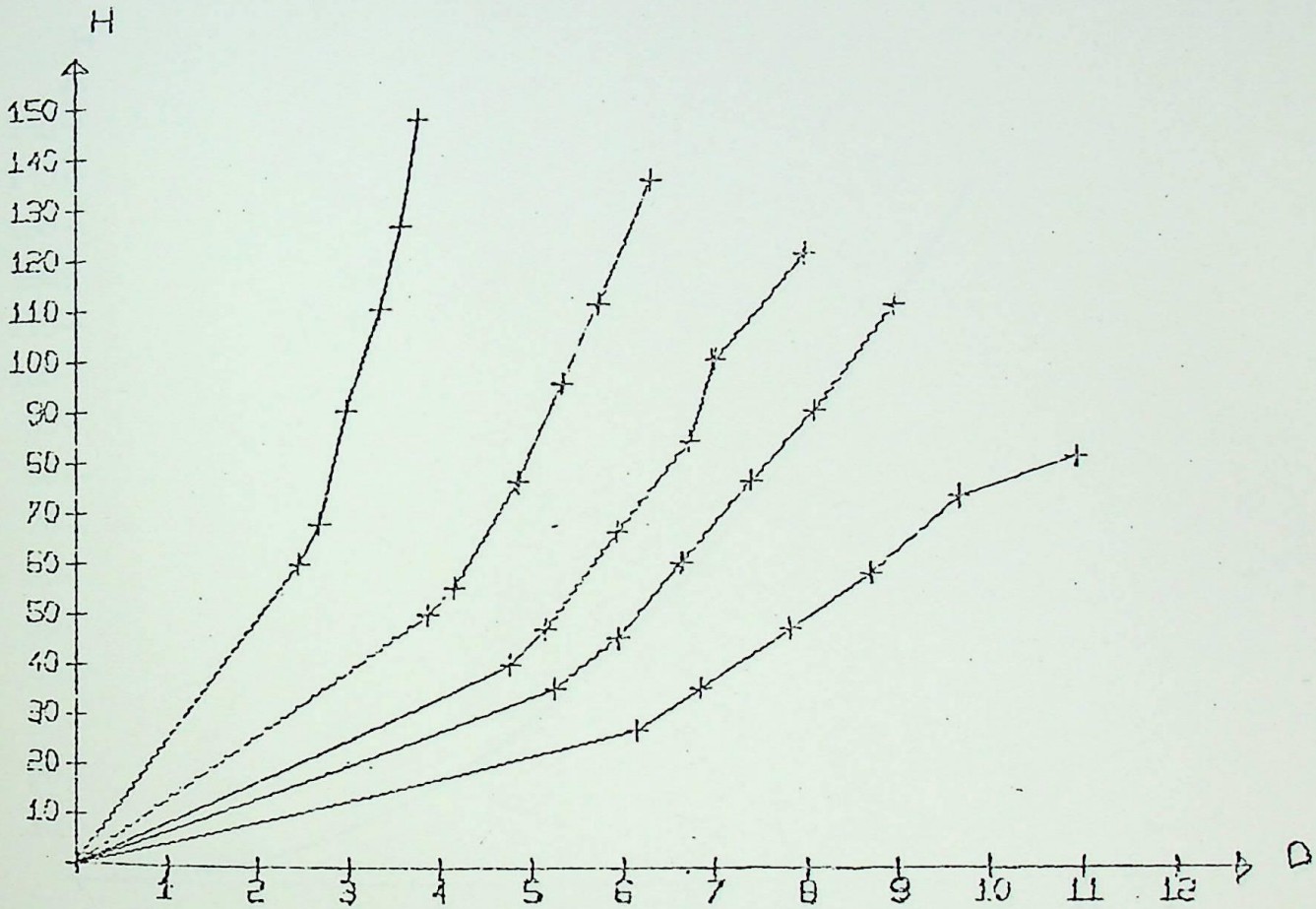


FIGURA 9.3 - Curvas características de cano.
Por pontos, várias curvas.

CARACTERISTICAS DE CANO

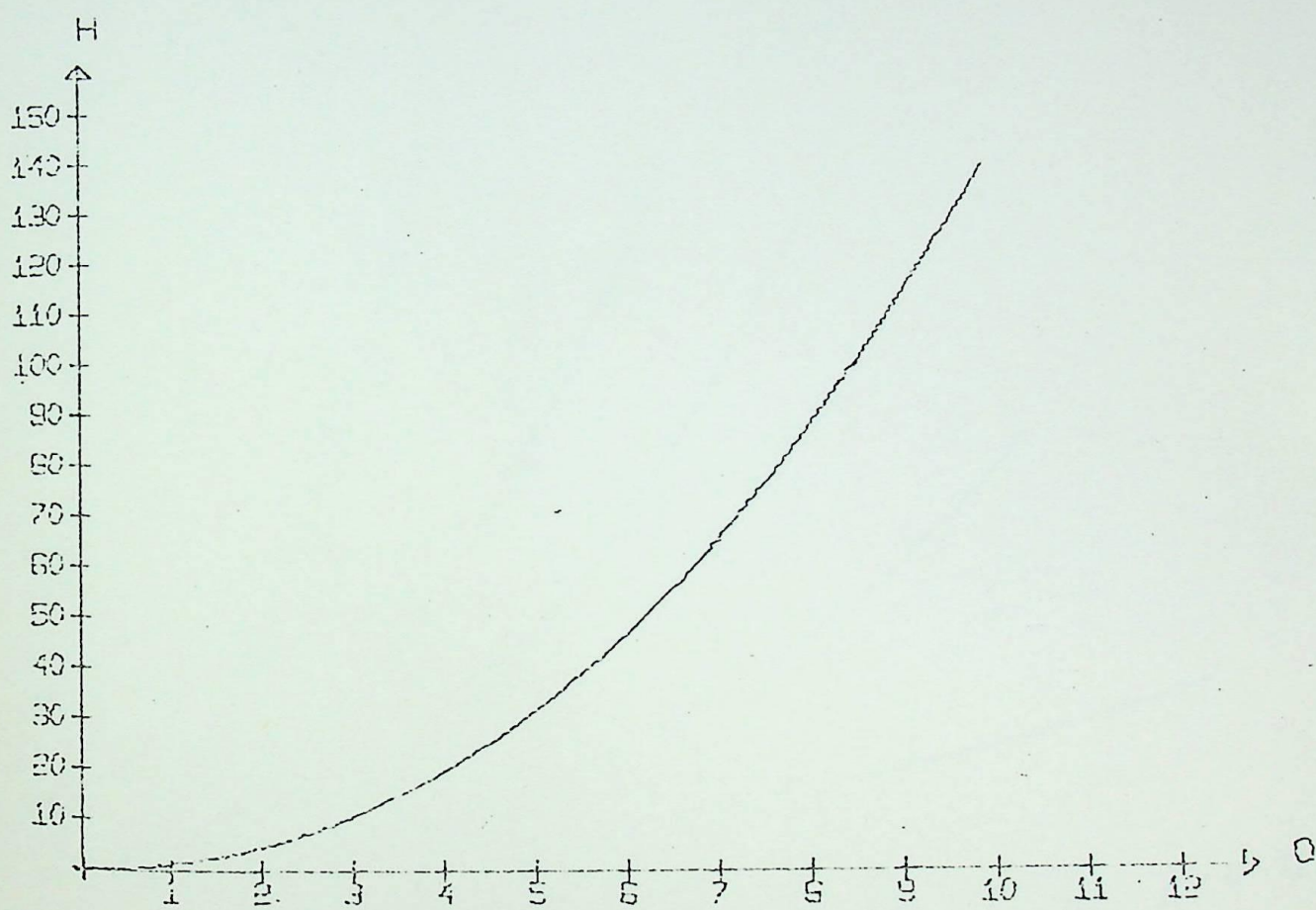


FIGURA 9.4 - Curva característica de cano.
Traçada pela equação, uma curva

CARACTERÍSTICAS DE CANO

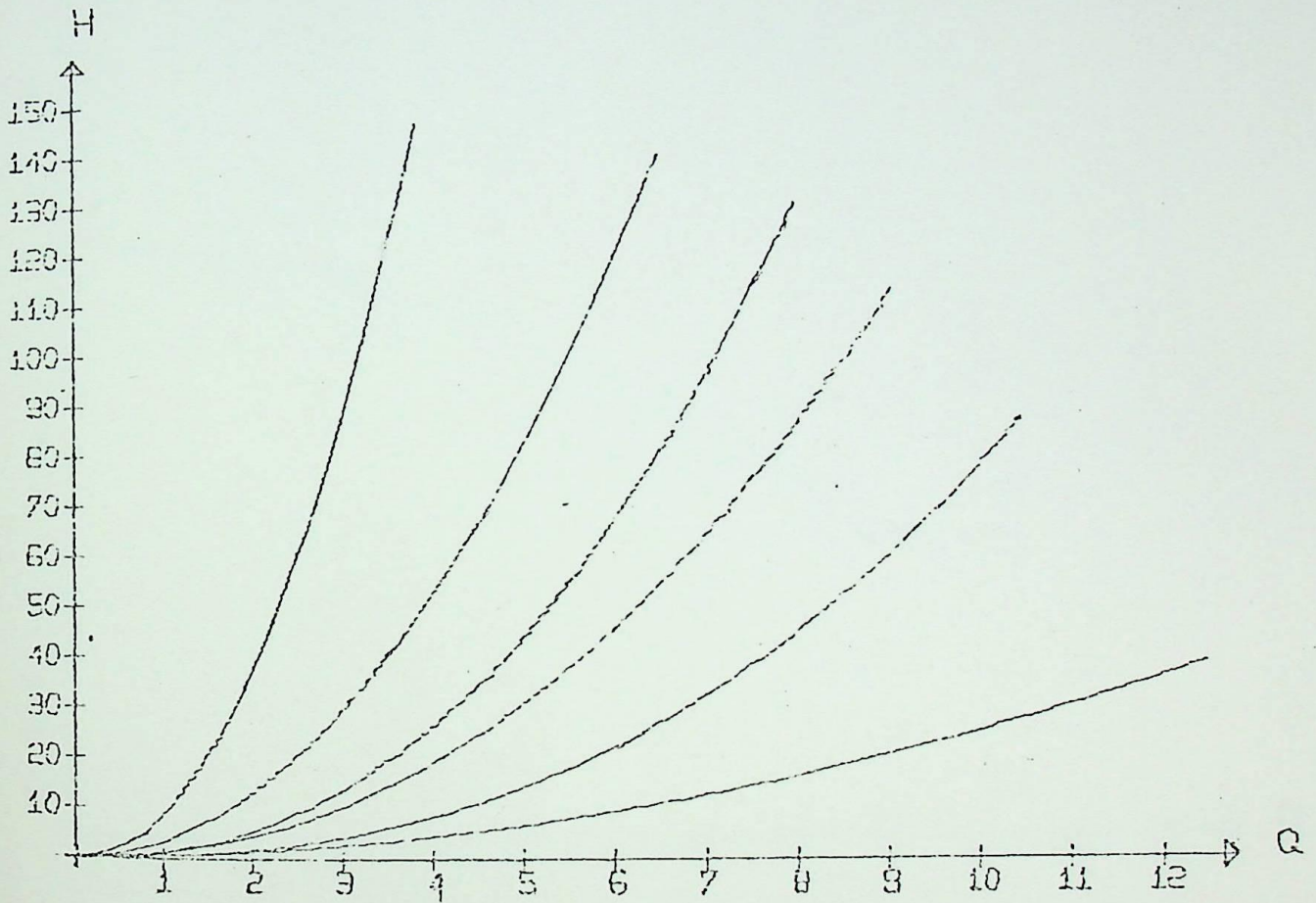


FIGURA 9.5 - Curvas características de cano.
Traçadas pela equação, várias curvas.

CARACTERÍSTICAS DE ROTOR

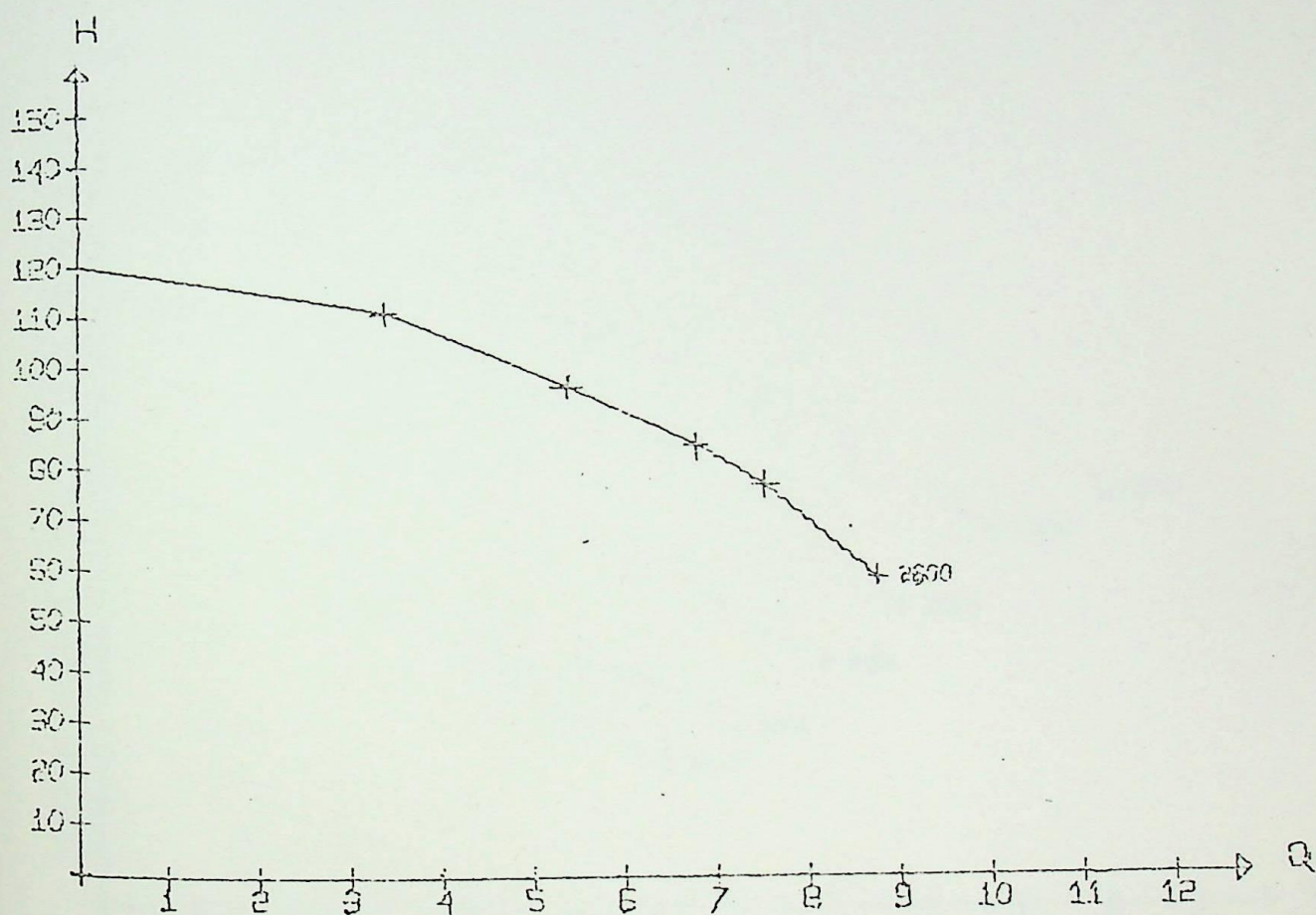


FIGURA 9.6 - Curva característica de rotor.
Traçada por pontos, uma curva.

CARACTERÍSTICAS DE ROTOR

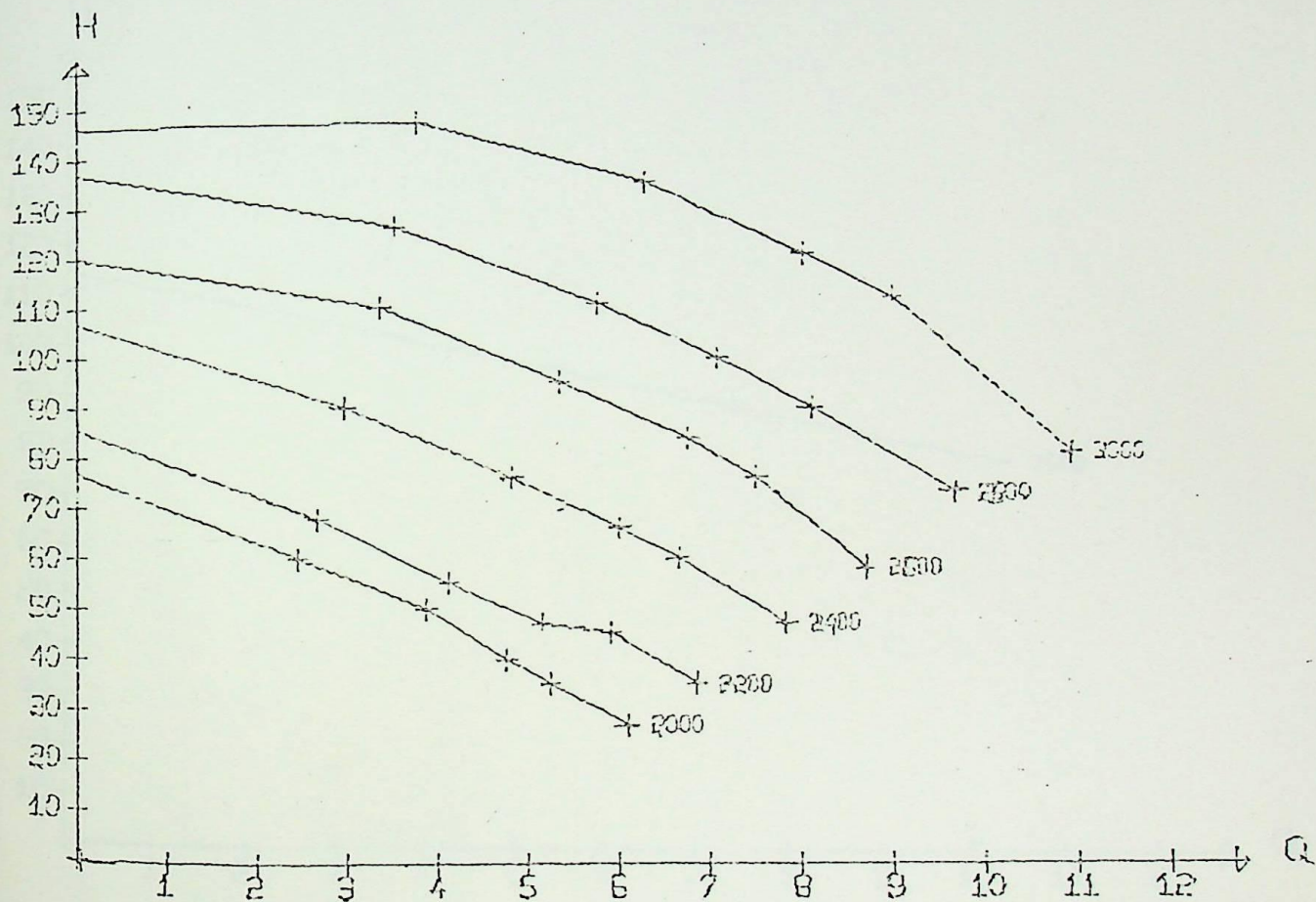


FIGURA 9.7 - Curvas características de rotor.
Traçadas por pontos, várias curvas.

CARACTERISTICAS DE ROTOR

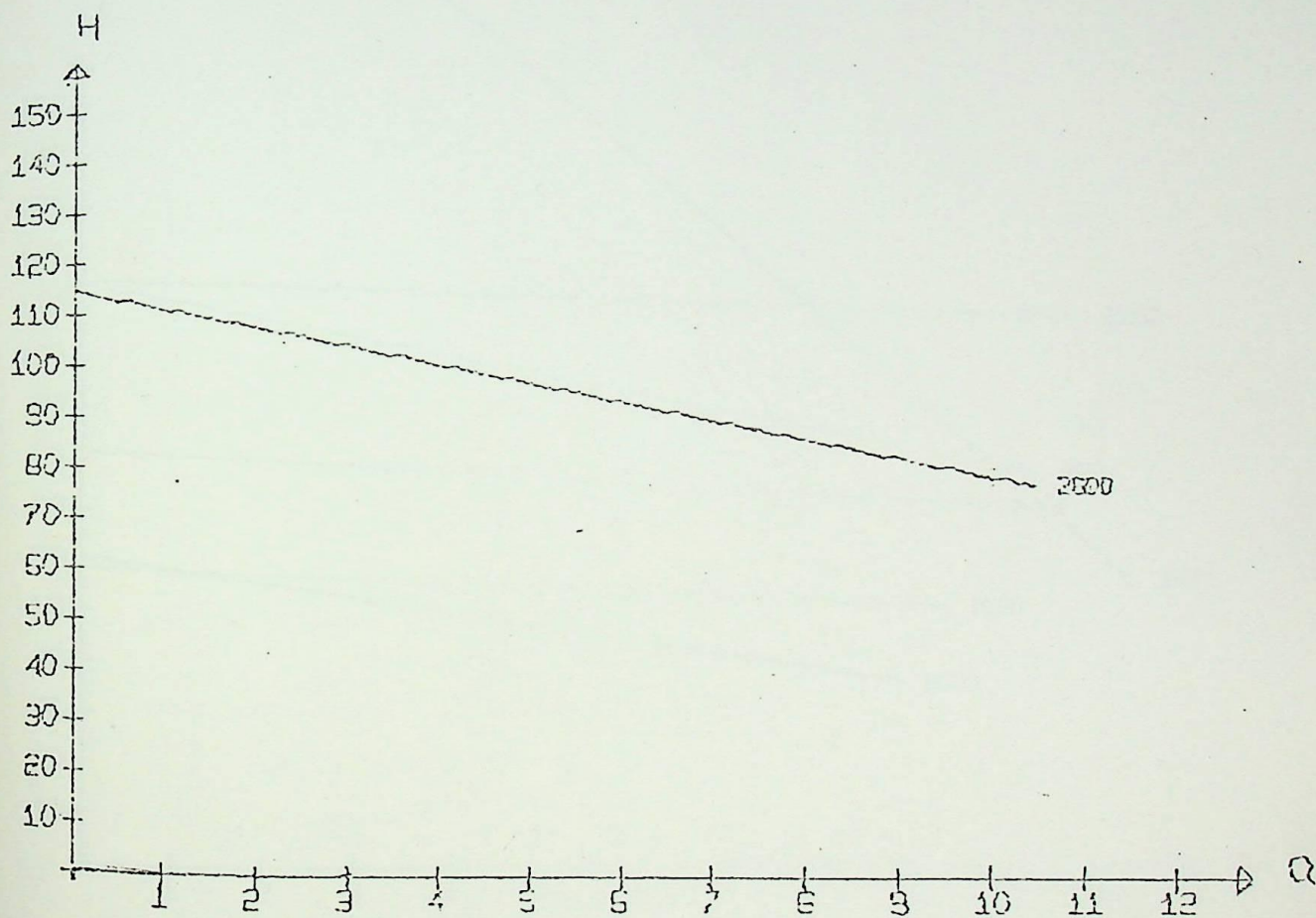


FIGURA 9.8 - Curva característica de rotor.
Traçada pela equação, uma curva.

CARACTERISTICAS DE ROTOR

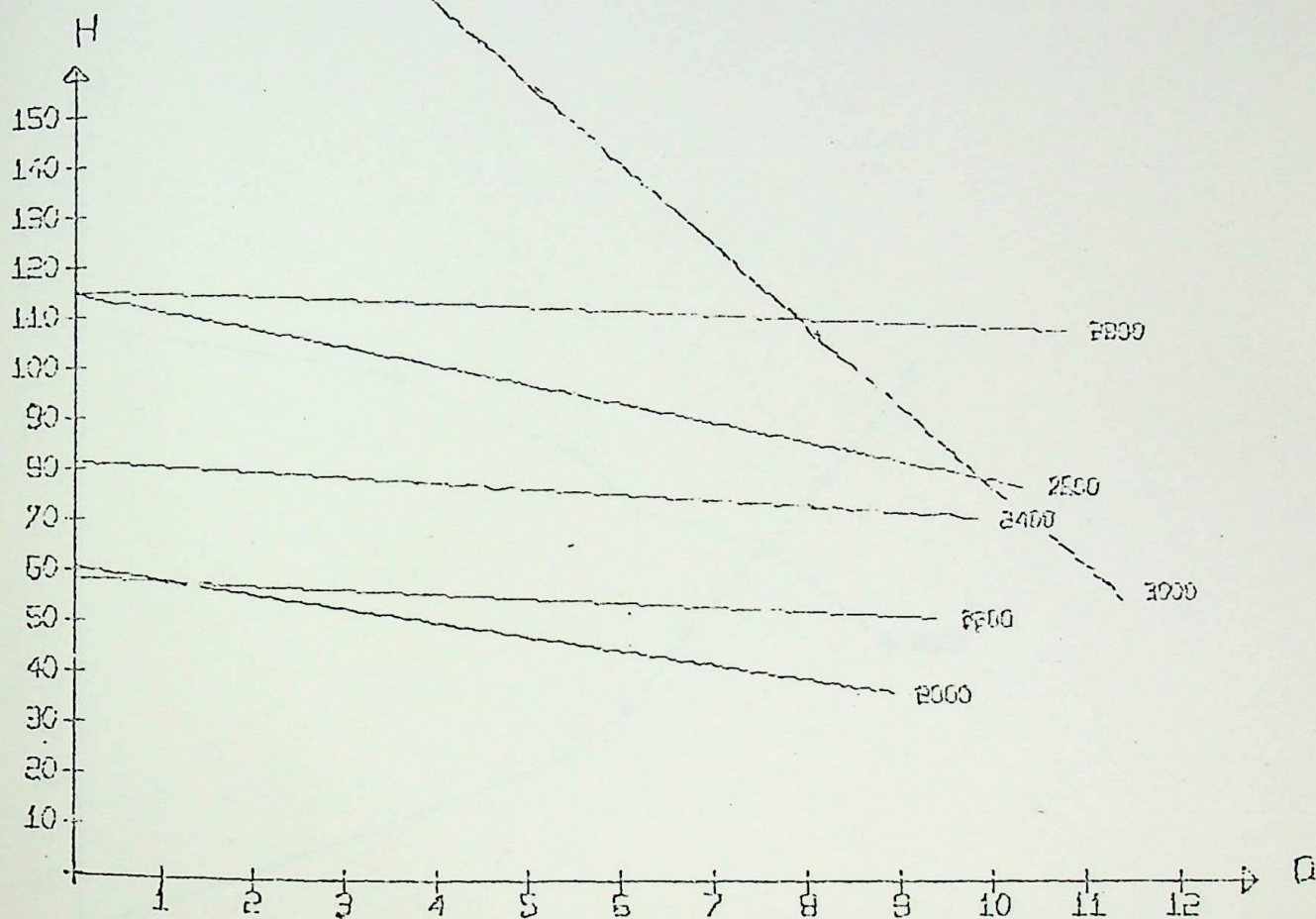


FIGURA 9.9 - Curvas características de rotor.
Traçadas pela equação, várias curvas.

PONTO DE TRABALHO

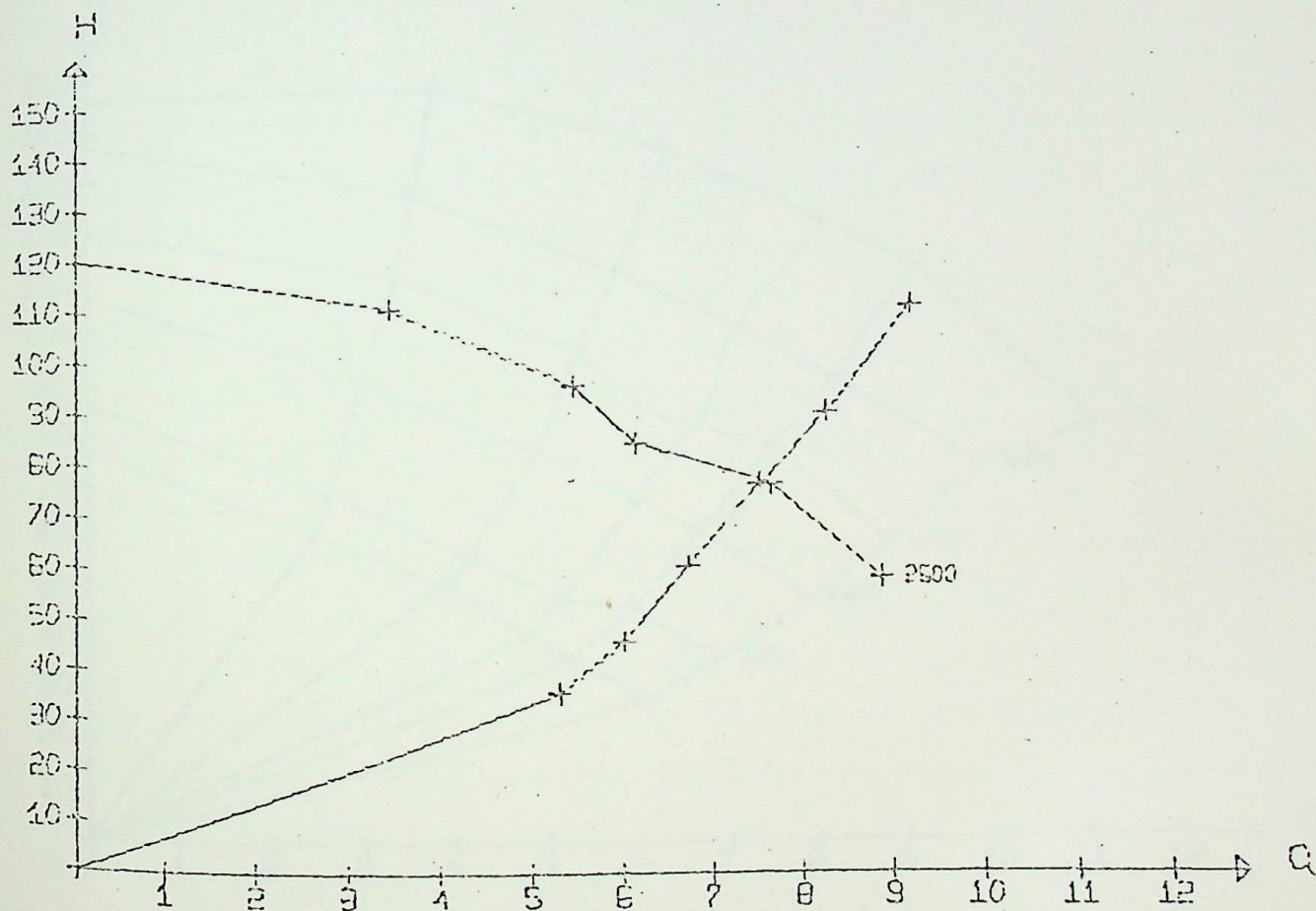


FIGURA 9.10 - Ponto de trabalho.

CAMPO DE FUNCIONAMENTO

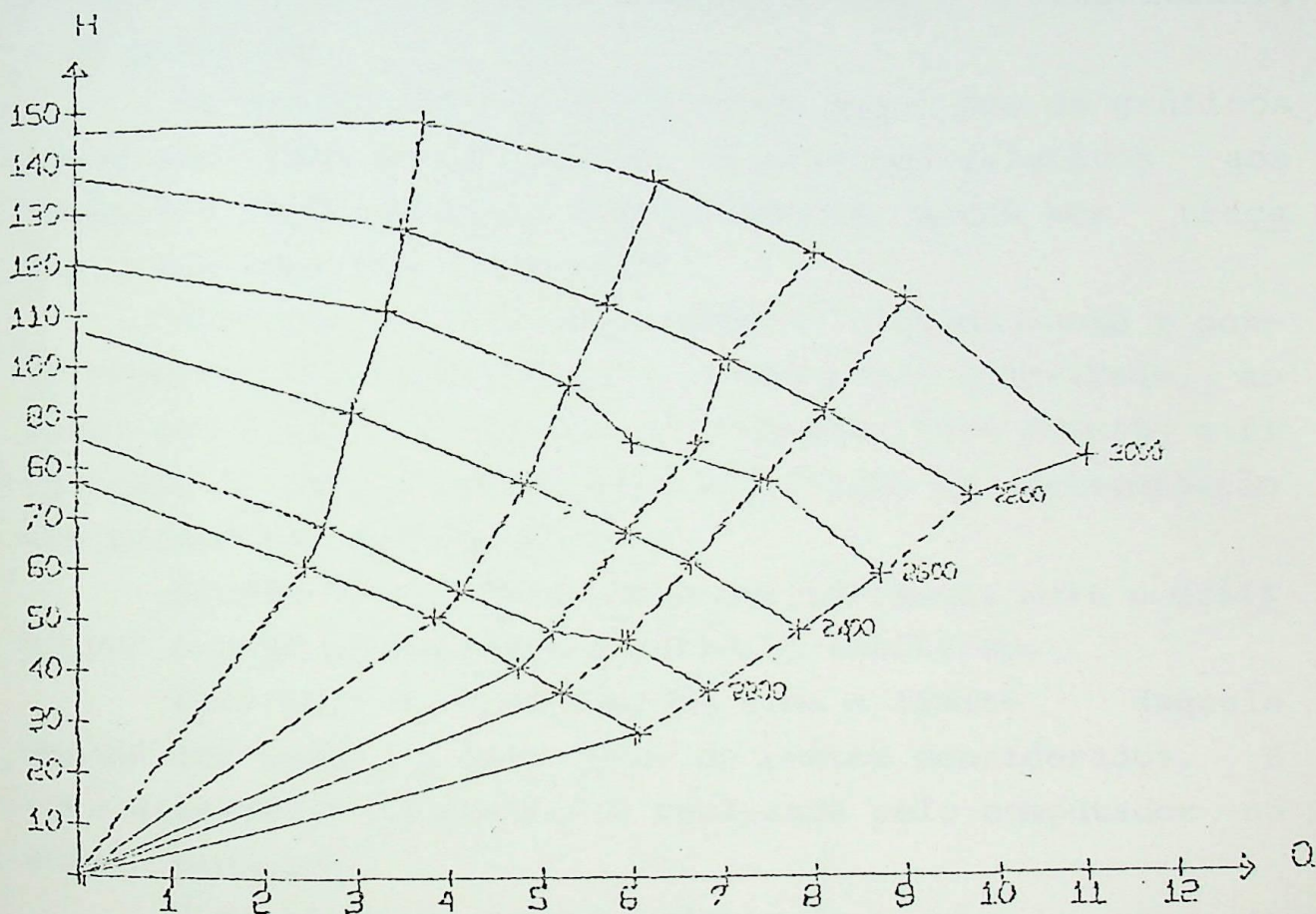


FIGURA 9.11 - P Campo de funcionamento.

9.11 - CONCLUSÕES INICIAIS

Os programas e os gráficos concedem ao observador as oportunidades para tirar notáveis conclusões sobre o ensaio das máquinas hidráulicas realizado por computador. Dois deles merecem tratamento em destaque.

Em primeiro lugar verifica-se que o computador é capaz de apresentar relatórios completos, contendo seus elementos fundamentais, capa, tabelas de dados e resultados, e os gráficos.

Em segundo lugar, verifica-se que todos os gráficos podem ser traçados por pontos. Os gráficos relativos aos fenômenos representáveis analiticamente, podem ser traçados pelas equações respectivas.

Conclui-se ainda que o gráfico traçado ponto a ponto representa o fenômeno em tela com plena fidelidade, ao passo que o gráfico traçado por equações fica sujeito a fidelidade de pontos individuais escolhidos na determinação dos parâmetros das equações.

Quanto mais pontos forem considerados, mais o gráfico por pontos se aproxima do gráfico analítico.

Este pode ser considerado como o limite daquele quando for grande a quantidade de pontos considerados. E esta situação é naturalmente realizada pelo computador no ensaio dinâmico.

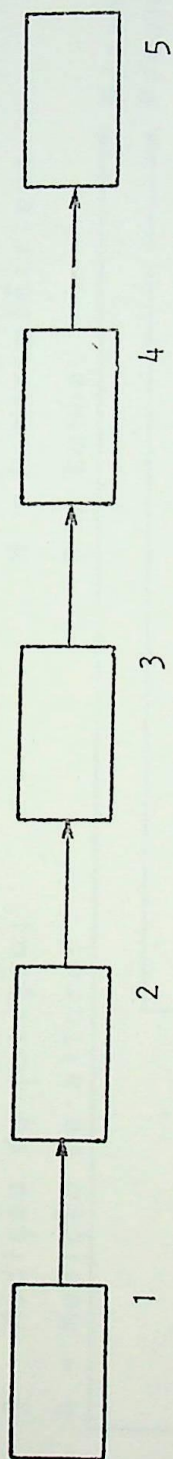
E finalizando cumpre o dever de recomendar que ao se empregar o computador no ensaio das máquinas hidráulicas, que se adote o ensaio dinâmico e a traçagem dos gráficos por pontos.

9.12 - PRANCHAS

Sob esta denominação são apresentados esquemas ou diagramas de blocos que indicam equipamentos ou fluxos de sinais constantes ou ocorrentes do ou no sistema.

Ora detalham desenhos, ora ilustram descrições que as referenciam, cumprindo destacar neste sentido a seção 9.6. As páginas seguintes contêm as pranchas referidas.

P R A N C H A 1



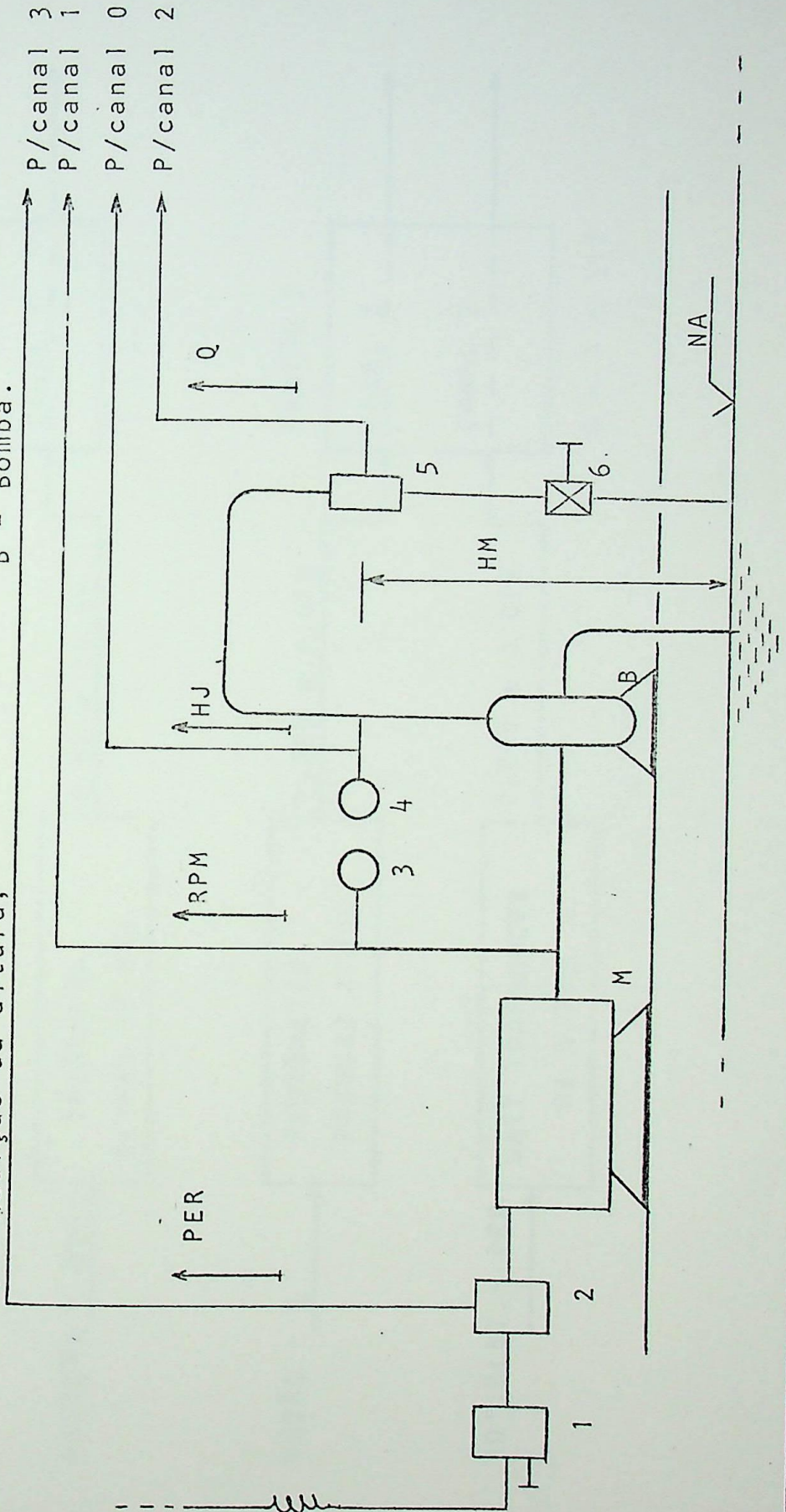
LEGENDA :

- 1 - Controlador manual;
- 2 - Banco de ensaios;
- 3 - Multiplexador G00;
- 4 - Computador;
- 5 - Equipamentos de saída ;

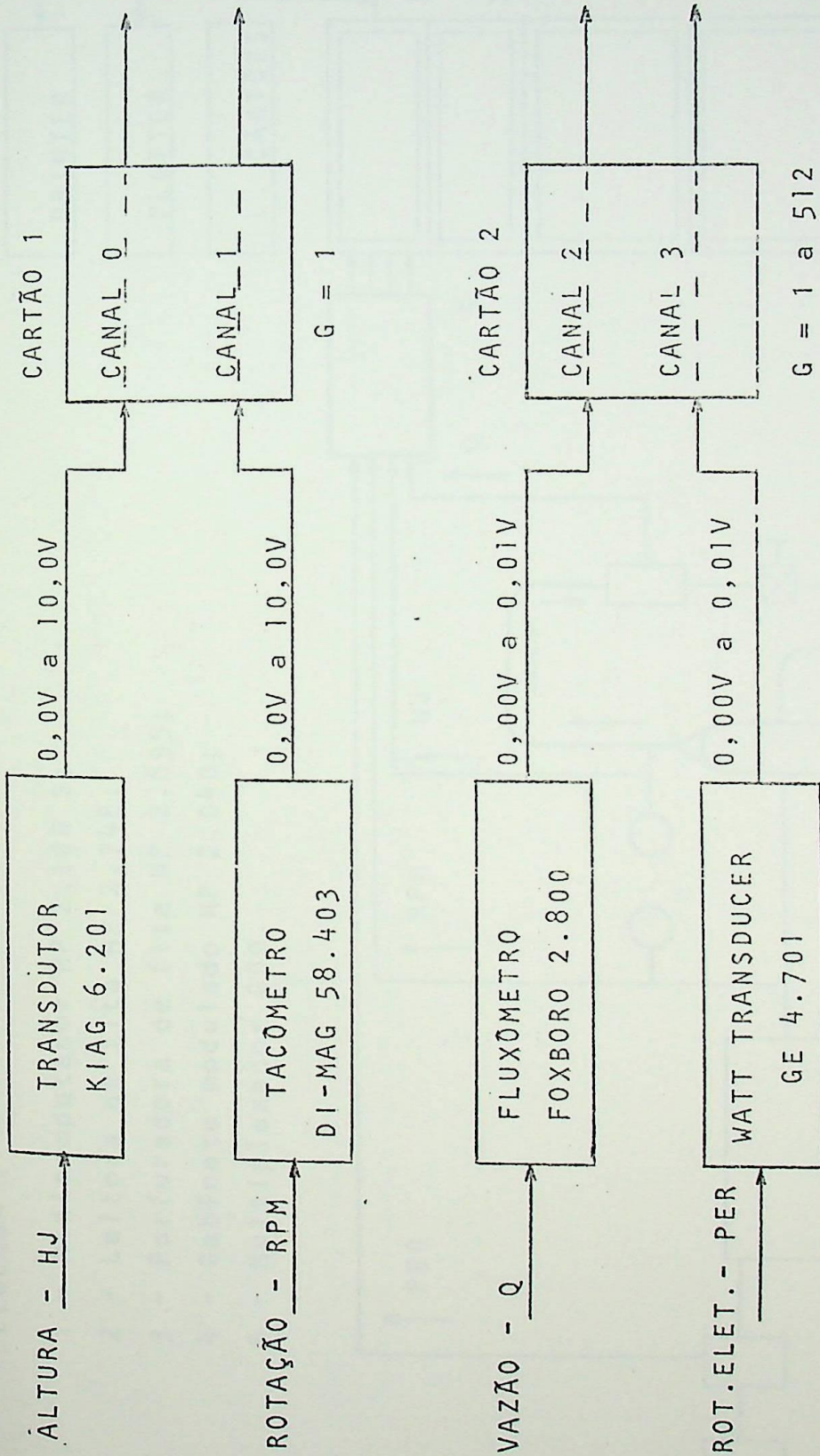
P R A N C H A 2

LEGENDA :

- | | |
|-----------------------------------|---------------------------------|
| 1 - Controle do motor; | 5 - Medição da vazão; |
| 2 - Medição da potência elétrica; | 6 - Registro controle de vazão; |
| 3 - Medição da rotação; | M - Motor elétrico; |
| 4 - Medição da altura; | B - Bomba. |



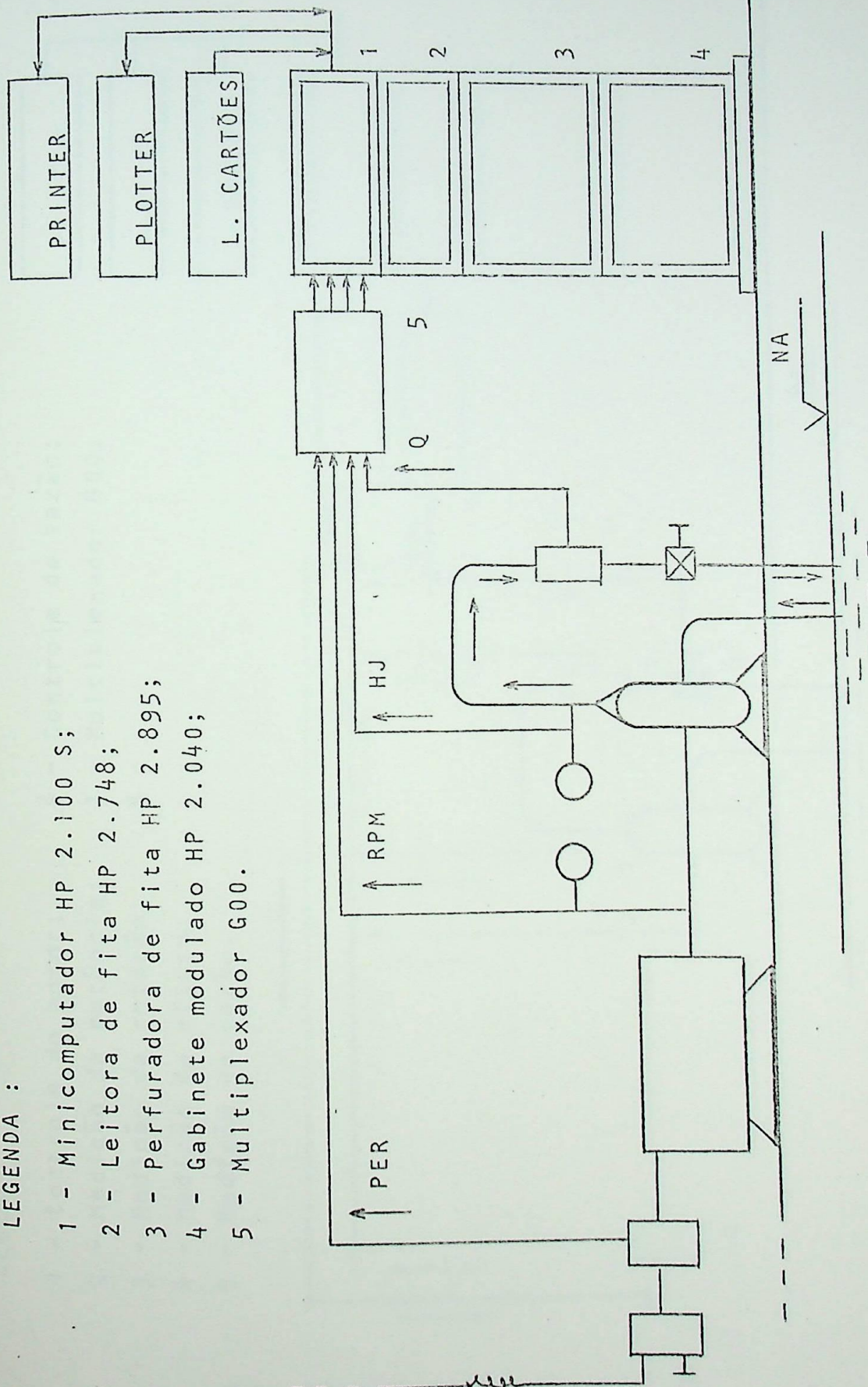
P R A N C H A 3



P R A N C H A 4

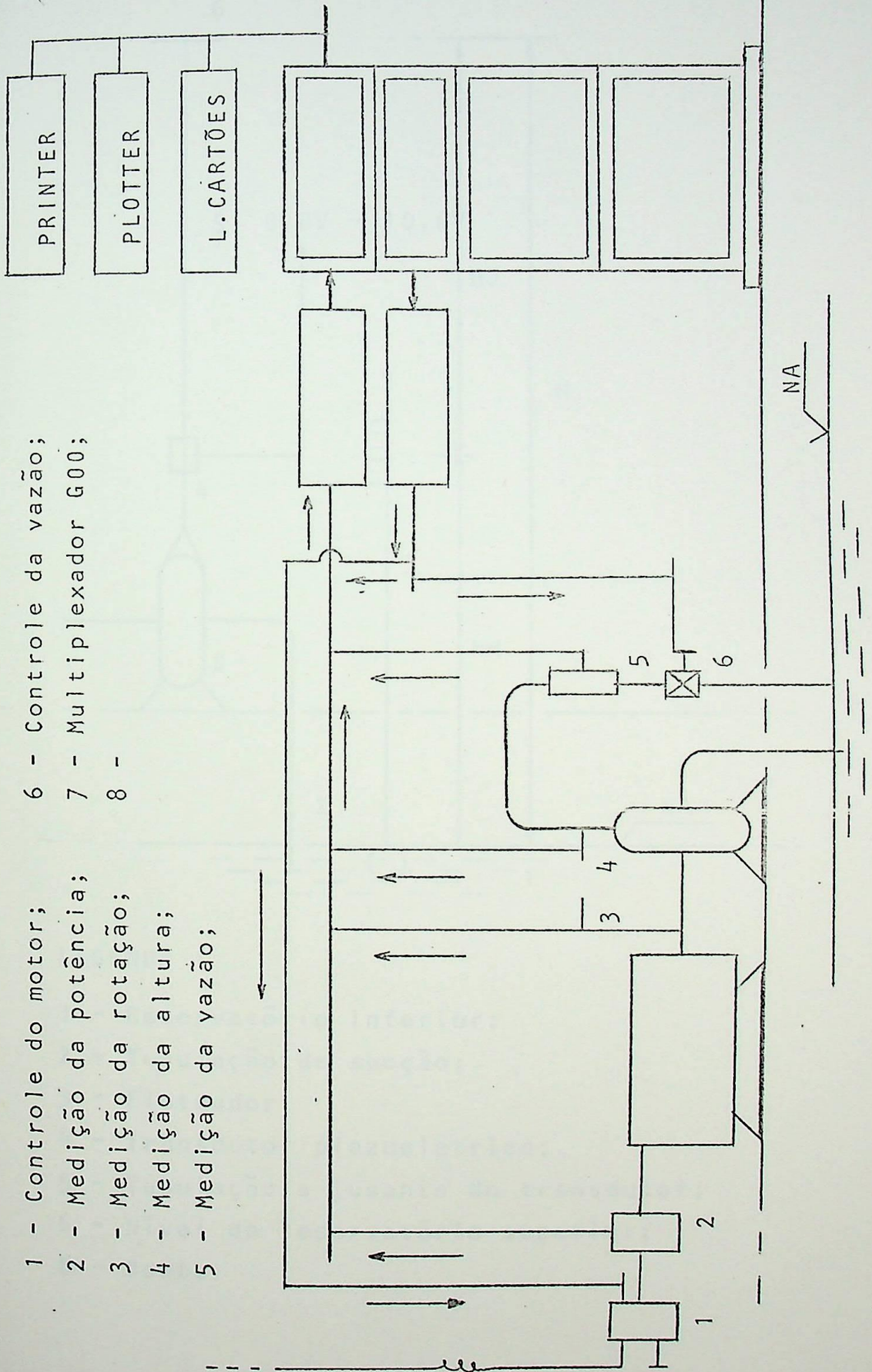
LEGENDA :

- 1 - Minicomputador HP 2.100 S;
- 2 - Leitora de fita HP 2.748;
- 3 - Perfuradora de fita HP 2.895;
- 4 - Gabinete modulado HP 2.040;
- 5 - Multiplexador G00.

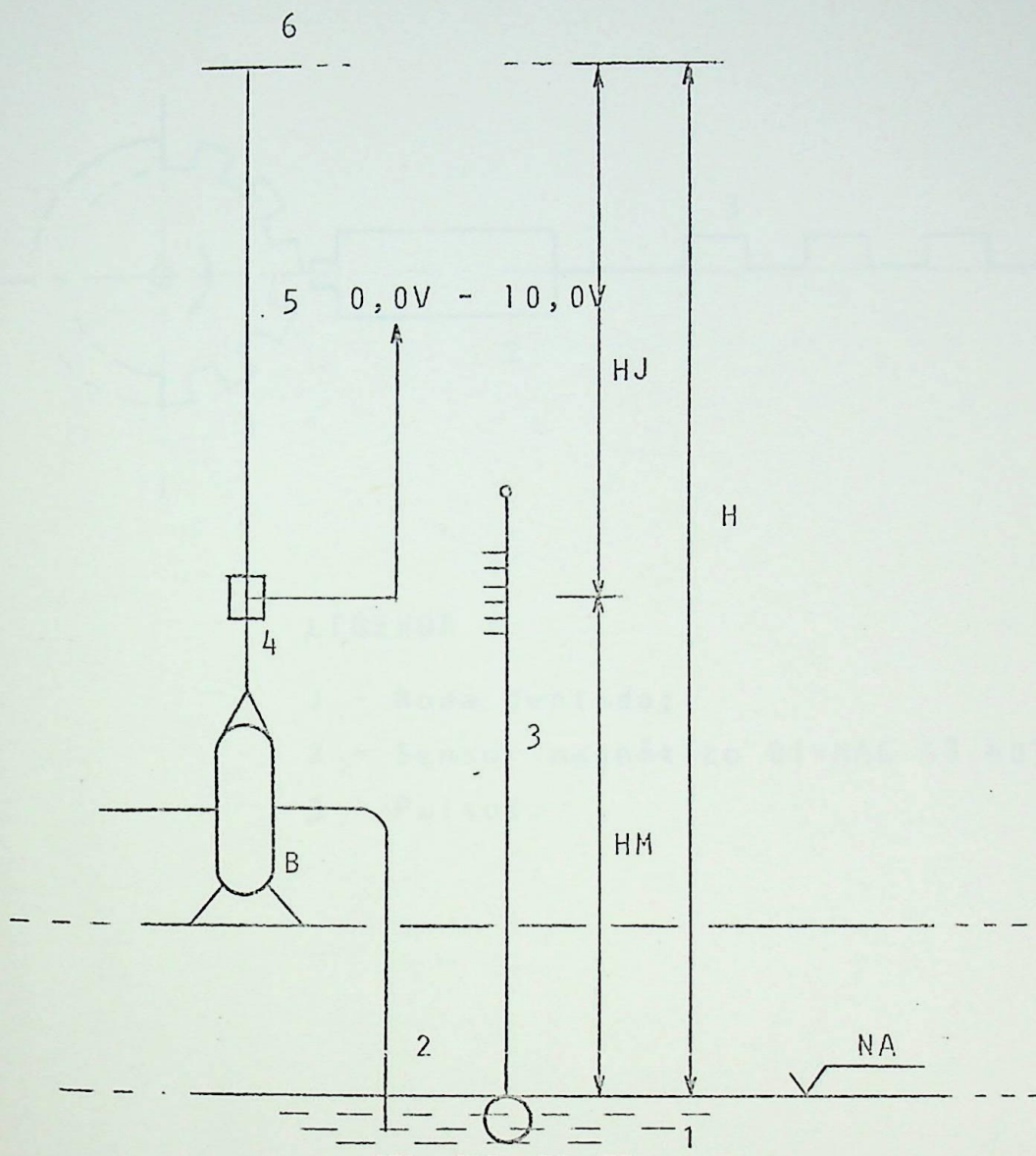


LEGENDA :

- 1 - Controle do motor; 6 - Controle da vazão;
- 2 - Medição da potência; 7 - Multiplexador G00;
- 3 - Medição da rotação; 8 -
- 4 - Medição da altura;
- 5 - Medição da vazão;



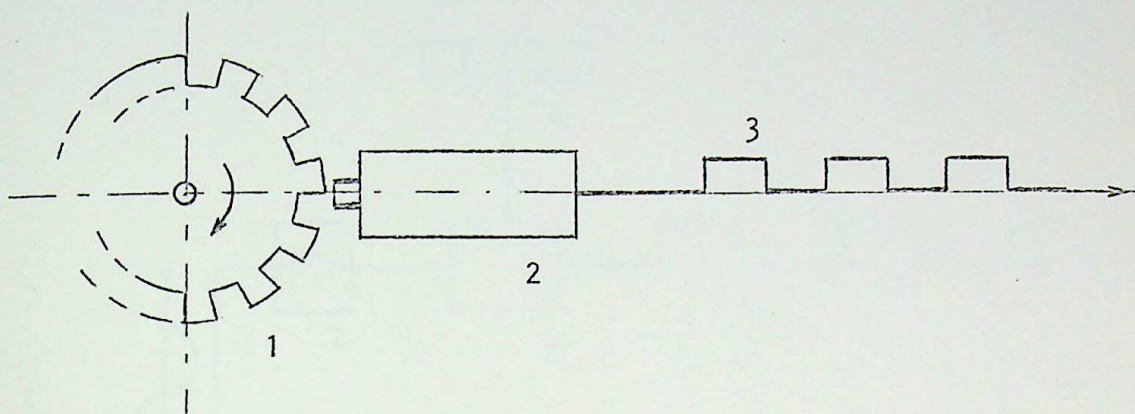
P R A N C H A 6



LEGENDA :

- 1 - Reservatório inferior;
- 2 - Tubulação de sucção;
- 3 - Flutuador;
- 4 - Transdutor piezoelétrico;
- 5 - Tubulação a jusante do transdutor;
- 6 - Nível do reservatório superior;
- B - Bomba.

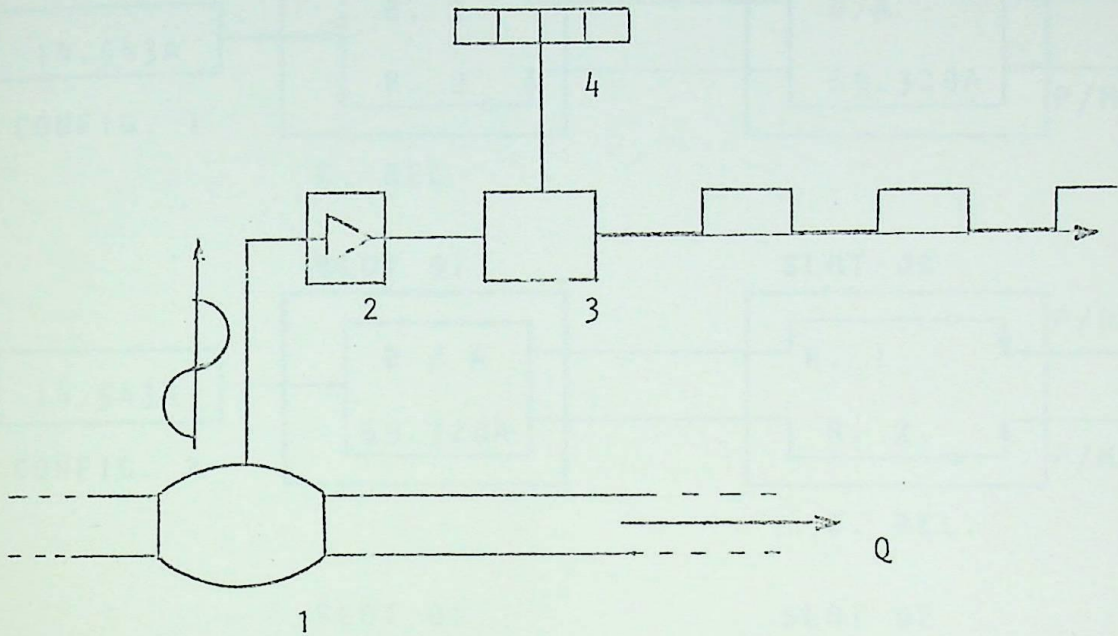
P R A N C H A 7



LEGENDA :

- 1 - Roda dentada;
- 2 - Sensor magnético DI-MAG 58.403;
- 3 - Pulsos.

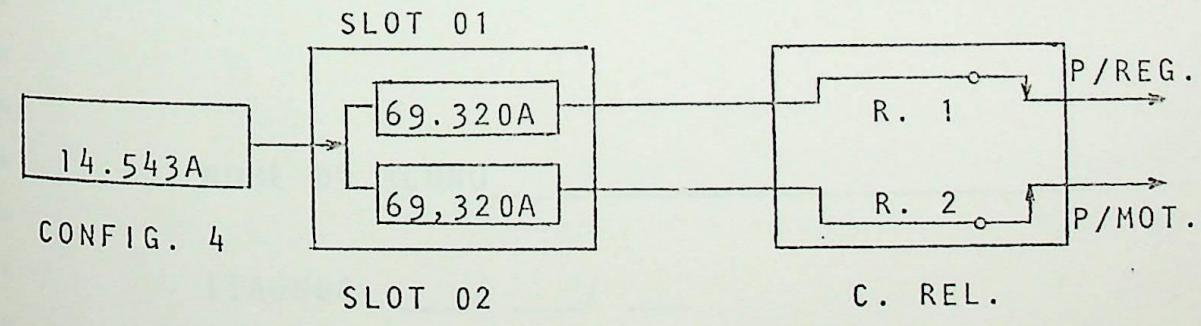
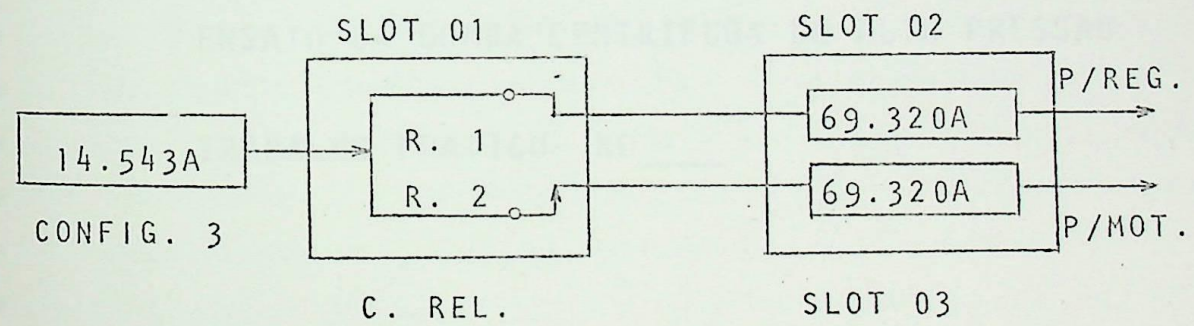
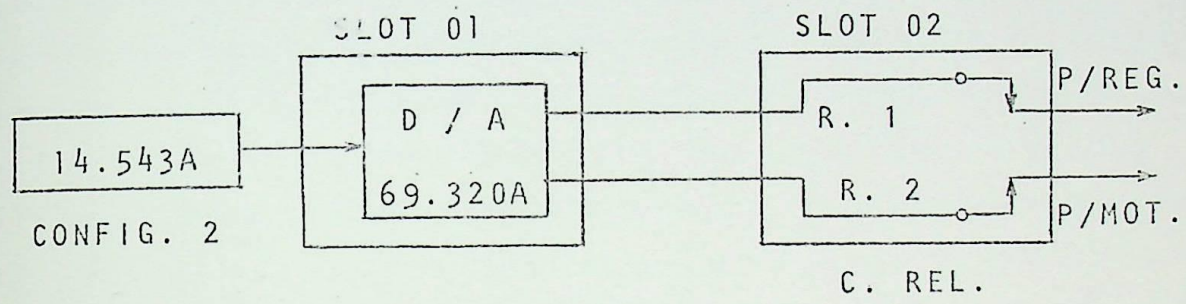
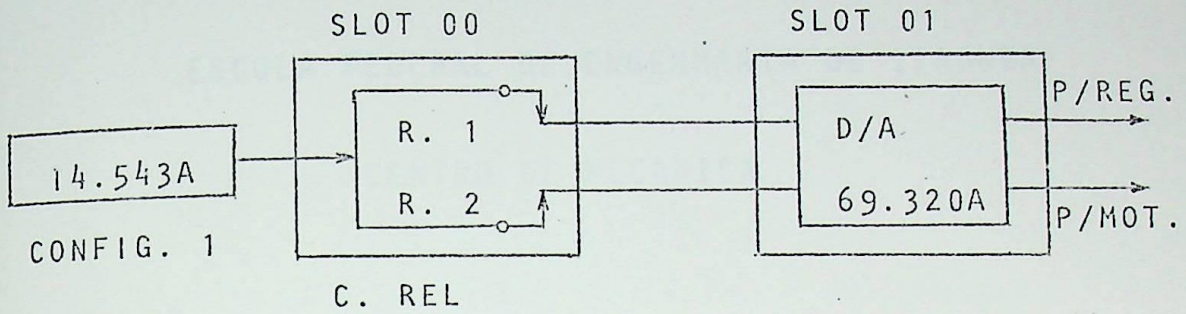
P R A N C H A 8



LEGENDA :

- 1 - Fluxômetro FOXBORO 2.800;
- 2 - Amplificador conversor FOXBORO 696A;
- 3 - Control FOXBORO 62H;
- 4 - Indicador digital opcional.

P R A N C H A 9



LEGENDA :

R.1 - RELE 1;

C.REL.- CARTÃO DE RELÉS.

R.2 - RELE 2;

CONFIG. - CONFIGURAÇÃO

P/REG. - PARA O REGISTRO;

P/MOT. - PARA O MOTOR;

ESCOLA FEDERAL DE ENGENHARIA DE ITAJUBA

CENTRO DE MECANICA

ENSAIO DA BOMBA CENTRIFUGA DE ALTA PRESSAO

TRABALHO PRATICO NO _____

NOME DO ALUNO _____

ITAJUBA, ____/____/____

10.1 - RECOMENDAÇÕES

Durante o desenvolvimento do texto verificou-se que temas colaterais encontram-se numa fase incompleta de metodização sistemática. O próprio tema central comporta estudos detalhados ou confirmáveis mediante uma realização experimental. Falhas de equipamentos, de montagens ou de depuração de programas devem ser consideradas. Estas e outras considerações impõem que sejam registradas as recomendações usuais compatíveis com a melhoria do trabalho.

O equipamento de medições adotado é procedência diversa. Desde sua apresentação visual até suas características de funcionamento, há notável heterogeneidade. Seu acoplamento ao computador se faz por adaptações complementares, porque a HP ainda não desenvolveu, até a presente data, um equipamento compatível mecânica, elétrica e esteticamente com o sistema principal. Em vista desta situação, recomenda-se que estudos sejam realizados visando tal objetivo.

O estudo do regime dos rios é trabalho de indiscutivel valor econômico, e que demanda tempo e despesas. Entre os trabalhos que são normalmente realizados destaca-se a medição de vazões dos rios.

Um sistema para tal fim deve ser pesquisado e desenvolvido com a ligação de uma bateria de molinetes fixados à estrutura adequada, de modo que alimenta de dados a um minicomputador de programação fixa. As medições de vazão serão feitas instantaneamente a custos vantajosos.

A automatização de processos industriais ou de laboratórios, didáticos ou profissionais, comporta ainda estudos básicos e complementares que oferecem aos estudiosos amplos campos de trabalhos.

O desenvolvimento de programas de controle mais completos elevará a qualidade e o grau da automatização.

Sistemas de ensaios para pesquisas de temas tratados no corpo do trabalho tais como associações de bombas, pontos de acoplamento, curvas de iguais rendimentos, devem ser desenvolvidos através de estudos acurados.

10.2 - CONCLUSÕES FINAIS

O objetivo básico do presente trabalho foi apresentar e discutir as possibilidades e conveniências da automação do banco de ensaios das máquinas de fluxo agregando-se-lhe um computador de controle.

A leitura do texto permite ao leitor concluir que o desenvolvimento da técnica se fez e ainda se faz a custos de esforços metódicos e sistematizados, empregando as recomendações do chamado método científico, que é exato e conclusivo. Além disto nenhuma ciência está acabada e completa.

O desenvolvimento da humanidade consiste em sua essência na busca do desenvolvimento científico.

De modo conciso e condensado, estas conclusões estão transcritas abaixo.

Aquelas mais conclusivas referenciam as seções que as originaram.

- I - Verificou-se que o desenvolvimento tecnológico na fase pré-histórica restringe-se às necessidades da sobrevivência do homem- 1.2-.
- II - A filosofia de vida, o trabalho escravo, a escassez de conhecimentos teóricos foram as causas principais de demora do desenvolvimento durante os chamados tempos históricos antigos - 1.3 -.
- III - A sistematização do conhecimento é causa primordial do desenvolvimento tecnológico- 1.5-.
Novas atitudes preconizadas inicialmente por Bacon, levam o homem a interessar-se pela experimentação. Surge o método científico. Sur-

ge o banco de ensaios - 1.4 -.

- IV - O banco de ensaio das máquinas hidráulicas é versátil em larga faixa de recursos - 1.5 -.
É capaz de atender à demandas didáticas e industriais, - 1.6 -.
Comporta a integração de um computador de controle, - 2.4 -.
- V - A integração do computador ao banco de ensaios comporta distintos graus de automatização, - 6.3 -.
A integração significa avançada conquista didática, - 4.1 -.
- VI - O computador de controle é usado com sucesso total em vários setores das atividades humanas, - 6.5 -.
No Brasil a Universidade não ocupa em geral a vanguarda das conquistas tecnológicas.
- VII - O emprego do computador conduz o professor, o estudante e o técnico ao conhecimento de sofisticados equipamentos, - 7.3 -, bem como ao conhecimento profundo de um equipamento em particular, - 8.0 -.
- VIII- Um sistema de aquisição de dados e controle é capaz de atender e automatizar o funcionamento dos mais distintos equipamentos, quer didáticos quer industriais, - 6.0 -.
- IX - É obrigação da Escola dar aos seus alunos amplas condições e conhecimentos que os capacitem a lidar com a mais moderna aparelhagem. O treinamento didático operacional do computador de controle é um dos mais altos graus desta atividade.
- X - Estas conclusões sobre fatos tão úteis ao desenvolvimento da Pátria recomendam a afirmação síntese sob a forma da T E S E :
A ESCOLA DE ENGENHARIA DEVE EMPREGAR O COMPU

TADOR ELETRÔNICO DE CONTROLE NO ENSINO DAS MÁQUINAS DE FLU
XO E DAS DEMAIS DISCIPLINAS QUE O COMPORTAM.

APÊNDICES

Os apêndices visam o acréscimo e a complementação de informações relativas aos assuntos já tratados no texto, sem contudo almejar um esgotamento conceitual ou teórico dos princípios em que se fundamentam.

Esclarecimentos mais profundos, amplamente expostos nas obras especializadas, apresentariam pouca contribuição esclarecedora relativa aos temas tratados e avolumariam a parte material do trabalho. Impõe-se portanto uma apresentação mais concisa.

O apêndice A procura detalhar, dentro destes limites, todas as características que compartilham do sub-sistema de aquisição de dados, de acordo com ampla literatura fornecida pelos fabricantes.

O apêndice B trata do equipamento HP integrante do sistema geral. São apresentadas informações complementares sobre o multiplexador, o minicomputador, o multiprogramador e o equipamento E/S.

São apresentadas especificações físicas bem como instruções relativas a programação, tudo conforme catálogos ou manuais fornecidos pela HP.

O apêndice C apresenta parcialmente o software do sistema, o necessário para uma compreensão razoável dos programas apresentados, sem atingir contudo a técnica da programação.

A.0 - OS TRANSDUTORES

Os transdutores constituem a fase inicial do sistema de aquisição de dados e controle. De seu desempenho depende o funcionamento do sistema.

São apresentados com mais detalhes :

A - o transdutor piezoelétrico em A.1;

B - o tacômetro magnético em A.2;

C - o medidor eletromagnético de vazão em A.3.

A.1 - TRANSDUTOR PIEZOELÉTRICO

A KISTLER INSTRUMENTS AG é uma empresa suíça especializada na construção de aparelhos piezoelétricos para medições diversas com vários anos de atividades e de experiências.

Os sistemas de medições são constituídos de três elementos básicos, o transdutor, o amplificador e os indicadores, como foi mostrado na seção 4.2.

Além destes elementos básicos, outros complementares, como seletores, calibradores, podem ser arrolados numa amostragem mais ampla. Todos os aparelhos desta fábrica, são compatíveis entre si, o que permite aos usuários uma ampla combinação de opções, conforme os objetivos que têm.

A.1.1 - O TRANSDUTOR

O elemento central de um sistema de medição de pressões é o transdutor de quartzo. Seu comportamento é firme em largas faixas de condições físicas diversas. A saída é linear e livre de histereses.

A confiabilidade que estas condições conferem aos transdutores piezoelétricos é responsável pela rápida expansão deste método moderno de medições. Atualmente os projetos das mais altas responsabilidades empregam os transdutores com sucesso.

Um transdutor de pressão mede cargas variáveis a partir de poucas milibares até alguns quilobares, segundo o modelo.

A figura A.1 mostra as faixas de valores atendidas por alguns aparelhos da KISTLER, modelo KIAG, com as possibilidades de ajustes que apresentam.

Esta figura em dimensões mais ampliadas, serviu de fonte informativa para a escolha do modelo 7.031, citado na subseção 4.2.2.

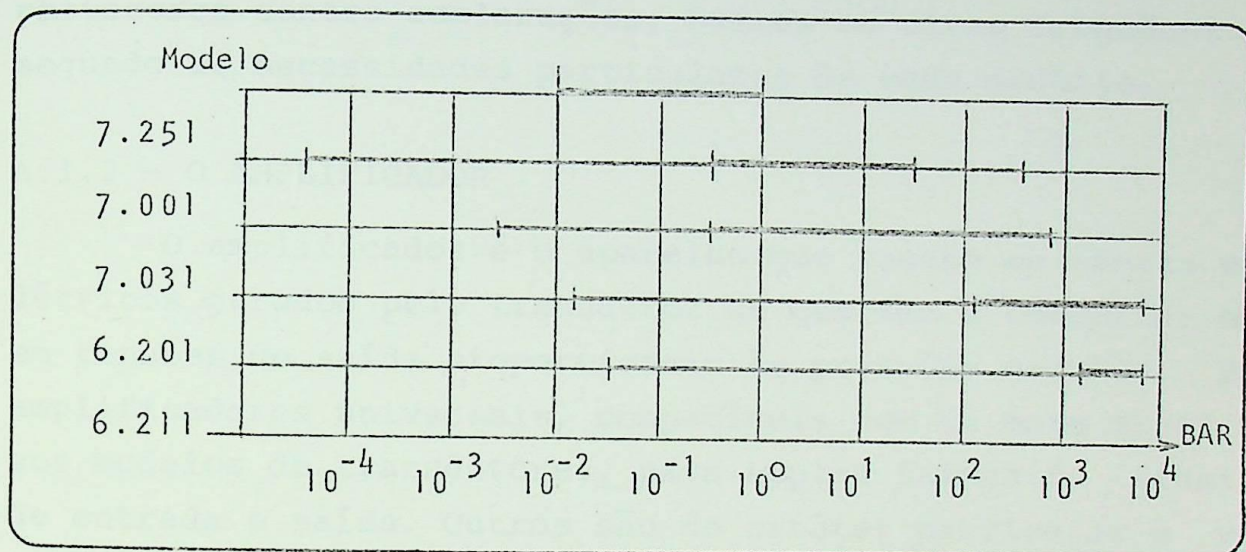


Figura A.1 - Faixas de atendimento de alguns modelos de transdutores piezoelétricos KIAG.

O medidor piezoelétrico de pressão pode atender também às condições de trabalhos impostas por processos ou sistemas de naturezas das mais diversas, cumprindo citar a pressão hidráulica, a pneumática, a balística, a pressão interna dos motores a explosão, ou em reatores das indústrias químicas.

As características do quartzo ensejam a preservação das suas propriedades piezoelétricas, tanto em condições normais de temperatura, como em outros valores compreendidos entre 200° C até 450° C.

A duração de um transdutor de quartzo é praticamente ilimitada, embora muito sensível aos choques mecânicos e a não tolerância a altas temperaturas.

A instalação do transdutor é muito simples por rosqueamento na parede onde é fixado.

Há transdutores para pressões baixas, médias e altas, bem como para as pressões absolutas, barométricas ou diferenciais.

A fábrica calibra para condições normais os aparelhos entregues ao comércio, ou para condições especiais sob encomenda.

Os aparelhos podem ser acompanhados de dispositivos protetores contra acelerações, baixas ou altas frequências, segundo as necessidades particulares de cada usuário.

A.1.2 - O AMPLIFICADOR

O amplificador é o aparelho que recebe os sinais elétricos gerados pelo transdutor de quartzo e converte-os em tensões de saída proporcionais às pressões medidas. Há amplificadores universais, compatíveis com os mais diversos modelos de transdutores, para amplas faixas de sinais de entrada e saída. Outros são de caráter particular e visam atender condições específicas de trabalho.

Os amplificadores são dispositivos eletrônicos usuais cujos projetos dispensam comentários. Podem estar associados com filtros passa-alta ou passa-baixa para os casos que os requerem.

Cada transdutor tem sua precisão calibrada conforme os objetivos que os demandam. Valores de escalas podem ser ajustados mecanicamente para vários fundos de leitura. O amplificador modelo 5.001 da KIAG é de natureza universal e tem amplo emprego na ciência e na técnica. Interruptores, diais, e chaves de ajuste conferem-lhe amplas faixas de valores de sinais de entrada e de saída. É o modelo aqui adotado. Um filtro passa-baixa disponível pode corrigir o sinal de saída para os limites requeridos pelo computador. Ele dispõe de três constantes de tempo a escolha, a curta e a média para as cargas dinâmicas e a larga para as cargas quase estáticas.

As características físicas do amplificador KIAG 5.001 de mais relevo são :

- A - Tensão de saída = ± 10 V;
- B - Corrente de saída = ± 50 mA;
- C - Impedância de saída = 100Ω ;
- D - Impedância de entrada = $10^{14}\Omega$;
- E - Ruído ≤ 2 mV;
- F - Linearidade $\leq 0,05\%$;
- G - Limite superior de frequência = 180 KHz;
- H - Suprimento de energia = 220 V e 60 Hz.

Os sinais de saída do amplificador, que são proporcionais aos valores das pressões medidas, atendem os valores necessários a integração com o computador HP 2.100 S. Esta compatibilidade é que levou a escolha do modelo.

A.1.3 - PERIFÉRICOS ELETRÔNICOS

Os periféricos eletrônicos são aparelhos fabricados pela KISTLER para servirem de indicadores dos tipos mais variados. Eles são conectados diretamente ao amplificador e representam o elemento final do sistema de medições.

Alguns deles podem necessitar de amplificadores especiais.

A título de simples informações, os periféricos abaixo relacionados, são brevemente apresentados :

- A - Osciloscópio de raios catódicos.

É um aparelho utilizado para análises dinâmicas de processos. Através dele todos os fenômenos que ocorrem com o processo em apreço podem ser acompanhados visualmente ou fotografados;

- B - Gravador de fita magnética.

Grava fitas que posteriormente servirão de veículos de entrada de dados a outros equipamentos, como um computador, um analisador de frequência ou um indicador visual;

- C - Indicador analógicos.

Aparelho que indica o valor da pressão presente em mostrador de quadro e ponteiro móvel. O tipo 5.501 é recomendado como indicador visual na

configuração aqui apresentada;

D - Indicador de pique.

Aparelho que tem o mesmo formato do anterior e indica o valor máximo, pique, atingido pela grandeza medida em certo intervalo de tempo;

E - Indicador digital.

Seu próprio nome diz da natureza de suas funções, que são indicar de modo digital os valores medidos.

Além destes aparelhos de saída, há vários outros de apresentação dispensada.

Os aparelhos de saída digitais que convertem a voltagem analógica do amplificador para a forma digital podem comandar impressoras digitais, desde que haja compatibilidade. Este processo de saída fornece tabelas de valores da grandeza medida.

A figura A.2 mostra a configuração do sistema de medição da altura de elevação da bomba.

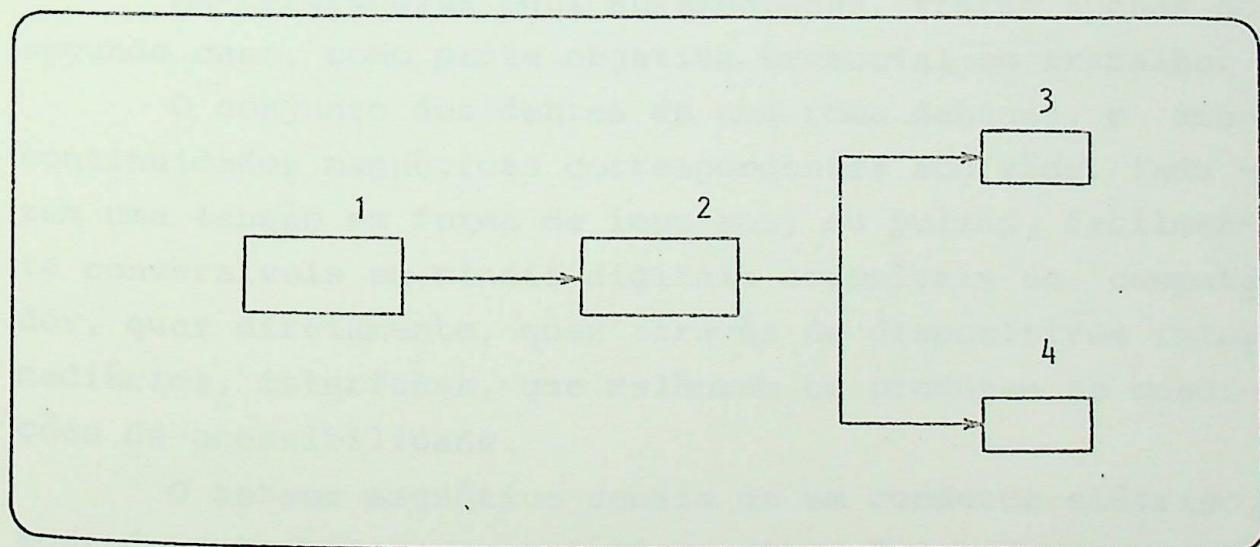


Figura A.2 - Sistema de medições da altura de elevação.

1. transdutor KIAG 7.031; 2. amplificador KIAG 5.001; 3. computador; 4. indicador analógico KIAG 5.501.

A.2 - TACÔMETRO MAGNÉTICO

O TRANSDUTOR TACOMÉTRICO do tipo SENSOR MAGNÉTICO

constitui feliz realização técnica para a solução do problema da medida de velocidade de rotação de um eixo.

O aparelho utiliza em toda plenitude os princípios da indução magnética, regidos pelas leis de Faraday. A variação do campo magnético que envolve o condutor elétrico, é realizada com o movimento de um material magnético, e dele distante um espaço que pode ser graduado de acordo com o valor da tensão que se deseja induzir. Um dos materiais mais recomendados por suas características e propriedades magnéticas, é o aço.

O deslocamento quer linear, quer circular de uma massa do material magnético, junto do condutor elétrico, induz a energia elétrica necessária a geração de um sinal. Tanto uma velocidade linear, como uma velocidade circular, são medidas com iguais eficiências.

A massa magnética, responsável pelo campo magnético, pode ter a forma do dente de uma cremalheira ou de uma roda dentada, quando se trata de medir uma velocidade linear ou circular respectivamente.

As referências aqui apresentadas, tratam apenas do segundo caso, como parte objetiva essencial ao trabalho.

O conjunto dos dentes de uma roda dentada, e descontinuidades magnéticas correspondentes aos vãos, induzem uma tensão em forma de impulsos, ou pulsos, facilmente conversíveis em sinais digitais acessíveis ao computador, quer diretamente, quer através de dispositivos intermediários, interfaces, que melhoram ou produzem as condições de acessibilidade.

O sensor magnético consta de um condutor elétrico, montado numa blindagem metálica, com a forma de um parafuso ôco, e um pino na extremidade, onde se aloja o condutor.

A proteção do dispositivo contra nocivos fenômenos mecânicos, choques, vibrações, ou fenômenos ambientais, umidade, poeira, é facilmente realizada e garante ao aparelho alto desempenho e grande durabilidade. Dimensões reduzidas, projeto simples, execução fácil, são responsáveis por seu custo bastante reduzido. A facilidade de instalação

ção completa as vantagens que recomendam seu emprego.

O transdutor consta de duas partes, uma móvel, a roda dentada, outra fixa, o sensor, como ilustra a figura A.3.

O interior do parafuso pode comportar um círculo integrado, ligado ao polo gerador da tensão elétrica. O gerador de sinais digitais, integrado ao próprio aparelho, aumenta sua confiabilidade e eficiência.

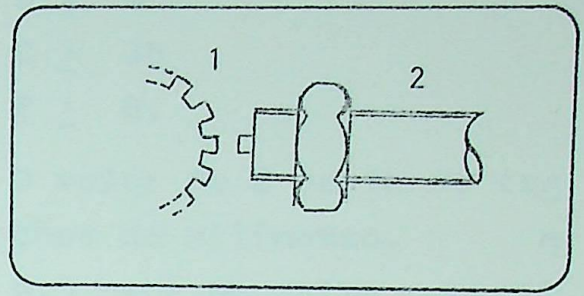


Figura A.3- Princípio de montagem do tacômetro magnético.

1. roda dentada ;
2. transdutor.

A disposição descrita e mostrada na figura A.7.

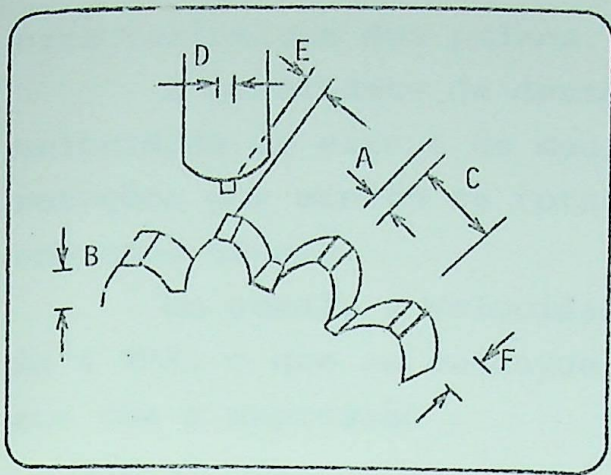
O valor da tensão induzida, que pode chegar até 450 V, depende das características seguintes :

- A - velocidade periférica do dente;
- B - dimensões do dente;
- C - propriedades magnéticas do material do dente;
- D - distância entre o pino e o dente;
- E - projeto do sensor.

As dimensões mecânicas indicadas para os casos mais comuns, ilustrados pela figura A.4, são as seguintes :

- A. largura do dente;
- B. altura do dente;
- C. vão entre dentes;
- D. diâmetro do pino;
- E. distância entre pino e dente;
- F. comprimento do dente.

O valor de D, diâmetro do pino, é elemento básico do projeto, e depende das condições a que o dispositivo vai servir. As outras dimensões guardam estreita relação com D, a exceção de E, como segue :



$$A \geq D$$

$$B \geq D$$

$$C \geq 3D$$

$$F \geq D.$$

O valor de E varia de frações de milímetro, e 0,5 mm é um valor usual para vários modelos.

O valor de D, para os modelos comerciais, varia de 1,5 mm a 2,5 mm.

Valores outros requerem encomendas às fábricas. A forma do pino pode ser cilíndrica, cônica ou de cunha. A cada uma destas formas correspondem ligeiras variações nos elementos

da onda periódica produzida. Conforme a especificação necessária do pulso, que depende de dispositivos intermediários sensor - computador, são projetados o pino do sensor, a forma e as dimensões dos dentes da roda dentada.

A.2.1 - PROJETO DA RODA DENTADA

O projeto da roda envolve vários fatores, funções de elementos relativos aos pulsos, entre os quais se destacam :

- A - material para a roda dentada;
- B - quantidades de dentes z, da roda;
- C - dimensões geométricas.

A roda, como já foi dito, é constituída de material magnético, metal ferroso, mas esta acertiva não constitui uma regra rígida. O aproveitamento de um material não magnético, perfeitamente admissível, implica no encastamento de uma peça de metal magnético na cabeça do dente ou na periferia da roda, quando projetada sem dentes. A variação de formas e dimensões do encastamento, influencia algumas

características dos pulsos.

A quantidade de dentes da roda está relacionada à velocidade do eixo e às medidas desta velocidade, ou sejam, rotações por minuto ou rotações por segundo, que são os casos mais usuais.

Em geral, a velocidade dada em RPM deve ser reduzida a RPS, o que se consegue em termos de quantidade de pulsos com a expressão :

$$F = \frac{N \cdot z}{60}$$

onde :

F - é a frequência em pulsos por segundo;

z - é o número de dentes da roda;

N - é a frequência em RPM.

Assim, uma roda de sessenta dentes converterá uma velocidade em RPM, para uma velocidade em RPS, diretamente com o número de sinais gerados.

As dimensões da roda apenas citadas aqui, são dependentes de duas funções a uma primeira vista, a forma e a intensidade dos pulsos.

A forma dos pulsos ditará as dimensões relativas aos dentes, como já foi dito, e a intensidade ditará as dimensões do diâmetro.

Esta última considera ainda a lei da indução de Faraday. A velocidade periférica de cada dente que regulará a intensidade do pulso varia diretamente com o diâmetro.

A.2.2 - ALGUMAS CARACTERÍSTICAS DO SINAL

O valor do sinal varia :

A - linearmente com a velocidade periférica do dente;

B - inversamente com o quadrado da distância entre o pino e a periferia do dente.

Para diversos diâmetros, d_1, d_2, \dots, d_n da engrenagem, sendo d_1, d_2, \dots, d_n , o gráfico voltagem V , versus velocidade N tem o aspecto da figura A.5.

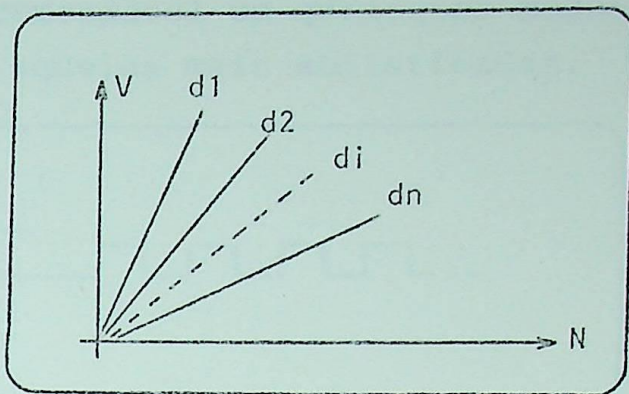


Figura A.5- Relação entre a voltagem V e a velocidade de rotação N da roda dentada.

A curva voltagem V , versus distância E , entre o pino e o dente tem o aspecto mostrado na figura A.6.

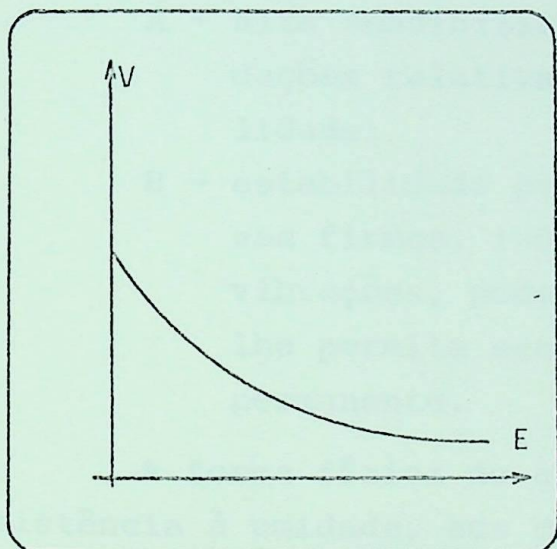


Figura A.6 - Variação da tensão V em função da distância entre o pino e o dente.

A.2.3 - SENSOR MAGNÉTICO DIGITAL

Um sensor magnético digital é aquele que contém blindado, um circuito integrado, como mostra a figura A.7 e é capaz de gerar sinais digitais, o que lhe permite uma integração direta com o computador, dispensados os dispositivos intermediários como os amplificadores ou conversores análogo - digitais.

O baixo ruído produzido, e que acompanha a onda, permite dispensar o emprego dos filtros.

Além destas características, o aparelho apresenta di

versas outras que o tornam recomendável em quaisquer modalidades de instalações, mesmo aquelas mais sofisticadas.

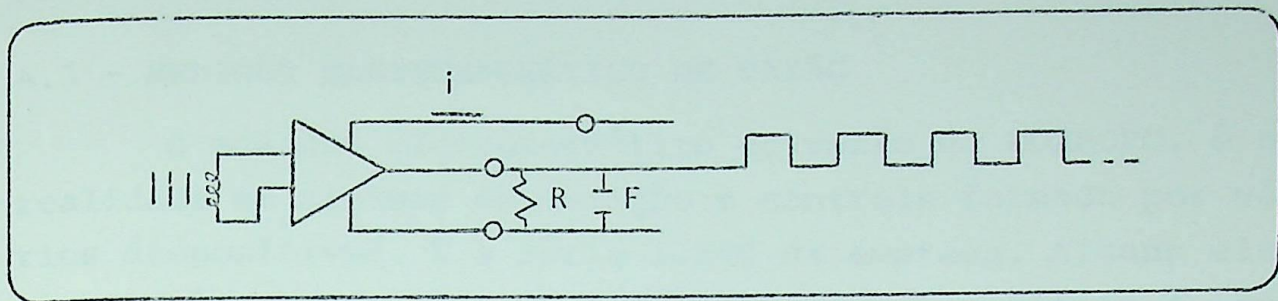


Figura A.7 - Sensor magnético digital

Algumas que podem ser citadas são :

- A - alta sensibilidade, do que lhe advem as recomendações relativas a precisão e a própria sensibilidade;
- B - estabilidade permanente. O aparelho fixo em bases firmes, independentes de bases sujeitas a vibrações, pode gozar de uma estabilidade que lhe permite sensibilidade e precisão em caráter permanente.

A forma física do aparelho confere-lhe excelente resistência à umidade, aos choques, a variação de temperatura de -40°F até 170°F , facilidade de instalação, de calibração e manutenção.

O sensor pode comandar, por dispositivos conversores D/A, variável gama de aparelhos complementares, como indicadores visuais, tacômetro, dispositivos de automatização para variação de velocidades, interrupção do movimento.

Por intermediários próprios, computador, o sensor pode estar conexado a um traçador de gráficos digital.

As especificações do aparelho não apresentam contra indicação.

As fábricas de sensores eletro-magnéticos de caráter industrial, e fabricação em série de larga gama de modelos são a ELETRO PRODUCTS LABORATORIES, com instalações em Chicago, e produtora dos modelos ELECTRO e a C. DENIS CO. da Inglaterra, produtora do modelo ANTAC.

Estas marcas são distribuídas no Brasil, pela Comercial Gonçalves, de São Paulo.

A.3 - MEDIDOR ELETROMAGNÉTICO DE VAZÃO

O medidor eletromagnético de vazão da FOXBORO, é na realidade um sistema de medição e controle formado por vários dispositivos. É a série 1.800 da empresa. Alguns elementos básicos do sistema foram citados no capítulo 4, subseção 4.4.8.

Visando uma unidade de apresentação, todos os elementos básicos componentes do sistema são aqui apresentados na ordem de formação completa do equipamento marca FOXBORO :

- A - detetor eletromagnético. Responde apenas a velocidade do líquido, emitindo sinais que lhe são proporcionais;
- B - conversor de corrente. É o modelo 696 A da FOXBORO. Converte em corrente os sinais provenientes do detetor eletromagnético, e seus sinais de saída são encaminhados ao receptor eletrônico;
- C - controlador eletrônico modelo CONSOTROL. Recebe os sinais elétricos em miliamperes proporcionais a vazão medida. O modelo 62 H dispõe de ponto de ajuste para marcar certo volume do fluido medido.

Quando o volume atinge a quantidade marcada, o aparelho libera um sinal de saída que aciona uma válvula interruptora do fluxo, modelo P, ver o ítem H. O controle pode ser automático ou manual.

O dispositivo libera ainda o sinal que aciona um traçador de gráficos.

É este o sinal que apresenta as condições físicas compatíveis com o computador. A derivação é feita como mostra a figura A.8.

O consotrol tem associado um indicador visual

capaz de marcar a vazão a cada momento. Trata -
se portanto de um integrador analógico;

- D - traçador de gráficos. Registra o valor da vazão sob a forma de gráficos contínuos. O modelo 64H é compatível com o consotrol e dispõe de saída para outro dispositivo. No caso foi adotado o conversor 66 K;
- E - conversor de sinais. O modelo 66 K converte a corrente contínua que recebe do traçador de gráficos em pulsos elétricos capazes de acionarem o integrador digital capaz de marcar o valor do volume escoado em certo tempo. O conversor dispõe de tomadas para alimentação do sistema pela rede elétrica pública;
- F - integrador digital. Recebe os pulsos do conversor e seu dispositivo digital marca o volume medido a partir do acionamento do sistema;
- G - compressor modelo 96 TA. Converte corrente contínua de 10 MA até 50 MA em pressões a partir de 3 p s i até 15 p s i, suficientes para o acionamento de dispositivos penumáticos;
- H - válvula pneumática. Interrompe o fluxo na tubulação quando recebe pressões geradas pelo compressor.

Além de ter uma aplicação comum para o caso da água natural, o sistema tem sido usado com resultados excelentes para medições dos fluxos de produtos mais variados, cumprindo destacar, cerveja, sucos, leite, polpa de madeira, latex e principalmente substâncias químicas corrosivas.

As qualidades do sistema são as credenciais que o recomendam. Uma perda de carga nula resulta da ausência total de impecílios à corrente. Sua instalação é muito simples e dispensa cuidados especiais. Precisão, versatilidade e confiabilidade são as características que impuseram sua aceitação para integrar o sistema geral aqui proposto.

A figura A.8 é um esquema do sistema geral de medições e controle. O percurso do sinal para o computador es-

tá destacado por traços mais cheios.

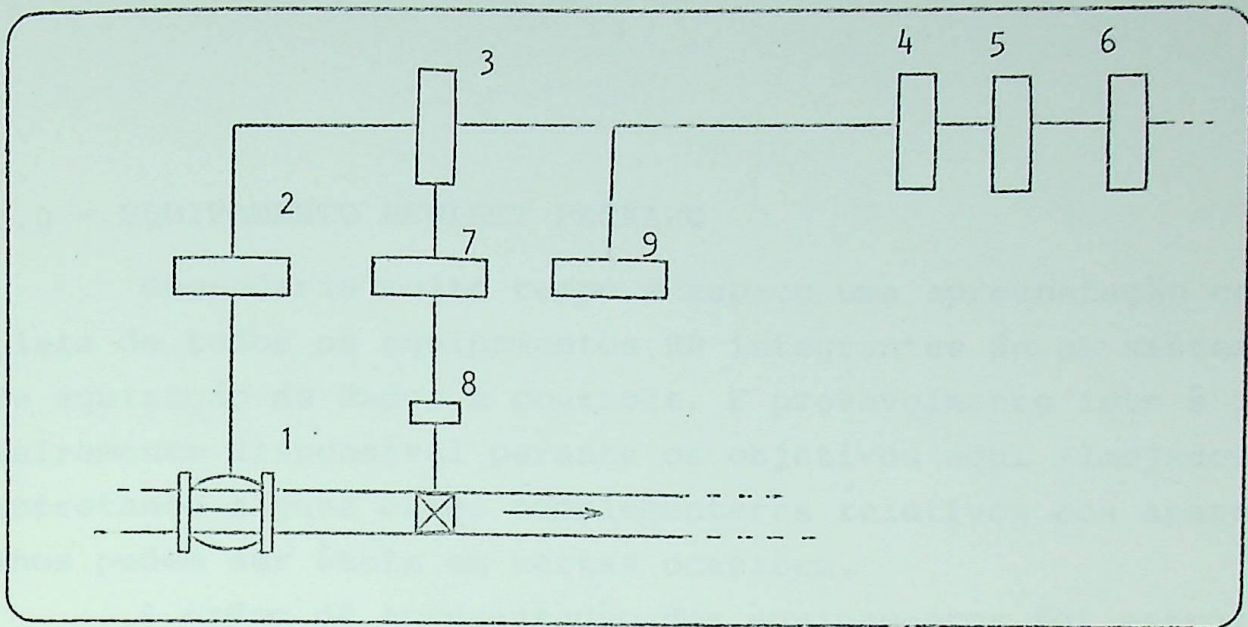


Figura A.8 - Sistema automático de medição e controle de vazão.

- 1. detetor eletromagnético; 2. conversor de corrente; 3. consotrol e indicador visual ;
- 4. traçador de gráficos; 5. conversor de sinais; 6. integrador digital; 7. compressor de ar; 8. válvula pneumática; 9. computador.

B.0 - EQUIPAMENTO HEWLETT PACKARD

Demandaria muito tempo e espaço uma apresentação completa de todos os equipamentos HP integrantes de um sistema de aquisição de dados e controle. E provavelmente isto é inteiramente dispensável perante os objetivos aqui almejados. Entretanto alguns dados complementares relativos aos aparelhos podem ser úteis em certas ocasiões.

A ordem de apresentação dos equipamentos foi estruturada conforme o percurso do fluxo de informações no sistema apenas com o objetivo de se estabelecer um critério.

Os dados quantitativos foram reservados para figurar no apêndice.

B.1 - MULTIPLEXADOR

Os sinais resultantes da aquisição de dados realizada pelos transdutores são preparados para serem aceitos pelo computador em percursos complexos e passam através de vários dispositivos. Estes caminhos são denominados CANAIS.

Os canais desempenham funções múltiplas e complexas em um sistema de aquisição de dados. Um canal pode estar conectado fisicamente ao processador central compartilhando de sua memória. Entretanto há dispositivos que possuem memórias e registros próprios, podem ser programados individualmente e podem portanto dispensar o trabalho dos elementos correspondentes do processador central. São os dispositivos independentes.

A memória de um canal é chamada BUFFER. Em geral suas palavras são constituídas por um byte. As funções do BUFFER são várias, cumprindo todavia destacar a espera nas comunicações entre o periférico e o computador.

Caso um destes equipamentos estiver ocupado, as informações são armazenadas no BUFFER onde esperam sua vez de

transmissão.

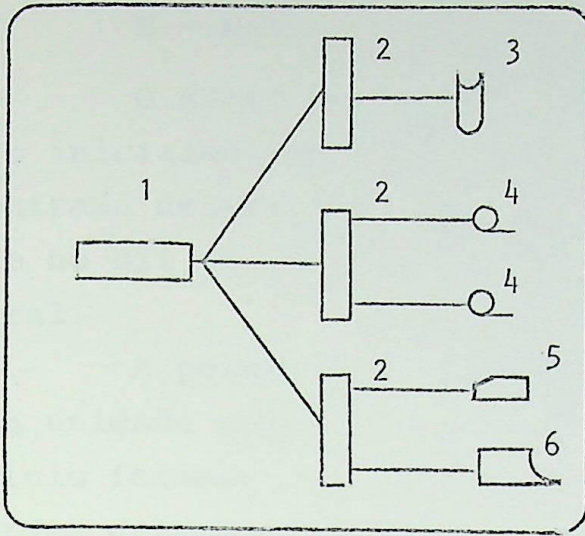


Figura B.1- Exemplo de periféricos ligados aos canais.

1. canal; 2. intermediário; 3. disco; 4. fita; 5. leitora de cartões; 6. impressora.

Um BUFFER constitui portanto uma memória intermediária.

Um canal pode comandar mais de uma UC (Unidade de controle).

Por sua vez, uma UC pode comandar um ou vários equipamentos periféricos de E/S como o mostra a figura B.1. Conforme a velocidade do equipamento E/S a que se ligam, os canais são classificados em duas categorias :

- A - MULTIPLEXADORES;
- B - SELETORES.

Os multiplexadores são canais conectados aos equipamentos de baixa velocidade, por causa de suas condições mecânicas, como a

leitora e perfuradora de cartões, a perfuradora de fita de papel, a impressora.

Os seletores são canais conectados aos equipamentos de alta velocidade, como a leitora gravadora de fita magnética, ou o tambor magnético.

Pela natureza do equipamento referenciado, apenas os canais multiplexadores serão vistos.

Os canais operam em duas modalidades bem distintas quanto ao envio de dados ao processador central :

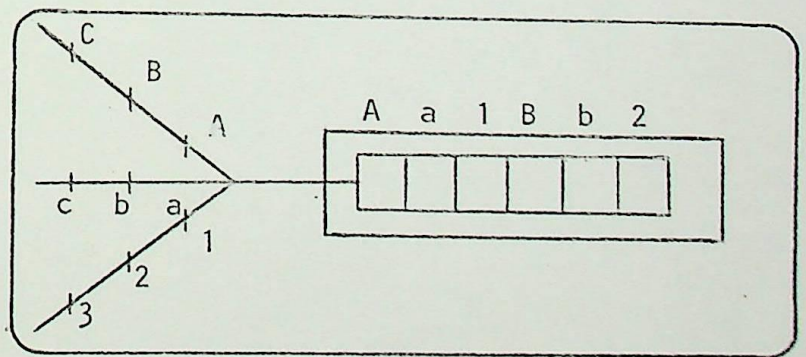


Figura B.2- Transmissão intercalada.

A - Intercalada - Bite a bite;

B - Rajada - Burst mode.

O canal opera na modalidade intercalada, pesquisando inicialmente o primeiro bit do buffer de uma unidade de entrada determinada em programa. Se houver um sinal gravado no bit, é ele imediatamente remetido ao processador central.

A pesquisa é feita agora no primeiro bit do buffer da unidade seguinte. Assim sucessivamente até terminar o ciclo formado pelas unidades de entrada, de acordo com a ordem determinada na programação, como o ilustra a figura B.2, no caso em que há três unidades de entrada, para dois ciclos de leitura.

A pesquisa é reiniciada para os bits seguintes, cujos dados são transferidos na mesma seqüência que a anterior. Esta é a modalidade necessária e prevista para o caso da tomada de leitura dos elementos que compõem um banco de ensaios de uma bomba, como será exposto na próxima seção.

Na operação de transmissão de dados por um canal em modalidade de rajada, o canal pesquisa ao mesmo tempo todos os bits do buffer de uma unidade de entrada. Quando há

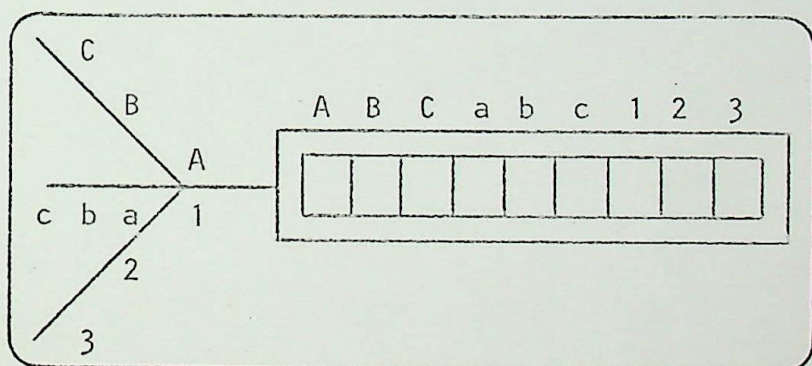


Figura B.3 - Transmissão em rajadas.

sinais para transferir em seus conteúdos, ele o faz por inteiro. A pesquisa prossegue imediatamente para a unidade seguinte, até que todas sejam pesquisadas. A figura B.3 ilustra esta disposição, para três unidades de entrada. Esta modalidade é empregada para os processamentos em lotes.

Os canais seletores operam apenas em rajadas.

Os sinais provenientes dos transdutores são assim enviados aos diversos canais multiplexadores, de um modo

tal que cada transdutor está conectado a apenas um canal multiplexador.

Os canais multiplexadores são agrupados em uma montagem física especial, placas com circuitos impressos, que são denominados cartões.

Os cartões multiplexadores da HP são montados num estojo metálico com locais próprios para recepção dos cartões, os encaixes.

O dispositivo assim montado é que se conhece como MULTIPLEXADOR, numa extensão do significado do termo. Doravante, será este o significado aqui referido.

A HP fabrica multiplexadores com diversos objetivos e numa escala de crescente evolução cronológica. Há portanto, diversos modelos disponíveis.

O modelo aqui especificado por abranger os diversos objetivos apresentados pelo processo é o modelo Goo.

Algumas de suas características técnicas necessárias a sua integração no sistema selecionado, são apresentadas aqui, complementando parcialmente o que foi dito na seção 7.3.1.

O aparelho consta de caixa metálica em dimensões moduladas, que contém os encaixes para receber os cartões multiplexadores, daí advindo seu nome usual MULTIPLEXADOR.

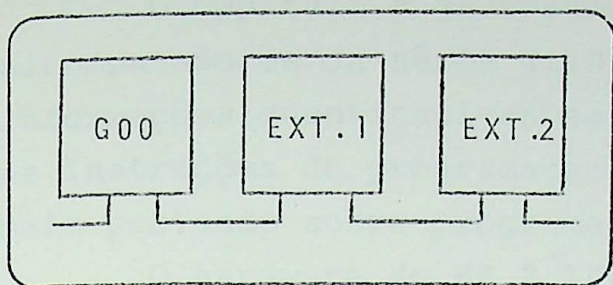
O modelo GOO conta com dezesseis encaixes para alojamento dos cartões. Caso seja necessário, o multiplexador pode ser expandido com o acréscimo de unidades especiais. Cada uma delas, constitui uma EXPANSÃO e comporta também dezesseis cartões.

O multiplexador pode ser acrescido com duas unidades EXPANSÃO, elevando assim para quarenta e oito o número de cartões multiplexadores, como mostra a figura B.4.

Esta providência aumenta consideravelmente a capacidade de aquisição de dados do sistema capacitando-o a integrar grandes unidades industriais. O sistema aqui proposto dispensa este acréscimo tendo em vista a reduzida quantidade de transdutores que operará.

Nem todos os cartões contêm canais multiplexadores.

A unidade inicial contém apenas nove encaixes a e-



les destinados. A segunda e a terceira unidades contém doze encaixes com esta finalidade, para um total de 33 cartões multiplexados.

Figura B.4- Multiplexador G00 expandido com duas unidades.

Os outros cartões são reservados para atividades distintas como controle do subsistema, conversão analógica/digital, conexão com as expansões, além de

outras.

Entradas simples e diferenciais podem ser associadas em quaisquer relações. Esta escolha depende, em primeiro lugar, das necessidades impostas pelo processo a ser analisado, e posteriormente por condições econômicas, dado que os elementos de entradas simples são de custo menor.

Conforme as atividades que vai desempenhar, o equipamento base pode ser acrescido de vários equipamentos complementares, cada um com funções bem definidas. Estes equipamentos são modulados e incluem modelos variando de G01 até G50.

O cartão interface para conexão ao computador, está incluído no próprio equipamento.

O software do equipamento é construído por rotinas drivers capazes de comandar diversas modalidades de programação compatíveis com o sistema.

Os drivers são modulados para FORTRAN, ALGOL e ASSEMBLER.

O BCS comanda ambas as vias de acesso a memória, o DMA e o não DMA.

Dependendo das condições do equipamento complementar, o sub-sistema pode realizar até mais de mil leituras de dados por segundo. Esta velocidade caracteriza as necessidades para realização dos ensaios dinâmicos com elevado grau de precisão.

B.2 - O MINICOMPUTADOR 2.100 S

O capítulo 8 já traçou as diretrizes básicas dos minicomputadores da série 2.100. Aqui são acrescentadas algumas informações quantitativas sobre o aparelho e apresentadas as instruções de programação necessárias a um conhecimento mais profundo sobre programas e operações do computador.

O hardware do HP 2.100 S é resultado da inclusão de diversos elementos, anteriormente não incluídos na UCP.

Cumprе destacar os seguintes :

- A - Instruções de aritmética extendida;
- B - Unidade aritmética do ponto flutuante;
- C - Unidade de acesso direto a memória, DMA, com dois canais;
- D - Gerador de base de tempo de cristal, a partir de 0,1 ms até 1.000 s, de 10 em 10 s;
- E - Verificador de paridade da memória, com inter -
rupção;
- F - Interrupção de falha de potência;
- G - Proteção automática da memória;
- H - Microprogramação para armazenamento e para leitura relativas a memória.

Além da capacidade da memória, um outro elemento indicador da eficiência de um computador é o tempo que ele gasta na realização de suas atividades, quais sejam, operações, transferências.

O computador HP 2.100 S dispõe da tabela destas durações como relacionadas abaixo :

- A - Duração de um ciclo de processamento : 980 ms ;
- B - Duração da execução das instruções : 1.96 μ s;
- C - Divisões em ponto fixo : 16.7 μ s;
- D - Nível de endereçamento : 980 ns;
- E - Adições, ponto flutuante : 23.5 a 59.8 μ s;
- F - Subtrações, ponto flutuante : 24.5 a 60.8 μ s;
- G - Multiplicações, ponto flutuante: 33.3 a 41.1 μ s;
- H - Divisões, ponto flutuante : 51.9 a 55.9 μ s;
- I - Fix : 5.9 a 8.8 μ s;
- J - Float : 9.8 a 24.5 μ s.

Algumas características físicas do computador são as seguintes :

- A - Largura : 48,3 cm;
- B - Profundidade : 58,4 cm;
- C - Altura : 31,1 cm;
- D - Peso máximo : 32 K de memória; 52,2 Kg;
- E - Dissipação de calor : 2.300 BTU/h;
- F - Potência : 115 V e 12 A ou 230 V e 6 A \pm 10%;
- G - Temperatura ambiente : de 0° C até 55° C;
- H - Umidade relativa : de 50% até 95%.

Estes valores numéricos concedem ao computador, as características dos Kits.

Todos os seus elementos são modulados, o que permite sua montagem em armários metálicos juntamente com todos os outros aparelhos da HP, descritos ou não aqui, e compatíveis com o sistema geral.

B.2.1 - INSTRUÇÕES

As instruções são os códigos de comunicações entre o homem e a máquina.

São estruturadas de modo que atendem como um elo de ligação entre as condições estabelecidas no projeto e a compreensão humana.

Os três tipos de linguagens, baixo nível, alto nível e linguagens automáticas, são estruturadas com três modalidades de instruções de mesmo nível respectivamente.

Não é usual em trabalhos desta natureza, uma apresentação das instruções em linguagem de máquina ou de baixo nível, porque elas são restritas ao uso das fábricas entre os projetistas dos computadores.

As programações usuais são elaboradas numa linguagem automática como o FORTRAN ou o BASIC.

Entretanto, os computadores da HP necessitam em diversas fases operacionais de comandos especiais estruturados na linguagem de alto nível HP ASSEMBLER. Este fato passou a exigir a apresentação destas instruções. E numa apresentação que apenas ressalva a integridade da informação ,

todas elas estão listadas na relação seguinte. Sabe-se que o ASSEMBLER é específico para cada máquina.

Uma instrução é formada de um LABEL, um código de operações (OPCODE) um OPERANDO e comentários.

LABEL - É uma referência a outros comandos, e ocupa o primeiro campo da folha de codificação, espaços de 1 a 5.

OPCODE - É uma operação codificada em linguagem simbólica mneumônica. Ocupa o segundo campo de codificações, espaços de 7 a 9.

OPERANDO - O símbolo e o significado do operando depende das funções que ele vai especificar. Comporta os diversos símbolos que formam os códigos da linguagem, como caracteres alfabéticos, numéricos e asteriscos, combinados entre si.

O valor de um símbolo pode ser absoluto ou relocável como o desejar o programador.

O programa montador estabelece o valor do símbolo absoluto, e o Relocating Loader o estabelece para os programas relocáveis.

Os termos numéricos podem ser decimais, de 0 até 32.767, ou octal, de 0 até 177.777. Seu espaço é de 11 até 15.

COMENTÁRIOS - São usados para a transcrição de comentários na listagem. Ocupa espaço restante da folha a partir do espaço 16.

A disposição dos campos na folha de programação é mostrada na figura B.5.

As instruções estão apresentadas na ordem indicada

na seção 8.3, acrescidas de outros grupos complementares ,
na seguinte disposição :

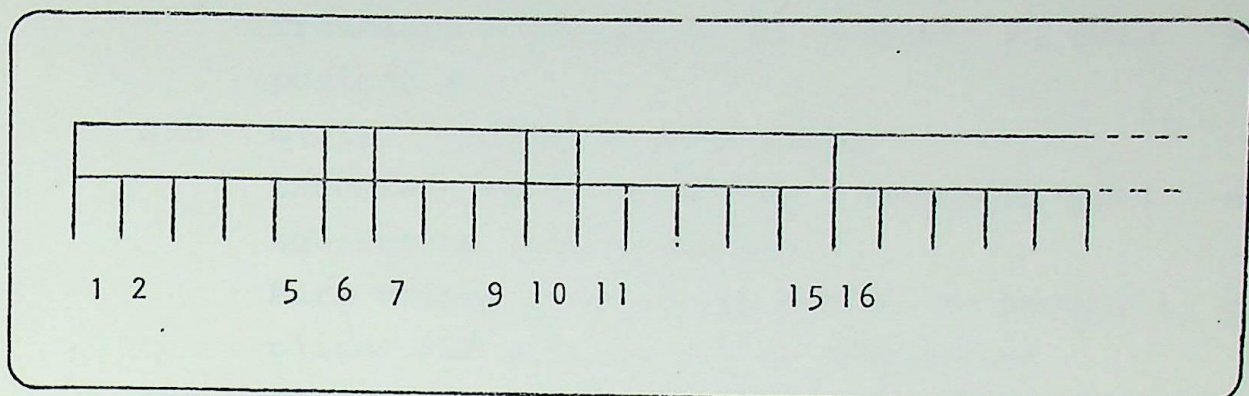


Figura B.5 - CAMPOS dos comandos.

- A - instruções referentes a memória;
- B - instruções referentes aos registros;
- C - Instruções de entrada e saída;
- D - instruções de unidade aritmética extendida;
- E - pseudo instruções;
- F - instruções de ligações dos programas objeto;
- G - instruções de definição de endereços e símbolos;
- H - instruções de reserva de área;
- I - instruções de controle e listagem;
- J - instruções de chamada das sub-rotinas aritméticas.

B.2.1.1 - INSTRUÇÕES REFERENTES A MEMÓRIA

As instruções referentes a memória executam operações aritméticas, armazenamento aos registros, a leitura , o controle de loops e outras que se referem as posições da memória. Estas instruções estão subdivididas em três grupos seguintes, conforme a função que desempenham, relacionadas com a memória, m (,I) :

- A - Jump and Increment - Skip, com três instruções;
- B - Add, Load and Store, com seis instruções;
- C - Logical operations, com cinco instruções.

As instruções do grupo JUMP AND INCREMENT - SKIP podem alterar a sequência natural do programa. Elas estão a-

presentadas abaixo.

JMP m(,I) - JUMP
Transfere o controle, do registro P, para a posição m.

JSB m(,I) - JUMP TO SUBROUTINE
Executada em P, transfere o controle para a sub-rotina localizada em m+1.
Para voltar a sequência normal do programa, aplicar JMP m,I, no fim da sub-rotina.

ISZ m(,I) - INCREMENT AND SKIP IF ZERO
Incrementa 1 ao endereço m. Se der zero, passa para a instrução seguinte.

As seis instruções do grupo ADD, LOAD AND STORE, transmitem e alteram o endereço m(,I) da memória, e dos registros A e B. São apresentados abaixo :

ADA m(,I) ADD TO A
Soma o conteúdo de m ao de A, e o resultado é registrado em A.

ADB m(,I) ADD TO B
Soma o conteúdo de m ao de B.

LDA m(,I) LOAD A
Soma o conteúdo de m em A.

LDB m(,I) LOAD B
Soma o conteúdo de m em B.

STA m(,I) STORE A
O conteúdo de A é gravado em m.

STB m(,I) STORE B
O conteúdo de B é gravado em m.

As cinco instruções do grupo LOGICAL OPERATIONS efetua operações lógicas ou compara os conteúdos de dois registros. Elas são as seguintes :

AND m(,I) "AND" TO A
Efetua o produto lógico AND dos conteúdos de m e de A, e grava em A.

XOR m(,I) "EXCLUSIVE OR" TO A
Efetua a operação lógica OU exclusiva, entre os conteúdos de m e de A, e guarda em A.

IOR m(,I) "INCLUSIVE OR" TO A
 Idem, para o OU inclusive.

CPA m(,I) COMPARE TO A
 Compara os conteúdos de m e de A. Se são iguais, o processamento continua. Se são diferentes, salta a próxima instrução.

CPB m(,I) COMPARE TO B
 Idem para o registro B.

B.2.2 - INSTRUÇÕES REFERENTES AOS REGISTROS

Estas instruções manipulam os bits dentro de um registro ou entre os registros. Elas podem testar os bits, limpar ou incrementar registros, ou podem exercer ações combinadas com resultados múltiplos, em um mesmo ciclo. Es tão subdivididas nos dois grupos seguintes :

- A - Shift Rotate Group;
- B - Alter - skip Group.

O primeiro grupo, SHIFT ROTATE GROUP é composto de dezenove instruções, que combinadas entre si dentro de certos critérios que não estão apresentados aqui, podem resultar em mais de quinhentas operações distintas necessárias ao processamento. Não estão relacionadas com a memória m(,I). Elas são relacionadas abaixo :

CLE - CLEAR E
 Zera o registro E.

SLA - SKIP IF LSB (LEAST SIGNIFICANT BIT) OF IS ZERO
 Pula a próxima instrução, se o bit menos significativo de A é zero.

SLB - SKIP IF LSB OF B IS ZERO
 Idem, para o registro A.

ALS - A LEFT SHIFT
 " Shift " aritmeticamente o registro A, um passo a esquerda, conserva o sinal, zera o bit menos significativo.

BLS - B LEFT SHIFT
 Idem, para o registro B.

ARS - A RIGHT SHIFT
 " Shift " a um passo a direita, conserva o si
 nal.

BRS - B RIGHT SHIFT
 Idem para B.

RAL - ROTATE A LEFT
 " Rotate " o registro A um passo a esquerda.

RBL - ROTATE B LEFT
 Idem, para B.

RAR - ROTATE A RIGHT
 Idem, para A, a direita.

RBR - ROTATE B RIGHT
 Idem, para B, a direita.

ALR - A LEFT SHIFT, CLEAR SIGN
 " Shift " A, um bit a esquerda, limpa o sinal,
 zera o bit menos significativo.

BLR - B LEFT RIGHT, CLEAR SIGN
 Idem, para B.

ERA - ROTATE E RIGHT WITH A
 " Rotate " E e A um bit a direita.

ERB - ROTATE E RIGHT WITH B
 Idem, para E e B.

ELA - ROTATE E LEFT WITH A
 " Rotate " E e A um bit a esquerda.

ELB - ROTATE E LEFT WITH B
 Idem, para E e B.

ALF - ROTATE A LEFT FOUR
 " Rotate " A quatro bits a esquerda.

DLF - ROTATE B LEFT FOUR
 Idem, para B.

O segundo grupo, ALTER SKIP-GROUP é formado por ins
truções, que podem ser combinadas entre si, quando produzi
 rão mais de setecentas operações. O bit 10 contém 1 (um).

CLA - CLEAR A
 Limpa o registro A.

CLB - CLEAR B
 Idem, para B.

CMA	-	COMPLEMENT A	Complementa o registro A.
CMB	-	COMPLEMENT B	Idem, para B.
CCA	-	CLEAR AND COMPLEMENT A	Limpa, e depois complementa o registro A. Põe todos os bits com 1 (um).
CCB	-	CLEAR AND COMPLEMENT B	Idem, para B.
CLE	-	CLEAR E	Limpa o registro E.
CME	-	COMPLEMENT E	Complementa o registro E.
CCE	-	CLEAR AND COMPLEMENT E	Limpa e depois complementa E.
SEZ	-	SKIP IF E IS ZERO	Salta a próxima instrução se E for zero.
SSA	-	SKIP IF SIGN OF A IS ZERO	Salta a próxima instrução se o sinal de A for zero, isto é, se o conteúdo de A é positivo.
SSB	-	SKIP IF SIGN OF B IS ZERO	Idem, para B.
INA	-	INCREMENT A	Incrementa 1 (um) ao conteúdo de A.
INB	-	INCREMENT B	Idem, para B.
SZA	-	SKIP IF A IS ZERO	Saltar a próxima instrução se o conteúdo de A é zero.
SZB	-	SKIP IF B IS ZERO	Idem, para B.
SLA	-	SKIP IF LSB OF A IS ZERO	Saltar a próxima instrução, se o bit menos significativo de A é zero, isto é, se o conteúdo de A é par.
SLB	-	SKIP IF LSB OF B IS ZERO	Idem, para B.

RSS - REVERSE SKIP SENSE

Inverter as instruções SKIP. Se não houver instrução SKIP para inverter, saltar a instrução seguinte.

B.2.3 - INSTRUÇÕES DE ENTRADA E SAÍDA

As dezessete instruções E/S são usadas para a transferência de dados entre o computador e as unidades periféricas, via BUFFER. Elas verificam os periféricos e a condição de OVERFLOW. Para isto, elas usam o " SELECT CODE " (SC) que indica o canal que vai ser usado. Cada canal de E/S consiste de um bit de controle para as conexões e desconexões, um bit de sinalização, e um buffer de até dezesseis bits.

O bit de sinalização assinala automaticamente o fim da transferência de informações. Quando um interrupt é acionado, o programa é interrompido, e o controle passa para o canal interruptor. No fim da execução do interrupt, um C é colocado no canal. A instrução E/S formam três grupos :

- A - Instruções I/O, em número de doze;
- B - Instruções OVERFLOW, em número de quatro;
- C - Instrução HALT.

As instruções E/S são descritas abaixo :

- STC SC(,C) - SET CONTROL
Ativa o bit de controle do canal selecionado ,
C. Permite a comunicação entre o periférico e o buffer.
- CLC SC(,C) - CLEAR CONTROL
Limpa o bit de cada controle do canal SC.
- LIA SC(,C) - LOAD INTO A
Carrega o conteúdo do SC em A.
- LIB SC(,C) - LOAD INTO B
Idem, para B.
- MIA SC(,C) - MERGE INTO A
Efetua a operação lógica OU INCLUSIVE, entre os conteúdos de A e de SC, e armazena-o em A.
- MIB SC(,C) - MERGE INTO B
Idem, para B.

- OTA SC(,C) - OUTPUT A
O conteúdo A é transferido para o buffer SC do dispositivo de saída selecionado.
- OTB SC(,C) - OUTPUT B
Idem, para B.
- STF SC(,C) - SET FLAG
Ativa o bit sinalizador FLAG do canal SC. Se STF = 0, correspondente a SC = 0, o interrupt é ligado.
Se SC = 1, ativa o bit do overflow.
- CLF SC(,C) - CLEAR FLAG
Zera o bit de sinal do canal E/S. Quando a CLF = 0, o interrupt é desligado.
- CFC SC(,C) - SKIP IF FLAG CLEAR
Se o bit de sinal do canal SC = 0, salte a primeira instrução.
- SFS SC(,C) - SKIP IF FLAG SET
Se o bit de sinal do SC estiver ativado (set), salte a primeira instrução.

As quatro instruções OVERFLOW permitem o acesso ao bit overflow.

São as seguintes :

- CLO - CLEAR OVERFLOW
Limpa o bit do overflow.
- STO - SET OVERFLOW
Ativa o bit do overflow.
- SOC - SKIP IF OVERFLOW CLEAR
Se o overflow estiver apagado, salta a primeira instrução do programa.
- SOS - SKIP IF OVERFLOW SET
Se o overflow estiver ativado, salta a próxima instrução do programa.

A instrução HALT para o computador. A palavra de instrução de máquina, aparece no display, registro T.

Sua forma é :

- HLT - SC(,C) - HALT
Causa a parada do computador.

B.2.4 - INSTRUÇÕES DE UNIDADE DE ARITMÉTICA EXTENDIDA

São próprias para o computador que contém a EAU Ex tended Arithmetic Unit. São dez instruções vistas abaixo :

- MPY m(,I) - MULTIPLY
Multiplica os conteúdos dos registros A e m. O resultado é registrado em A, parte msnos significativa, e em B, onde ficam os bits mais significativos e o sinal.
- DIV m(,I) - DIVIDE
Divide os conteúdos de B e A pelo conteúdo de m. O resultado é registrado em A, e o resto em B.
- DLI m(,I) - DOUBLE LOAD
Carrega o resultado de M em A, e de m+1 em B.
- DST m(,I) - DOUBLE STORE
Carrega o resultado de A em m, e o de B em m+1.
- ASR n - ARITHMETIC SHIFT RIGHT
Desloca n bits de A e de B para a direita, sendo $1 \leq n \leq 16$.
- ASL n - ARITHMETIC SHIFT LEFT
Idem, para a esquerda.
- RRR n - ROTATE RIGHT
Rotate A e B, n bits a direita.
- RRL n - ROTATE LEFT
Rotate A e B, n bits a esquerda.
- LSR n - LOGICAL SHIFT RIGHT
Deslocamento lógico de A e B, n bits a direita.
- LSL n - LOGICAL SHIFT LEFT
Idem, para a esquerda.
- SWP
Os conteúdos A e B são trocados entre si.

B.2.5 - PSEUDO - INSTRUÇÕES

As atribuições das pseudo-instruções, ficam caracterizadas nos títulos dos agrupamentos que as reúnem. Estes

agrupamentos são os seguintes :

- 1 - ASSEMBLER Control;
- 2 - Object Program Linkage;
- 3 - Address and Symbol Definitions;
- 4 - Constant Definition;
- 5 - Storage Allocation;
- 6 - Assembly Listing Control;
- 7 - Arithmetic Sub-routine Calls.

As pseudo-instruções destinam-se em geral, ao controle de programas, em especial, dos programas codificados em ASSEMBLER.

B.2.5.1 - ASSEMBLER CONTROL (Controle do ASSEMBLER)

Estabelecem o controle dos programas codificados em ASSEMBLER.

- NAM (nome)
Define o nome de um programa relocável, onde é obrigatório.
- ORG m
Define a posição inicial de um programa absoluto, indicada por m, que deve ser um inteiro.
- ORR Comentário
Volta o contador ao valor da última instrução do programa principal.
- ORB Comentário
Define a parte do programa relocável destinada a " base page " pelo ASSEMBLER.
- IFN Comentário
Inclui, num programa de controle ASMB, instruções especificadas por um parâmetro N.
- IFZ Comentário
Idem, para Z.
- XIF
É a última das instruções incluídas.
- REP n Comentário
Repete o comando seguinte, n vezes.

END m Comentário
Finaliza o processamento do programa.

B.2.5.2 - OBJECT PROGRAM LINKAGE (Ligações dos Programas Objetos)

Fazem as ligações entre um programa principal, sub
programas e sub-rotinas.

COM nome l, (size l)..., nome n (size n).

Reserva as posições os sub-programas.

ENT nome l, ... nome n Comentário

O nome é uma referência a uma operação do pro
grama.

EXT nome l, ... nome n.

O nome é uma referência a outros programas.

B.2.5.3 - ADDRES AND SYMBOL DEFINITION (Definição de en dereços e símbolos)

Estas pseudo-instruções indicam um endereço a símbo
lo.

DEF m(,I) Comentário

Gera uma palavra na memória que pode servir
de endereço insireto no programa.

ABS m(,I) Comentário

Define um valor absoluto para ser armazenado
num endereço da memória.

EQU m(,I) Comentário

Determina um valor m a um símbolo.

B.2.5.4 - CONSTANT DEFINITION (Definição de Constantes)

Estas pseudo-instruções servem para armazenar cons
tantes, em palavras consecutivas.

ASC n, " 2n caracteres " Comentário

Armazena 2n caracteres em n palavras consecuti
vas.

DEC d1 (d2,... dn)

Armazena constante decimais em palavras conse
cutivas.

OCT 01 (02,... 0n) Comentário
Armazena constantes octais em palavras consecutivas. Armazena o complemento binário dos números negativos.

B.2.5.5 - STORAGE ALLOCATION (Reserva de Área)

Consta de uma só pseudo-instrução. Ela reserva um bloco da memória para dados ou para área de trabalho. Sua forma é :

Label BSS m Comentário
O label é o nome da área, o endereço da primeira palavra. m é o número de palavras.

B.2.5.6 - ASSEMBLY LISTING CONTROL (Controle de listagem)

Estas pseudo-instruções controlam a listagem.

UNL

A listagem é suspensa após a UNL.

LST

Lista o programa fonte. Reinicia a listagem suspensa pelo UNL.

SUP

Suprime linhas de códigos adicionais, devidas as sub-rotinas do programa.

UNS

Lista as linhas adicionais.

SKP

A listagem continua na página seguinte.

SPC n

Dá espaçamento de n linhas na listagem.

HED

Permite o uso de cabeçalhos no início de cada página da listagem.

B.2.5.7 - ARITHMETIC SUB-ROUTINE CALLS (Chamada das sub-rotinas aritméticas)

Estas pseudo-instruções causam a chamada pelo AS

SEMBLER das sub-rotinas aritméticas externas do programa fonte.

MPY m(,I) Comentário
Multiplica os conteúdos de A e de m, e armazena em A os menos significativos, e em B os mais significativos.

DIV m(,I) Comentário
Divide os conteúdos de A e B pelo de m. Guarda o resultado em A e o resto em B.

EMP m(,I) Comentário
Multiplica o conteúdo de A pelo de m, e guarda em A, e o de B pelo de m + 1 e guarda em B, em ponto flutuante.

FDV m(,I) Comentário
Divide o conteúdo de A pelo de m e guarda em A, o de B pelo de m + 1 e guarda em B, ponto flutuante.

FAD m(,I)
Soma os conteúdos de A e de m e guarda em A, e os de B e m + 1 e guarda em B.

FSB m(,I) Comentário
Idem, para subtrair.

DLI m(,I) Comentário
Armazena o conteúdo de m em A e o de m + 1 em B.

DST m(,I) Comentário
Armazena o conteúdo de A em m e o de B em m+1.

B.3 - MULTIPROGRAMADOR HP 6.940 A

O modelo HP 6.940 A substitui modelos anteriores de multiprogramadores. Ele é o elemento básico do comando automático realizado pelo computador. Pode ser usado isoladamente, dispondo de quinze canais de saída, como é aqui previsto, ou pode ter ampliada sua capacidade até para duzentos e quarenta canais, com o acréscimo de até dezesseis unidades extenders modelo 6.941 A.

O esquema de ligações está mostrado na figura B.7.

O aparelho consta de um painel frontal com dezoito botões de comando e duas chaves LINEO e DATA SOURCE, e vinte encaixes para cartões, uma fonte de corrente contínua, painel para entrada e saída de dados.

Isto significa que a programação do

controle, pode ser feita também manualmente através do painel, além de o ser por programas, via computador.

O tipo de cartão a ser usado é determinado de acordo com os dispositivos que vão realizar o controle.

A programação usa dois tipos de palavras, o CONTROL WORD e o DATA WORD, especificados no painel.

O control WORD (palavra de controle) escolhe a unidade para receber os dados.

O data word (palavra de dados) seleciona o endereço da unidade escolhida e passa o dado ao cartão correspondente.

Os cartões são basicamente de três tipos, os cartões de resistência, os cartões de relés e os cartões conversores D/A.

Um cartão de resistência (Resistance card word) é formado por resistências cujos valores são programáveis. Um bit programado ON inclui o resistor correspondente no circuito. Os valores de tensão assim obtidos podem acionar os equipamentos externos de comando.

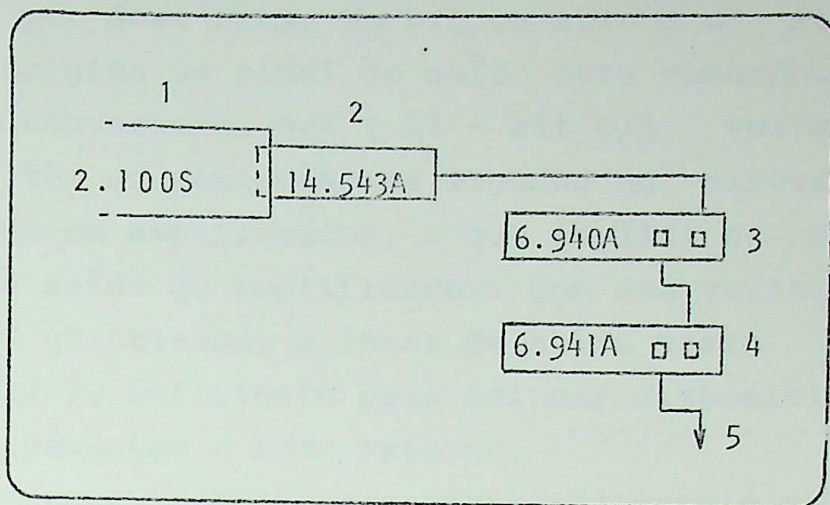


Figura B.6 - Esquema de ligações.

1. computador; 2. cartão interface; 3. multiprogramador; 4. unidade extender; 5. saída para unidades adicionais até dezesseis.

Nos cartões de relês (Relay output card), há doze relês controlados por doze bits. Um bit ON aciona o relê respectivo o que origina um sinal de saída para comando.

Os cartões conversores D/A (11 - bit D/A voltage converter card), têm as resistências ligadas no circuito de realimentação de um amplificador, o que implica na mudança da tensão de saída do amplificador. Com uma variação de tensão de 10 mV quantizada, a faixa de saída varia de -10.24 V até +10.24 V, suficiente para acionar dispositivos que ligam equipamentos a rede externa.

No caso presente, escolheu-se aleatoriamente o relê 1 (um) para acionar os dispositivos que ligam o motor acionador do registro a rede elétrica. O registro deve ser acionado por determinado tempo após a tomada dos valores de cada série de medições. Este intervalo de tempo é estabelecido no programa. Sua determinação é feita com bases no projeto do equipamento que aciona o registro com o passo da rosca da haste, relação da redução das velocidades do motor e da haste, velocidade do motor e do roteiro do ensaio, que determina o número de medidas que serão feitas.

A precisão da duração deste intervalo de tempo não necessita ser muito rigoroso, dada a natureza do trabalho de ensaios, com medidas posteriores da vazão.

O relê 2 acionará os dispositivos de controle

da velocidade do motor elétrico que aciona a bomba.

Estes dispositivos são posicionadores mecânicos usuais, aqui não descritos por desnecessidade. Atuarão sobre um reostato, ou equivalente, em sistema de malha aberta com relação ao funcionamento do banco.

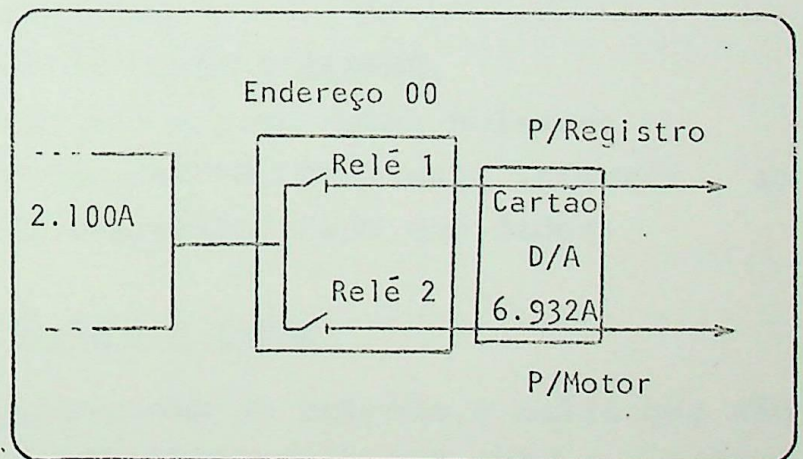


Figura B.7 - Esquema do multiprogramador.

Após a leitura das medidas de cada série, o relé 2 é acionado pelo computador, por comandos estabelecidos no programa.

O que foi dito a respeito do intervalo de tempo de acionamento do registro aplica-se também para o motor.

A figura B.7 especifica as ligações previstas.

Uma variação quantizada dos intervalos de tempo caracteriza o ensaio estacionário. Uma variação contínua da posição do registro e da velocidade do motor caracteriza o ensaio dinâmico. Neste último caso, há prioridades de opções de acionamento do registro, ou do motor, ou acionamento em conjunto, conforme o roteiro dos ensaios, como estão apresentados na seção 1.9.

Uma programação local do multiprogramador pode ser assim estabelecida :

- A - Chave LINE, posição On;
- B - DATA SOURCE, posição LOCAL;
- C - Introduzir o CONTROL WORD ou o DATA WORD no painel frontal, usando os botões próprios;
- D - Apertar o botão LOAD OUTPUT, introduzindo a palavra no aparelho;
- E - Apertar o botão CLEAR REGISTER;
- F - Repetir estas ações para outra palavra;
- G - Apertar o botão RETURN DATA, para informar ao computador a disponibilidade dos dados.

B.4 - EQUIPAMENTO DE ENTRADA E SAÍDA

É através do equipamento de entrada e saída que são feitas todas as comunicações homem/máquina, num e noutro sentido.

A quantidade destes equipamentos é um dos elementos de definição da configuração do sistema, e seu acréscimo concederá ao usuário uma configuração de grande porte.

Cada equipamento é ativado e chamado através de um código numérico, como o seguinte :

CÓDIGO	NOME	EQUIPAMENTO
1	Teclado (Keyboard)	Teleimpressora
2	Impressora	Teleimpressora
3	Biblioteca de Programas	Leitora de fitas
4	Perfurar fita	Perfurador de fita
5	Ler fita	Leitora de fita
6	Listar	Teleimpressora.

Além destas unidades, o traçador de gráficos compõe a configuração aqui adotada, tendo em vista que os gráficos significam uma síntese visual do comportamento das máquinas de fluxo, e portanto devem ser feitos no caso do ensaio de uma bomba.

As subseções seguintes tecem ligeiros comentários sobre as máquinas especificadas.

B.4.1 - PERFURADOR DE FITA DE PAPEL

Código de referência : 4.

Apresentação anterior, subseção 7.3.3.5.

Pode haver necessidade de uma passagem intermediária de programas compiladores, do ASSEMBLER ou de programas fontes. Neste caso os programas devem ser perfurados automaticamente em fitas de papel, que desempenham o papel de uma memória externa. O carregamento de tabelas também pode ser feito por este processo.

Este procedimento melhora muito a capacidade operacional do sistema e é realizado através da perfuradora de fitas de papel modelo HP 2.895 A.

Além da fita de papel, ela pode ainda operar com fitas de plástico especial.

Funciona a temperatura ambiente, compreendida entre 10° C e 40° C, dispensando assim meios dispendiosos de refrigeração de ar.

Sua capacidade de saída é de setenta e cinco caracteres por segundo.

Seu software é formado pelo ASSEMBLER, pelo FORTRAN e pelo ALGOL.

A perfuradora de fitas é simples de ser ligada ao

computador, através do kit que compõe seu sistema interface, cujo modelo é HP 12.597 A - 005.

O kit interface é composto pelos seguintes elementos:

- A - cartão interface;
- B - driver BCS;
- C - driver SIO;
- D - teste de perfuração;
- E - corretor de testes;
- F - cabos, pinos e tomadas para as ligações.

B.4.2 - TELEIMPRESSORA

É também conhecida e referenciada como TELEPRINTER.

As referências iniciais à teleimpressora foram feitas na subseção 7.3.3.1. A HP a apresenta em duas versões que são a HP 2.752 A e a HP 2.754 B.

A primeira delas é um equipamento mais leve, de custo menor, própria para trabalhos não muito pesados. Este modelo é que foi adotado no sistema aqui previsto.

A segunda versão é um equipamento mais robusto e resistente a um trabalho mais pesado de até cinco horas diárias. As características dos dois modelos, são em geral, as mesmas.

As comunicações entre o operador e o computador através da teleimpressora podem ser feitas dentro das seguintes modalidades :

- A - teclado convencional e controles;
- B - impressora de relatórios;
- C - leitora de fita perfurada;
- D - perfuração de fita.

O modelo HP 2.752 A não opera ao mesmo tempo a perfuradora de fita e a impressora, o que ocorre com a HP 2754B.

Algumas características operacionais da máquina são:

- A - velocidade de leitura ou de perfuração de fita , dez caracteres por segundo;
- B - impressão de relatórios, cem palavras por minuto;
- C - código de fita, oito canais por polegada;

- D - condições ambientais, temperatura, de 10° C até 40° C e umidade relativa de 20% até 80%;
- E - alimentação elétrica - 115 V e 60 C/S.

As condições ambientais de temperatura e umidade , dispensam instalações especiais de tratamento do ar na maioria dos lugares de trabalho e permitem a instalação do equipamento junto aos dispositivos de controle dos processos.

A teleprinter é um equipamento programável em ASSEMBLER ou em FORTRAN, ou em ALGOL, mas não o é em linguagem BASIC. Como a HP fornece todo o software necessário, a programação torna-se fácil.

Há dois drivers fornecidos com o equipamento, para o emprego do ASSEMBLER.

Um deles é o System Input/Output (SIO) que permite a transferência de dados sem a interrupção do controle.

O outro é o Basic Control System (BCS) que só permite a transferência de dados com a interrupção do controle.

O código de entrada do teleprinter, via teclado é 1, e o de saída da impressora é 2, para comunicações, é 6.

Um modelo de entrada através do driver SIO é :

LDA

LDB

JSB

Uma declaração de entrada em FORTRAN é :

```
READ (n,f) LISTA
```

```
f FORMAT (a, b, c ..., l)
```

onde n = 1.

O interface kit HP 12.531 B fornecido pela HP para o teleprinter consiste de :

A - interface card, HP part nº 02116-6168;

B - BCS driver tape accessory, nº 20017 B;

C - SIO driver tape accessory, nº 20323 A;

D - test - binary tape accessory, nº 20417 C.

Os números relativos aos dois últimos itens são variáveis, o terceiro varia com a capacidade de memória do computador.

Os acessórios que acompanham a máquina incluem todos os elementos necessários ao seu funcionamento imediato, como cabo condutor com pinos e tomadas para as ligações, rolos de papel e de fita e estojo para lubrificação.

B.4.3 - LEITORA DE FITA DE PAPEL

Já foi referenciada na subseção 7.3.3.2.

Suas principais características são :

- A - velocidade de leitura, até quinhentos caracteres por segundo;
- B - fácil instalação em qualquer computador HP, através do cartão interface apropriado, que é alojado no devido encaixe;
O cartão interface compatível com o computador HP 2.100 S é o modelo incluído no kit 12.597 A - 002;
- C - dispõe de todo o software necessário para carregamento e operação do sistema. É operável conjuntamente com os sistemas DOS, MTS, RTE e MPE;
- D- operação simples;
- E - considera os erros de perfuração sem reajustamentos.

Devido sua alta velocidade, o tempo de leitura de programas ou de dados, fica muito reduzido. Partidas e paradas são muito precisas.

O número de referência é 5.

As fitas de uma polegada são perfuradas em 8 canais. O princípio de leitura é por foto-célula. O tempo de parada é 6 ms e o de partida é 500 ms. Trabalho normalmente em qualquer temperatura compreendida de 0° C a 55° C. Dimensões moduladas permitem sua instalação no armário metálico que comporta o equipamento.

B.4.4 - TRAÇADOR DE GRÁFICOS

O traçador de gráficos já foi referenciado na subseção 7.3.3.3. O ploter digital modelo HP 7.210 A é operável diretamente pelo computador HP 2.100 S, por meio de programação, e é através dele que são traçados todos os gráficos, previstos nos ensaios do banco de ensaios.

As características principais do plotter são vistas nas subseções abaixo.

B.4.4.1 - DIMENSÕES

As dimensões brutas da folha para traçagem dos gráficos são 27,9 cm x 43,2 cm, e da área útil são 25,4 cm x 38,1 cm. O traço mínimo é de 0,025 mm (0,001 polegada).

A velocidade da pena é de até 30 cm/s, e pode traçar até cinco caracteres alfa-numéricos por segundo. A precisão atinge 0,1 cm para 38,1 cm.

B.4.4.2 - SISTEMAS DE COORDENADAS

São disponíveis para a utilização, dois sistemas de coordenadas, o sistema absoluto e o relativo.

No sistema absoluto, cada ponto é definido por um par de coordenadas absolutas, e não depende da precisão do ponto anterior. Os segmentos de retas podem ser traçados a partir de sua origem, dados o ângulo e os comprimentos.

No sistema de coordenadas relativas cada ponto é definido em relação ao ponto anterior. Operações repetitivas determinam estas posições. Os erros acumulados são detatados e não são considerados.

Estas flexibilidades aceitam o emprego de papel branco ou papel quadriculado linear, semi-log ou log-log com ciclos e dimensões em várias combinações compatíveis com os dados referentes ao próprio papel ou com o programa.

APÊNDICE C

C.0 - SOFTWARE DO SISTEMA

Os programas operacionais que formam o software do sistema proposto, fornecidos pela empresa fabricante, conferem ao mesmo sistema ampla versatilidade capaz de atender todas as necessidades da programação.

C.1 - FUNÇÕES DO SOFTWARE

As funções do software do sistema HP 9.600 G funcionam de um modo integrado e compatível, na seguinte ordem :

- 1º - Software input/output - SIO;
- 2º - Programing processing software,
- 3º - Configuration and operational software;
- 4º - Basic language operation;
- 5º - Hardware checkout and diagnosis.

As funções integradas destes softwares estabelecem um funcionamento harmônico do sistema, como são vistas a seguir .

C.1.1 - SOFTWARE INPUT/OUTPUT - SIO (Software de entrada e saída)

O SIO se encarrega de estabelecer as ligações entre os programas operacionais e o equipamento de entrada e saída que deve conter no mínimo um teleprinter e uma leitora de fita. É ele constituído por :

- I - Configured SIO System (Sistema SIO Configurado).
Trata-se de uma fita já preparada pela fábrica para processamento do programa fonte, tão logo seja iniciada a sua leitura;
- II - SIO System Dump routine;
- III - SIO Buffered Teleprinter Driver Program.
Para o controle dos programas no teleprinter;

IV - SIO Tape REader Driver Program.

Para o controle dos programas na leitora de fitas;

V - Additional SIO Drivers.

São programas SIO fornecidos com outros periféricos de entrada e saída que podem ser adquiridos pelos usuários para o aumento da eficiência de seus sistemas.

C.1.2 - PROGRAM PROCESSING SOFTWARE (Software Processador de Programas)

É constituído pelos programas compiladores dos programas fontes escritos em qualquer das linguagens compatíveis com o sistema. A compilação do programa fonte consiste em sua tradução para a linguagem de máquina codificada em binário. É constituído pelos seguintes compiladores :

I - Compilador FORTRAN.

Traduz os programas FORTRAN em linguagem de máquina;

II - Compilador ALGOL.

Traduz os programas ALGOL em linguagem de máquina;

III - Montador ASSEMBLER.

Traduz os programas escritos em HP ASSEMBLER para a linguagem de máquina;

IV - Cross-Reference Symbol Table Generator.

Lista os símbolos que aparecem no programa ASSEMBLER. Aponta os erros ou inconsistências por acaso existentes no programa original;

V - Editor Simbólico.

É recorrido para a introdução de possíveis modificações nos programas fontes durante os processamentos.

Como este software converte todos os programas fontes, elaborados em qualquer uma das linguagens compatíveis com o sistema, em linguagem de máquina codificada em binário, ele estabelece uma compatibilidade entre os programas fontes escritos em FORTRAN ou em ALGOL, com o HP ASSEMBLER.

Isto significa que um programa FORTRAN, por exemplo, pode referenciar uma subrotina escrita em HP ASSEMBLER. Esta faculdade é amplamente aproveitada pelos programadores .

C.1.3 - CONFIGURATION AND OPERATIONAL SOFTWARE

Para execução dos programas, este software os converte das formas relocáveis para as formas absolutas. Ainda os prevê com o programa " debug ", para a realização da depuração e controle do sistema E/S. O sistema HP 9.600 G conta com uma vantagem a mais, a possibilidade de processamento em tempo real. Isto permite a conversão de constantes inteiras em reais durante o processamento, permitindo ao programador usar inteiros em seu programa.

Para desempenhar estas atividades, o software conta com o apoio abaixo discriminado :

C.1.3.1 - Configured Basic Control System.

É uma fita preparada que acompanha o equipamento. Dá partida inicial do sistema, tão logo esteja pronto, ao passar um programa fonte.

C.1.3.2 - Prepare Control System.

Permite alterações do equipamento do sistema, sem assistência especial, com pequenas adaptações do programa, ou até sem adaptações.

C.1.3.3 - Relocating Loader.

Monta os programas fontes, para a capacidade do sistema. Prepara as subrotinas e dirige os programas dos periféricos e a biblioteca de subrotinas.

C.1.3.4 - BCS Teleprinter Driver Program D.00.

Destina-se ao controle das operações de entrada e saída do teleprinter.

C.1.3.5 - BCS Tape Reader Program D.01.

Controla as operações de entrada pela leitora de fitas.

C.1.3.6 - Additional BCS Drivers.

São destinados ao controle de, entrada, e/ou saída de outros equipamentos que forem incorporados ao sistema.

C.1.3.7 - Buffered Input/output Control System.

Coordena as interrupções necessárias das operações de entrada e saída, através do sistema de INTERRUPTS, apresentado na seção 8.8, e ainda grava nas memórias auxiliares dos dispositivos de saída, para aguardarem vez, os resultados do processamento ou outras saídas.

C.1.3.8 - Relocatable Program Library.

A biblioteca de programas relocáveis, é constituída por subrotinas matemáticas em FORTRAN e ALGOL, além de subrotinas utilitárias compatíveis com estas linguagens, e subrotinas compatíveis com FORTRAN e ASSEMBLER conjuntamente listadas no apêndice

C.1.3.9 - Debugging Routine.

Enquanto executa o programa, permite ao programador seguir a execução e localizar os erros ou inconsistências porventura existentes.

C.1.3.10 - BCS Time Base Generator Driver.

Controla o gerador de tempo de base, e fornece informações sobre esse tempo ao DACE. Fornece também informações sobre o tempo necessário para a execução de programas.

C.1.3.11 - Data Acquisition and Control Executive (DACE) Library.

A biblioteca DACE é constituída das rotinas necessárias para :

A - realizar a mudança das constantes de ponto fixo dos programas;

R - chamar as tasks para os programas tempo real.

C.1.4 - BASIC LANGUAGE SOFTWARE

Tratam-se de programas operacionais destinados ao processamento dos problemas de engenharia, problemas científicos e processamento de dados em geral pelos processos usuais. Não realiza aquisição de dados e controle. O computador é carregado com este programa, quando da realização destas atividades.

O programa operacional é constituído por dois programas intérpretes, seguintes :

C.1.4.1 - BASIC

É um compilador para os problemas usuais de engenharia na linguagem BASIC. O BASIC está relacionado com a leitora de fita, a perfuradora de fita e com o painel de teclado.

C.1.4.2 - PREPARE BASIC SYSTEM

É um compilador preparado para uso da linguagem BASIC para problemas especiais. O compilador é perfurado em fitas, para fornecimento ao computador.

C.1.5 - HARDWARE CHECKOUT AND DIAGNOSIS

Seu objetivo é minimizar o tempo de processamento, isolando os dispositivos do sistema que não participarão do processamento de um dado problema.

Para desempenhar suas funções, ele é constituído pelas 18 rotinas seguintes :

- A - Low Memore Pattern Test;
- B - High Memore Pattern Test;
- C - Memory Parity Check Test;
- D - Power Fail Diagnostic;
- E - Alter-Skip Instrution Test;

- F - Memory Reference Instruction Test;
- G - Shift-Rotate Instruction Test;
- H - Low Memory Address Test;
- I - High Memory Address Test;
- J - Extended Arithmetic Unit Test;
- K - Interrupt Test;
- L - Memory Proteat Test;
- M - Buffered Teleprint Test;
- N - Tape Reader Test;
- O - Tape Reader Interface Card Diagnostic;
- P - Time Base Generator Test;
- Q - DACE AXEPT Verification;
- R - Adititional Tests and Interface, Diagnostics.

As rotinas referidas em última posição, são oferecidas conforme o equipamento adquirido.

Como se pode notar, algumas rotinas de INTERRUPTS, tratadas no capítulo 8 seção 7, estão aqui relacionadas.

Todos os programas operacionais realizam suas funções de modo harmônico, de acordo com o programa fonte.

As seções seguintes descrevem brevemente as funções de cada um destes programas. Os principais deles, têm suas funções explicadas com maiores detalhes nos locais respectivos, após a apresentação de informações necessárias ao seu entendimento. Outros, aqui não usados, estão simplesmente referenciados.

C.1.6 - BIBLIOTECA DE SUBROTINAS

As subrotinas referidas na subseção executam vários cálculos e outras atividades algébricas e aritméticas. Em sua maioria, elas são compatíveis com o FORTRAN , com o ALGOL e com o ASSEMBLER.

A relação abaixo é uma listagem destas subrotinas e respectivas funções.

C.2 - BASIC CONTROL SYSTEM - BCS

O Basic Control System é um dos programas operacionais do HP 9.600 G. Suas principais funções são :

- A - manter o controle E/S dos programas relocáveis;
- B - efetuar o carregamento dos mesmos programas;
- C - efetuar as ligações (linkings) necessárias entre os diversos elementos do software;
- D - iniciar a execução dos programas;
- E - produzir fitas objetos em binário, de programas absolutos;
- F - realizar as operações E/S através dos periféricos necessários;
- G - selecionar e carregar as subrotinas necessárias para a execução dos programas.

Por outro lado, há duas rotinas independentes do BCS mas que trabalham juntamente com ele. São elas, o Prepare Control System e o Debugging System.

C.2.1 - PREPARE CONTROL SYSTEM - PCS

O PCS prepara a configuração do sistema, conforme as necessidades do usuário, e informa ao operador por um dispositivo de saída escolhido quando carregar programas, rotinas de controle, subrotinas da biblioteca, etc.

C.2.2 - DEBUGGING SYSTEM

O Debugging System, sistema depurador, é empregado para testar a correção dos programas fontes, codificados em linguagens compatíveis com o computador HP 2.100 S. Por um dos dispositivos de saída, ele aponta os erros ou inconsistências por acaso existentes.

C.2.3 - CONSTITUIÇÃO DO BCS

O BCS é constituído em termos gerais, de duas fontes :

- A - Sub-rotinas de entrada e saída;
- B - Relocating Loader.

C.2.3.1 - SUB-ROTINAS DE ENTRADA E SAÍDA

São as sub-rotinas E/S que controlam todas as opera

ções relativas ao equipamento periférico. Elas consistem de um CONTROL E/S e de sub-rotinas drivers.

As sub-rotinas CONTROL E/S interpretam o código de chamada e passam o comando para o driver respectivo. Quando a operação é completada, o CONTROL E/S dispõe da situação do programa principal. Se ocorrer uma interrupção automática, o driver assume novamente o comando para a realização das etapas relativas ao acontecimento.

A seção C.7 detalha ligeiramente algumas informações sobre as rotinas drivers.

As sub-rotinas E/S não são aqui transcritas, bem como suas características ou dados técnicos, por desnecessário.

C.2.3.2 - RELOCATING LOADER

O objetivo do Relocating Loader é carregar os programas objetos gerados pelo ASSEMBLER, pelo FORTRAN ou pelo ALGOL.

O usuário pode aproveitar sua propriedade de ligar entre si os programas, dividindo seu programa em diversos subprogramas, testá-los e processá-los posteriormente como se fossem um único programa. O programa RL encarrega-se dos endereçamentos indiretos, liberando o usuário do trabalho de o fazer.

O RL é o módulo do BCS cuja função é carregar os programas relocáveis, proceder todas as ligações e iniciar a execução dos programas objetos relocáveis produzidos pelos programas fontes.

A forma material do RL é codificada numa fita chamada CONFIGURED BCS, fornecida pela HP. Ela é carregada pelo BASIC BINARY LOADER.

C.3 - DATA ACQUISITION AND CONTROL EXECUTIVE - DACE

Trabalhos tais como, medições de grandezas físicas, cálculos, controle das entradas e das saídas, são realizadas sob comando do programa fonte, escrito com um determinado objetivo.

Entretanto, o programa fonte não realiza estas operações. Ele " chama " um sistema constituído por vários sub-programas que as realizam.

Trata-se do DATA ACQUISITION AND CONTROL EXECUTIVE - DACE - cujo objetivo é monitorar os programas de aquisição de dados e controle. Estes programas são denominados TASKS (tarefas). As tasks são escritas pelo programador, de acordo com o trabalho a ser realizado. Um programa fonte para aquisição de dados e controle, pode comandar até vinte e oito tasks diferentes. O DACE chama cada task no momento oportuno, de acordo com a programação, para executar sua tarefa específica.

O programa para aquisição de dados e controle de um banco de ensaios de uma bomba, aqui apresentado, é constituído por tasks.

Cada função como, tomar medidas, realizar cálculos, emitir relatórios, e outras, é realizada por uma task específica, comandada pelo DACE, em tempo real.

O tempo pode ser especificado em horas, minutos ou segundos.

O operador pode intervir durante a execução manual ou automática do programa, para verificar ou modificar as constantes das tasks, através do teletipo. O operador pode intervir também, através do teletipo, para ativar ou desativar as tasks, de acordo com os objetivos do trabalho.

As tasks podem ser escritas por pessoas diferentes, em FORTRAN ou em ASSEMBLER, listadas e depuradas independentemente.

O sistema mantém um relógio DATIN com o objetivo de especificar o tempo para execução das tasks.

O controle do sistema E/S permite a solicitação de saídas programadas. Se o dispositivo de saída referenciado estiver ocupado, os dados solicitados são armazenados no BUFFER correspondente, até sua liberação, quando então a saída se efetua. Este fato permite um melhor aproveitamento do sistema de saída.

O DACE é um programa operacional codificado em ASSEMBLER.

Sua operação pode ser considerada em três etapas ,
cujos procedimentos são vistos logo após :

- A - Inicialização;
- B - Modo manual;
- C - Modo automático.

C.3.1 - CONFIGURAÇÃO MÍNIMA

O DACE exige a presença de uma configuração mínima que consiste de :

- A - unidade central de processamento com 8 K de memória;
- B - gerador de base de tempo;
- C - teleimpressora com buffer e interface;
- D - subsistema de aquisição de dados.

Esta configuração encontra-se presente no sistema a dotado.

C.3.2 - OPERAÇÃO DO DACE

O carregamento (loading) do DACE obedece a seguinte ordem :

- A - carregamento do BASIC CONTROL SYSTEM configurado DACE;
- B - sub-rotinas de controle (drivers);
- C - carregamento das tasks, até vinte e oito, através da fita objeto;
- D - sub-rotina das tarefas, fita objeto;
- E - biblioteca DACE;
- F - biblioteca FORTRAN;
- G - biblioteca ALGOL.

As sub-rotinas das tarefas podem ser escritas em FORTRAN ou em ASSEMBLER. São escritas pelos usuários.

C.3.2.1 - INICIALIZAÇÃO

A tabela de tarefas é gerada por uma rotina de inicialização, o LOADER SYMBOL TABLE (LST). As tarefas gera

das são armazenadas, até o fim da LST. A teleimpressora imprime TAT FULL.

Quando a teleimpressora imprime requisição de tempo " time of day ", o operador escreve o tempo em horas, minututos e segundos. Dá um " Carriage Return " CR. Quando os horiários, o escrito e o corrente coincidem, o operador aperta o " Line feed " LF e sincroniza o relógio do DACE com o horário normal.

Esta operação permite um controle do ensaio no tempo, bem como a impressão de horas, minutos e segundos, caso isto seja determinado.

C.3.2.2 - MODO MANUAL

O modo manual (Manual Mode) consta de teste das tarefas e de deletar.

O teste de tarefas é realizado com o comando EXECUTE TASK N. Serve para verificar a correção da tarefa antes de executá-la, caso necessário.

Quando uma tarefa programada não vai ser usada, ela pode ser deletada, e a área da memória correspondente fica liberada.

C.3.2.3 - MODO AUTOMÁTICO

Quando o DACE está funcionando no modo automático (Automatic Mode), ele executa automaticamente todas as tarefas especificadas nos tempos marcados.

Esta modalidade é que significa a operação automática de aquisição de dados.

A verificação de sub-rotinas não é liberada no modo automático. Entretanto elas podem ter suas constantes alteradas.

O operador muda o AUTOMATIC MODE para o EXAMINE MODE e pode examinar e modificar as constantes pela teleimpressora ou por fita perfurada.

C.4 - REAL TIME EXECUTIVE - RTE

Sistema operacional para controle e processamento

em tempo real. Os dados são processados ao mesmo tempo em que são recebidos dos dispositivos de entrada, tanto das leitoras usuais, quanto dos sensores. Constitui uma das últimas grandes conquistas do processamento de dados.

C.5 - DISC OPERATION SYSTEM - DOS

Trata-se de um sistema operacional, que trabalha sob o controle do operador através do teletipo, quando da utilização do disco. O DOS aumenta a velocidade do processamento dos programas fontes, e simplifica suas atividades. Este programa não é aqui utilizado, porque a montagem do disco não está prevista no sistema especificado.

C.6 - MAGNETIC TAPE SYSTEM - MTS

Este sistema operacional é ativado quando da utilização da fita magnética. É utilizado tanto para programas relocáveis, como absolutos, em FORTRAN, ALGOL ou ASSEMBLER, aumentando a velocidade de compilação e de carregamento dos programas.

C.7 - ROTINAS DE CONTROLE

Sob esta denominação, ficam aqui referenciadas, as rotinas que controlam todos os detalhes E/S, conhecidas como DRIVERS. Fazem ainda a comunicação de informações entre o subsistema de E/S e o computador. São acionadas pelo respectivo sistema operacional. As chamadas dos drivers para operações de medições, entrada ou saída de informações, são realizadas por um sistema central, Input/Output Control - IOC.

Os programas drivers são integrados nos sistemas operacionais, como o BCS, o PCS, e outros, ou ainda podem integrar a programação de cada dispositivo que o permite. Quando do tratamento dos sistemas operacionais ou dos referidos dispositivos, são feitas as referências próprias aos drivers respectivos.

BIBLIOGRAFIA

Capítulo 1

ASTI VEERA, ARMANDO

Metodologia da Pesquisa Científica - Editora
Globo, 1.973 - 1.3.

CERVO, A L e BERVIAN, P A

Metodologia Científica - Mc Graw Hill do Bra
sil, 1.972 - 1.3.

DURANT, WILL - Vidas e Idéias dos Grandes Filó
sofos - Companhia Editora Nacional - 1.3.

MASON S F

História da Ciência - Editora Globo, 1.964 -
1.3, 1.4.

ROUSE, HUNTER AND SIMON INCE

History of Hidraulics - Dover Publications -
New York, 1.963 - 1.3 e 1.4.

SOUZA, ZULCY DE

Comportamento das Máquinas de Fluxo Frias -
Publicação do Centro de Mecânica - IEI - Atu
al EFEI, 1.968 - 1.6, 1.7, 1.8 e 1.9.

Capítulo 2

CERVO, A L e BERVIAN, PA

Metodologia Científica - O C.

SOUZA, ZULCY DE

Comportamento das Máquinas de Fluxo Frias -
2.2 e 2.3 - O C.

Capítulo 3

ASTI VEERA, ARMANDO

Metodologia da Pesquisa Científica - 3.1 - OC.

CERVO, A L e BERVIAN, P A

Metodologia Científica - 3.1 - O C.

GREGORIG, ROMANO

Máquinas Hidráulicas - 3º Volume - E.E.UFMG,
1.961 - 3.2 e 3.3.

MACINTYRE, ARCHIBALD JOSEPH e J F DE SOUZA SIL
VEIRA

Máquinas Hidráulicas - 3.2, 3.3, 3.4 e 3.5.

PFLEIDERRER, C

Bombas Centrífugas Y Turbocompressores - Edi
torial Labor, 1.960 - 3.2 e 3.3.

SOUZA, ZULCY DE

Comportamento das Máquinas de Fluxo Frias -
3.2 e 3.3 - O.C.

VIEIRA, RUI CARLOS CAMARGO

Exercícios de Máquinas de Fluxo - Escola de
Engenharia da Universidade de São Paulo, se-
tor de publicação - 3.3.

VIEIRA, RUI CARLOS CAMARGO

Máquinas de Fluxo Tangenciais, Radiais e Axi
ais - Publicação nº 122 - E.E. São Carlos ,
1.965 - 3.2. e 3.3.

Capítulo 4

COMERCIAL GONÇALVES

Catálogo Técnico, Instrumentos de Medição ,
Registro e Controle - 4.5.

ELECTRO PRODUCTS LABORATORIES

Magnetic Pickup Handbook - Manual técnico
descritivo do tacômetro eletromagnético- 4.3.

FOXBORO - BULLETIN E-10A

Magnetia Flow Measurement System - Descrição
do Sistema de Medição 2.800 séries - 4.4.

GREGORIG, ROMANO

Máquinas Hidráulicas, 3º Volume - 4.1, 4.2 ,
4.3 e 4.4 - O.C.

HEWLETT PACKARD

Data Aquisition Subsystem - Catálogo técnico
do subsistema de aquisição de dados G00 e
acessórios complementares - 4.1.

KISTLER

Catálogo dos sistemas de medições e transdutores - 4.2 e 4.3.

Capítulo 5

DIGITAL EQUIPMENT CORP

p d p 11 Handbook - Apresentação do sistema p d p 11 - 5.5.

LATIL, PIERRE DE

O Pensamento Artificial - 2a. Edição, 1.968
IBRASA S/A, São Paulo - Obra de divulgação popular dos conhecimentos científicos recentes, principalmente automatização e cibernética-5.4.

EWLETT PACKARD

2.100 S Microprogrammable Systems Computer-5.5.

HP - HP 9.600 A/G

Computer Systems - For DATA Acquisition and Control - 5.5.

HP 9.600

Computer System - Seletion Guide - Guia para seleção de equipamentos para aquisição de dados e controle - 5.5.

RAHMSTORE, G

Processamento de Dados - Editora Polígono, 1.969 - 5.4.

VASCONCELLO, AUGUSTO DE

Computadores Eletrônicos Digitais - Livraria Kormas Editora, 2a. Edição - Informações gerais sobre os computadores eletrônicos-5.2 e 5.3.

Capítulo 6

HEWLETT PACKARD

Application Notes 135-7 - Aplicações do Computador HP nas pesquisas oceanográficas - 6.5.

HEWLETT PACKARD

Aplication Note 135-9 - Aplicações do Computador HP nas pesquisas aeronáuticas - 6.5.

HEWLETT PACKARD

Application Note 135-14 - Aplicações do computador HP no controle de indústria açucareira-6.5.

HEWLETT PACKARD

Application Note 135-16 - Aplicações do computador HP nos testes de veículos militares - 6.5.

HIRATA, DANSHIRO e ZAMLUNG, JAIME

Ensaio de Motores Através de Computador- Publicação do ITA, 1.972 - 6.1 e 6.3.

LATIL,PIERE DE

O Pensamento Artificial - 6.3 - O.C.

HP - HP 9.600A/G

Computer Systems - For DATA Aquisition and Control - 6.1 e 6.4 - O.C.

HP - 9.600 Computer System

Seletion Guide - 6.1- O.C.

Capítulo 7

ELECTRO PRODUCTS LABORATORIES

Magnetic Pickup Handbook- 7.3 e 7.4 - O.C.

FOXBORO- BULLETIN E - 10-A

Magnetic Flow Measurement System-7.3 e 7.4 -O.C.

HEWLETT PACKARD

DATA Aquisition Subsystem - 7.3 - O.C.

HEWLETT PACKARD

16-bit Reoly Output Register - Descrição e dados técnicos dos cartões de relés de controle - 7.3 e 7.4.

HEWLETT PACKARD

Buffered Teleprinter input/output - Descrição das Teleimpressoras HP 2.754 B e HP 2.752 A-7.3.

HEWLETT PACKARD

2.892 A Card REader - Folheto Descritivo da leitora de cartões perfurados modelo HP 2.892 A - 7.3.

HEWLETT PACKARD

Digital to Analog Converter - Catálogo dexcriti

vo do cartão conversor digital-analógico, para osciloscópios ou para o plotter - 7.3.

HEWLETT PACKARD

Digital Plotter 7.210A - Catálogo descritivo do traçador de gráficos modelo 7.210 A - 7.3.

HEWLETT PACKARD

2.748 B High Speed Punched Tape Reader - Folheto descritivo da leitora de fita 2.748B de alta velocidade - 7.3.

HEWLETT PACKARD

2.895 Punched Tape Output - Catálogo da perfuradora de fita de papel HP 2.895 A - 7.3.

HEWLETT PACKARD

16-bit Relay Output Register - Catálogo técnico de relês do multiprogramador - 7.3.

HEWLETT PACKARD

A Pocket Guide to the 2.100 Computer- 7.3, 7.5 e 7.6.

HP - 9.600 Computer System

Selection Guide - Guia para seleção de equipamentos para aquisição de dados e controle - 7.1, 7.2 e 7.3.

HP - HP 9.600A/G - Computer Systems

For Data Acquisition and Control - 7.1, 7.2, 7.3, 7.5, 7.6 e 7.7.

HEWLETT PACKARD

2.100 S Microprogrammable Systems Computer-7.3, 7.4.

KISTLER

Catálogo dos sistemas de medições e transdutores 7.3 e 7.4 - O.C.

LATIL, PIERRE DE

O Pensamento Artificial - 2a. Edição, IBRASA S/A, São Paulo - 7.2 - O.C.

HIRATA, DANSHIRO e ZAMLUNG, JAIME

Ensaio de Motores Através de Computador- Publicação do ITA, 1.972 - 7.1 e 7.4 - O.C.

Capítulo 8

HEWLETT PACKARD

2.100 S Microprogrammable Systems Computer-8.1
e 8.2.

HIRATA, DANSHIRO e ZAMLUNG, JAIME

Ensaio de Motores Através de Computador- 8.3,
8.4 e 8.7 - O.C.

HEWLETT PACKARD

A Pocket Guide to the 2.100 Computer - 8.0-O.C.

Apêndice A

ELECTRO PRODUCTS LABORATORIES

Magnetic Pickup Handbook - A.0 - O.C.

FOXBORO - BULLETIN E-10 A

Magnetic Flow Measurement System - A.3 - O.C.

KISTLER

Catálogos dos Sistemas de Medições e Transdutores - A.1. - O.C.

Apêndice B

HEWLETT PACKARD

Data Acquisition Subsystem - B.1 - O.C.

HP - 9.600 Computer System

Selection Guide - B.1, B.3 e B.4 - O.C.

HEWLETT PACKARD

2.100 S Microprogrammable Systems Computer-B.2.

HIRATA, DANSHIRO e ZAMLUNG, JAIME

Ensaio de Motores Através de Computador- B.1,
B.2, B.3 e B.4 - O.c.

HEWLETT PACKARD

16-BIT Real Output - Descrição e dados técnicos
dos cartões de relés de controle - B.3.-O.C.

HEWLETT PACKARD

Buffered Teleprinter input/output - Descrição
das teleimpressoras HP 2.754 B e HP 2.752 A-B.4

HEWLETT PACKARD

Digital to Analog Converter - Catálogo descritti

vo do cartão conversor digital-analógico, para osciloscópio ou para o plotter - B.7 - O.C.

HEWLETT PACKARD

Digital Plotter 7.210 A - Catálogo descritivo do traçador de gráficos modelo 7.210 A- B.4.

HEWLETT PACKARD

2.748 B High Speed Punched Tape REader - Folhe to descritivo da leitora de fita 2.748B de alta velocidade - B.4. - O.C.

HEWLETT PACKARD

2.895 A Punched Tape Output - Catálogo da perfuradora de fita de papel HP 2.895A- B.4 -P.C.

HEWLETT PACKARD

16 BIT Realy Output Register- Catálogo técnico do cartão de relés do multiprogramador - B.3.

HEWLETT PACKARD

A Pocket Guide to the 2.100 Computer - B.2.

Apêndice C

HIRATA, DANSHIRO e ZAMLUNG,JAIME

Ensaio de Motores Através de Computador - C.1, C.2, C.3 C.4 - O.C.

HEWLETT PACKARD

A Pocket Guide to the 2.100 Computer - C.1,C.2, C.3, C.4, C.5, C.6 e C.7 - O.C.

CONVENÇÕES

A	- Abertura do registro da tubulação
A	- Ampère
A	- Ponto de máximo rendimento da bomba
A	- Registro A do computador
ADC	- Analog Digital Converter
A/D	- Analógico/Digital - Conversão
B	- Ponto de máxima potência hidráulica
B	- Registro B do computador
BCS	- Basic Control System
BIT	- Binary Digit
BTU	- British Thermal Unit
C	- Current Page
CAD	- Conversão Analógica Digital
CDA	- Conversão Digital Analógica
CR	- Carriage Return
CW	- Control Word
D	- Direto, endereçamento direto
D	- Ponto de tangência
DACE	- Data Acquisition and Control Executive
DMA	- Direct Memory Access
D/A	- Digital/Analógica - Conversão
E	- Extended, memória
EAU	- Extended Arithmetic Unit
E/S	- Entrada e Saída
F	- Frequência dos pulsos por segundo
G	- Ganho
GE	- General Electric
H	- Altura de elevação
HB	- Altura da bomba, distância vertical entre os transdutores a montante e a jusante da bomba
HJ	- Altura a jusante
HM	- Altura a montante
HP	- Hemlett Packard

HR	- Altura de Recalque
HS	- Altura de Sucção
Hd	- Altura relativa ao ponto d
Hn	- Altura nominal
I	- Indireto - endereçamento
IJ	- Indices, $I=1, 2, 3, \dots$ $J=1, 2, 3, \dots$
IOC	- Input/output Control
IOS	- Input/output System
J	- Índice, $J=1, 2, 3, \dots$
K	- Característica da tubulação
LF	- Line Feed
LST	- Loader Symbol Table
M	- Momento
MA	- Miliampère
MTS	- Magnetic Tape System
MV	- Milivolt
Mb	- Momento no eixo da bomba
Mm	- Momento no eixo do motor
N	- Velocidade em rotações por minuto
NA	- Nível da água
NO	- Número de uma medida
NS	- Rotação específica
Nn	- Rotação nominal
Nm	- Rotação do eixo do motor
OVF	- Overflow
P	- Potência
PCS	- Prepare Control System
PE	- Potência elétrica
PH	- Potência hidráulica
PSI	- Pound Square Inch
PSW	- Program Status Word
Pf	- Ponto de funcionamento
Pi	- Pontos , $i=1, 2, 3, \dots$
Pt	- Ponto de trabalho
Pl	- Potência fornecida pelo motor a bomba
Q	- Vazão
Qd	- Vazão relativa ao ponto D
Qn	- Vazão nominal ou de máximo rendimento

Qp	- Vazão de máxima potência hidráulica
R	- Registro do fim da tubulação
RL	- Relocating Loader
RPM	- Rotações por minuto
RPS	- Rotações por segundo
RTE	- Real Time Executive
S	- Secção transversal
SIO	- System Input Output
T	- Tempo, período de
UC	- Unidade de controle
UCP	- Unidade Central de Processamento
V	- Voltagem em Volts
VM	- Velocidade Média
Z	- Zero Page
ai	- Curva característica de cano, $i=1, 2, 3, \dots$
c	- Velocidade absoluta
di	- Diâmetro da roda dentada
ms	- Milissegundo
n	- Expoente da curva característica de cano
ni	- Curva característica de rotor, $i = 1, 2, 3, \dots$
nq	- Rotação específica, sistema internacional
ns	- Rotação específica relativa a potência
p	- Ponto
ri	- Rendimento relativo a medida i , $i = 1, 2, 3, \dots$
s	- Segundo
u	- Velocidade tangencial
z	- Número de dentes da roda dentada
w	- Velocidade relativa
α	- Ângulo entre os vetores velocidades absoluta e <u>re</u> lativa
β	- Ângulo entre os vetores velocidades tangencial e relativa
γ	- Peso específico do fluido
ϕ	- Abertura em percentagem do registro da tubulação
η	- Rendimento da bomba
ρ	- Rendimento do motor elétrico
ω	- velocidade angular
Ω	- Hom

Data 5 / 12 / 19 78
Proc. _____
Ped. Doação
Liv. Prof. José Abel
NCR\$ _____

EFEI - BIBLIOTECA MAUÁ
8200180



NÃO DANIFIQUE ESTA ETIQUETA