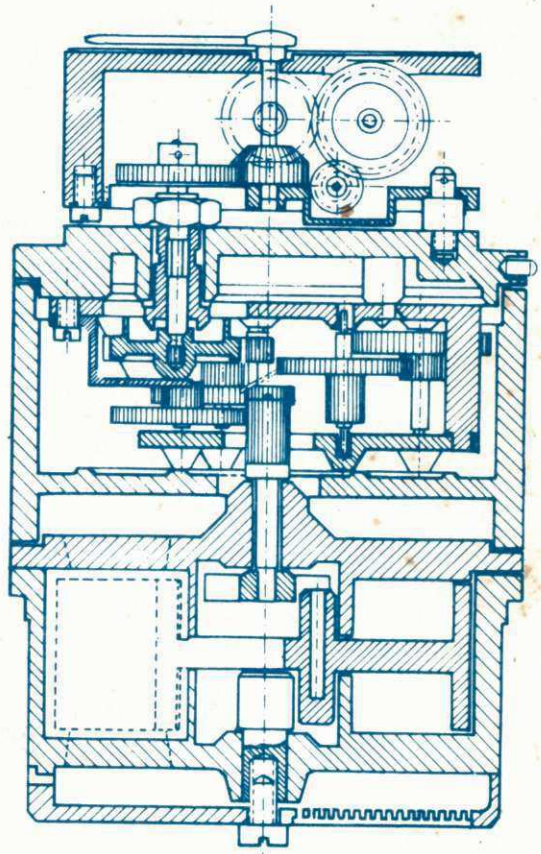


UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAIBA

CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

DETERMINAÇÃO  
DO PERÍODO  
ECONÔMICO DO  
HIDRÔMETRO NO  
RAMAL PREDIAL



Eng<sup>o</sup> ADALBERTO CAVALCANTI COELHO

1977

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA

CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA - CCT

REITOR

Prof. Lynaldo Cavalcanti de Albuquerque

DIRETOR DO CCT DA UFPb

Prof. Sebastião Guimarães Vieira

CHEFE DO DEC DO CCT

Prof. Francisco Mont Alverne de Sales Sampaio





C672p Coelho, Adalberto Cavalcanti.  
Período econômico de hidrômetros no ramal predial de  
água / Adalberto Cavalcanti Coelho. - Campina Grande, 1977.  
123 f. il. :

Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade  
Federal da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 1977.  
"Orientação : Prof. Dr. José Farias Nóbrega".  
Referências.

1. Consumo de Água. 2. Hidrometria. 3. Hidrômetros -  
Economia de Água. 4. Dissertação - Ciências. I. Nóbrega,  
José Farias. II. Universidade Federal da Paraíba - Campina  
Grande (PB). III. Título

CDU 628.17(043)

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA - CCT

PERÍODO ECONÔMICO DE HIDRÔMETROS  
NO RAMAL PREDIAL DE ÁGUA

Engenheiro Civil: ADALBERTO CAVALCANTI COELHO

TESE SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DA COORDENAÇÃO DOS PROGRAMAS DE  
PÓS-GRADUAÇÃO DE ENGENHARIA DO CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA'  
DA UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA COMO PARTE DOS REQUISITOS NE  
CESSÁRIOS PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS (M.Sc)

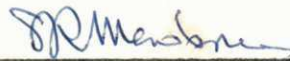
Aprovado Por:



Prof. JOSÉ FARIAS NÓBREGA  
Orientador.



Prof. MANOEL DANTAS VILAR



Prof. SÉRGIO ROLIM MENDONÇA

CAMPINA GRANDE  
ESTADO DA PARAÍBA - BRASIL

JULHO - 1977  
\*

À Gracinha, Karina e Patrícia

## A G R A D E C I M E N T O S

O autor agradece penhoradamente a todos que colaboraram na confecção do presente trabalho, e em particular

- ao Professor JOSÉ FARIAS NOBREGA, do Centro de Ciências e Tecnologia (CCT) da Universidade Federal da Paraíba, pela solicitude na orientação desta Tese;

- ao Professor RAY MORALES, Chefe do Departamento de Engenharia Civil da Polytechnic University, Pomona, California - USA, pela decisiva colaboração prestada na obtenção da bibliografia específica;

- aos funcionários do Centro de Ciências e Tecnologia, HERCULES HERCUERGUS SOBREIRA DE ALMEIDA e MARIA DE BRITO, pela valiosa colaboração;

- ao Professor OMAR DE PAULA ASSIS, pelos valiosos ensinamentos, transmitindo parte dos seus conhecimentos, frutos de dezenas de anos de experiência em hidrometria.

- à COMPESA - Companhia Pernambucana de Saneamento, na pessoa de seus Diretores, pelo apoio técnico-financeiro a nós proporcionado.

- à Advogada MARIA JOSÉ DE SANTANA LIMA pela presteza com que realizou os trabalhos de revisão do texto.

## S U M Á R I O

Neste trabalho, procede-se a um estudo dos fatores que influenciam o PERÍODO ECONÔMICO DE HIDRÔMETROS NO RAMAL PREDIAL DE ÁGUA, analisando-se: características de hidrômetros, qualidade da água, vazões de consumo, tarifas e custos de reparo, teste e substituição de hidrômetros. Apresentam-se dois (2) processos para a determinação das perdas por deficiência do medidor: utilização do aparelho registrador de vazão e do hidrômetro padrão. Anotam-se as vantagens de cada processo, estabelecendo-se o mais recomendável. Finalmente, apoiado em experiências e em estudo da bibliografia existente, define-se um MODELO PARA DETERMINAÇÃO DO PERÍODO ECONÔMICO DO HIDRÔMETRO NO RAMAL PREDIAL DE ÁGUA.

DETERMINATION OF THE ECONOMIC PERIOD FOR WATER  
METER TESTING AND REPAIR.

M.Sc. Dissertation

by

ADALBERTO CAVALCANTI COELHO

A B S T R A C T

The works presented in this dissertation deals with the study of factors which influence the Economic Period for water meter testing and repair, detailing: water meter, quality of water, loss of consumption, rate and charges for repairing, test and replacement. The process for determining the losses due to water meter failure is shown in two different ways: by using a "device graph recorder" and by the "standard water meter".

The advantage of each one, is discussed in order to be recommended the best. Finally, supported in the experience and the study of existent bibliography is established model for Determination of the "Economic period for water meter testing and repair".



## Í N D I C E

CAPÍTULO I	INTRODUÇÃO.....	001
CAPÍTULO II	OBJETIVO DA INVESTIGAÇÃO.....	003
CAPÍTULO III	HIDRÔMETROS, TIPOS E CARACTERÍSTICAS...	005
III.1	PARTES FUNDAMENTAIS DE UM HIDRÔMETRO...	005
III.2	TIPOS DE HIDRÔMETROS.....	006
III.2.1	HIDRÔMETROS VOLUMÉTRICOS.....	006
III.2.1.1	Princípio de Funcionamento.....	006
III.2.1.2	Tipos de Medidores Volumétricos.....	008
III.2.2	HIDRÔMETROS DE VELOCIDADE.....	010
III.2.2.1	Princípio de Funcionamento.....	010
III.2.2.2	Tipos de Medidores Volumétricos.....	010
III.2.3	HIDRÔMETROS COMPOSTOS.....	021
III.2.3.1	Princípio de Funcionamento.....	021
III.2.3.2	Tipos de Medidores Compostos.....	024
III.3	O MEDIDOR PROPORCIONAL.....	025
III.4	CARACTERÍSTICAS GERAIS.....	027
III.4.1	TAMANHO.....	027
III.4.2	PROPRIEDADES HIDRÁULICAS.....	030
III.4.3	PROPRIEDADES HIDRODINÂMICAS OU DE MEDIDA.....	030

III.5	CURVAS CARACTERÍSTICAS.....	037
III.5.1	CURVA DE ERROS.....	037
III.5.2	A CURVA DE PERDA DE PRESSÃO.....	039
III.6	DISPOSITIVOS DE REGULAGEM.....	041
CAPÍTULO IV	A OFICINA/LABORATÓRIO DE HIDRÔMETROS...	054
IV.1	FINALIDADE.....	054
IV.2	IMPORTÂNCIA DO PROCESSO DE REPARAÇÃO NO PERÍODO ECONÔMICO.....	057
IV.3	EQUIPAMENTO.....	058
CAPÍTULO V	O PERÍODO ECONÔMICO DO HIDRÔMETRO NO RAMAL PREDIAL.....	061
V.1	FATORES INTERVENIENTES NO PERÍODO <u>E</u> CONÔMICO.....	062
V.1.1	QUALIDADE DA ÁGUA.....	062
V.1.2	PROJETO DO APARELHO E MATERIAIS DE FABRICAÇÃO.....	064
V.1.3	VAZÕES DE CONSUMO.....	065
V.1.4	TARIFAS.....	067
V.2	PROCESSOS UTILIZADOS PARA DETERMINA' ÇÃO DAS PERDAS DEVIDO À FALTA DE SEN SIBILIDADE DO HIDRÔMETRO.....	067

V.2.1	UTILIZAÇÃO DO APARELHO REGISTRADOR DE VAZÃO.....	069
V.2.2	UTILIZAÇÃO DO HIDRÔMETRO PADRÃO.....	076
V.3	AMOSTRAGEM.....	080
V.3.1	OBJETIVOS.....	080
V.3.2	POPULAÇÃO A SER AMOSTRADA.....	080
V.3.3	DADOS A PESQUISAR.....	080
V.3.4	GRAU DE PRECISÃO DESEJADO.....	081
V.3.5	MÉTODO DE PESQUISA.....	082
V.3.6	O ESQUEMA.....	082
V.3.7	SELEÇÃO DA AMOSTRA.....	084
V.3.8	TAMANHO DA AMOSTRA.....	085
V.3.9	VERIFICAÇÃO PRELIMINAR.....	088
V.3.10	ORGANIZAÇÃO DA EQUIPE DE TRABALHO.....	089
V.3.11	SINTETIZAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS.....	089
V.4	CORRELAÇÃO DE ALGUMA CARACTERÍSTICA DE SERVIÇO COM PRECISÃO.....	090
V.4.1	IMPORTÂNCIA.....	090
V.4.2	MÉTODOS ESTATÍSTICOS PARA VERIFICAÇÃO DA CORRELAÇÃO.....	091
V.4.2.1	Regressão Linear Simples.....	091
V.4.2.2	Regressão Linear Múltipla.....	092
V.5	CUSTO DE REPARO, TESTE E SUBSTITUIÇÃO DE HIDRÔMETROS .....	094

V.5.1	CUSTO DE REPARO.....	094
V.5.2	CUSTO DO TESTE.....	095
V.5.3	CUSTO DE SUBSTITUIÇÃO.....	097
V.5.4	A CORRELAÇÃO DO CUSTO DE REPARO, TESTE E SUBSTITUIÇÃO COM A IDADE DO APARÊ LHO.....	097
V.6	CÁLCULO DAS PERDAS.....	099
V.6.1	PERDAS EM VOLUME (ANUAIS).....	099
V.6.2	PERDAS DE ARRECADAÇÃO (ANUAIS).....	103
V.7	CUSTO DE SUBSTITUIÇÃO, REPARO E TESTE DO HIDRÔMETRO E PERDAS DE ARRECADAÇÃO A VALOR PRESENTE.....	104
V.7.1	CUSTO DE SUBSTITUIÇÃO, REPARO E TESTE A VALOR PRESENTE.....	104
V.7.2	PERDAS DE ARRECADAÇÃO A VALOR PRESENTE.	105
V.8	A DETERMINAÇÃO DO PERÍODO ECONÔMICO....	106
V.8.1	MÉTODO 1 - CÁLCULO MATEMÁTICO.....	106
V.8.2	MÉTODO 2 - CONSTRUÇÃO DAS CURVAS DE CUSTOS DE MANUTENÇÃO E PERDAS DE AR RECADAÇÃO.....	108

## C A P Í T U L O   I

## I N T R O D U Ç Ã O

O hidrômetro representa um instrumento essencial a administração, planejamento e expansão lógica dos Sistemas de Abastecimento de Água.

A sua utilização permite a cobrança justa e equitativa do serviço prestado, e evita gastos com o desperdício, levando, em consequência, ao aumento do alcance dos projetos.

Os projetos são elaborados tendo em vista atender a população com um determinado "per capita" durante certo período. A experiência mostra-nos que para sistemas não medidos este "per capita" pode ser excedido, acarretando assim a diminuição do alcance do projeto, e implicando em execução de obras adicionais de captação, adução e tratamento.

A utilização de hidrômetros, associada a um sistema tarifário adequado, permite o equilíbrio entre a oferta e a demanda, levando ao adiamento de inversões em obras de expansão.

No entanto, para que os hidrômetros atinjam seus objetivos, é necessário que funcionem com precisão adequada.

quada.

O hidrômetro, como toda máquina, perde eficiência com o tempo de utilização. Suas engrenagens e demais peças vão se desgastando progressivamente. A matéria em suspensão trazida pela água, que passa em seu interior, adere às engrenagens e peças componentes, e pouco a pouco, impede seu movimento normal, diminuindo por conseguinte sua precisão de medida.

A partir de determinado momento, a Em presa começa a perder arrecadação. Há necessidade, então, de substituir o aparelho deficiente por outro em perfeitas condições.

O "ponto ótimo" de substituição será a quele no qual as perdas de arrecadação se igualam aos custos de testes, reparo e substituição do hidrômetro.

Através de estudos de precisão dos hi drômetros, vazões de consumo, tarifas, qualidade da água, características de hidrômetros, teste e reparo dos aparelhos, é possível estabelecer o PERÍODO ECONÔMICO DE PERMANÊNCIA DO HIDRÔMETRO NO RA MAL PREDIAL.

## C A P Í T U L O II

## OBJETIVO DA INVESTIGAÇÃO

O objetivo deste trabalho é estabelecer um Modelo para Determinação do Período Econômico do Hidrômetro no Ramal Predial de Água, baseado em experiências realizadas no Brasil com hidrômetros nacionais, e em estudo da bibliografia existente.

São analisados os aspectos intervenien'tes no processo e a estrutura necessária à execução da pesquisa para a determinação desta incógnita.

A seguir discriminaremos os fatores considerados:

- 1 - Características de hidrômetros;
- 2 - Oficina/Laboratório de Hidrômetros;
- 3 - Qualidade da água;
- 4 - Vazões de consumo;
- 5 - Tarifas;
- 6 - Custo de reparo, teste e substitui'ção de hidrômetros.

No decorrer do estudo serão abordados os processos convencionalmente utilizados para determinação das perdas devido à falta de sensibilidade do hidrômetro, assim relacionados:

- a - Utilização de Aparelho Registrador de Vazão;
- b - Utilização de Hidrômetro Padrão.

Os processos são comparados e suas vantagens discutidas. Finalmente, é apresentado um Modelo para Determinação do Período Econômico, baseado em estudos de custo-benefício.



## C A P Í T U L O III

## HIDRÔMETROS, TIPOS E CARACTERÍSTICAS

III.1 PARTES FUNDAMENTAIS DE UM HIDRÔMETRO

Qualquer que seja o tipo do hidrômetro, este é constituído fundamentalmente de quatro (4) partes:

- 1 - Câmara de medida;
- 2 - Trem redutor;
- 3 - Registrador;
- 4 - Carcassa.

CÂMARA DE MEDIDA é a parte que produz o movimento da máquina, de maneira contínua, em função da quantidade de água que atravessa o medidor;

TREM REDUTOR recebe o movimento produzido na câmara de medida, retardando a rotação, de forma que possa ser registrado;

REGISTRADOR registra e acumula os consumos de acordo com o conjunto de medida e trem redutor;

CARCASSA é a parte que compõe o corpo

do aparelho agrupando a câmara de medida, trem redutor e registrador.

A FIGURA 1 apresenta as partes fundamentais de um hidrômetro.

### III.2 TIPOS DE HIDRÔMETROS

De acordo com o princípio de funcionamento, os hidrômetros podem ser classificados em:

- 1 - Volumétricos;
- 2 - De Velocidade ou Taquímetros;
- 3 - Compostos.

#### III.2.1 HIDRÔMETROS VOLUMÉTRICOS

##### III.2.1.1 Princípio de Funcionamento

Para estes aparelhos, os consumos são obtidos a partir do número de vezes que se enche de água uma câmara de capacidade volumétrica conhecida. Estes hidrômetros são também chamados de deslocamento positivo pelo fato de seu registro ser similar à medida de água por meio de um tanque com bôia e régua graduada. Assim, a bôia é arrastada pela água ao se esvaziar

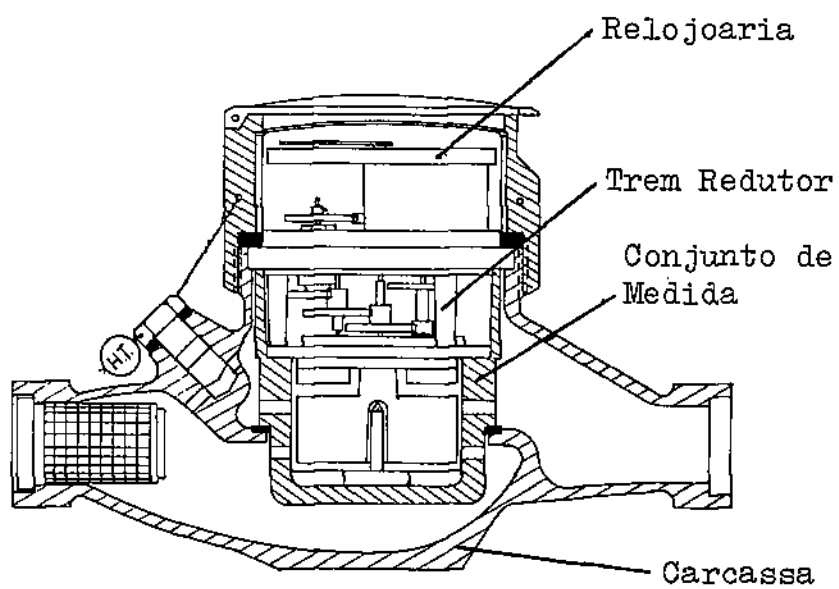


FIGURA 1 - Partes Fundamentais de um Hidrômetro

o seu volume.

Sendo "v" o volume do recipiente unitário e "N" o número de vezes que se repete a operação, o volume total registrado será:

$$V = N.v \quad (1.0)$$

### III.2.1.2 Tipos de Medidores Volumétricos

Os principais mecanismos empregados pelos hidrômetros volumétricos são:

- a - Disco nutativo;
- b - Pistão rotativo;
- c - Pistão oscilante;
- d - Pistão alternativo;
- e - Parafuso.

Nos Estados Unidos da América do Norte há uma grande tendência a utilização de hidrômetros volumétricos e em particular, o de disco nutativo. (Vide FIGURA 2)

No Brasil, a experiência mostrou que o emprego de hidrômetros volumétricos não é o mais adequado. Além do medidor volumétrico ter um custo de aquisição e manutenção muito elevado, o seu uso é recomendado somente para sistemas que tenham água livre de partículas, que podem travar o seu mecanismo de medida.

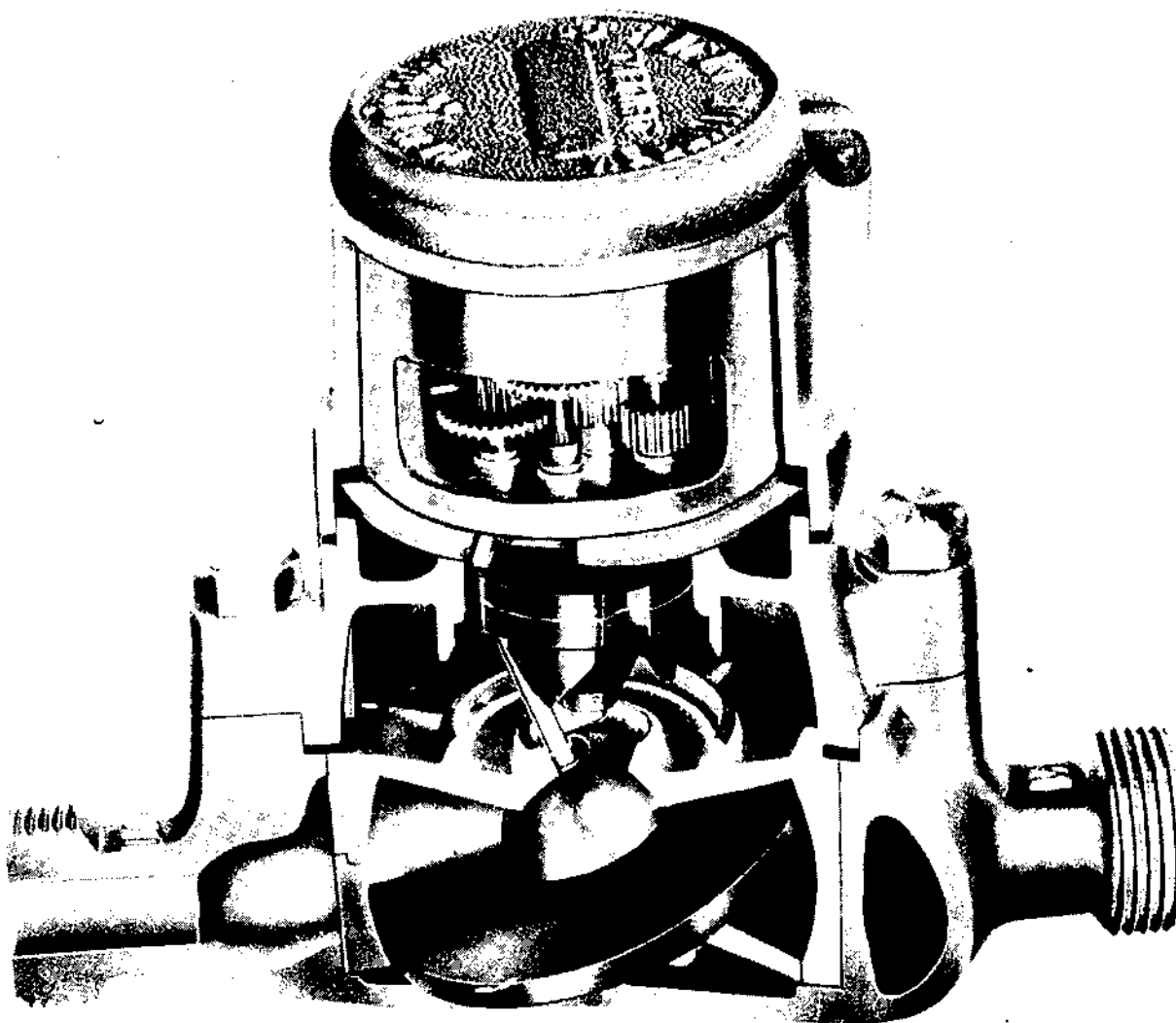


FIGURA 2 - Hidrômetro Volumétrico, disco nutativo, de fabricação da "Neptune Meter Company" USA

Praticamente não se têm usado hidrômetros volumétricos no Brasil. Por estas razões não desenvolvemos um estudo mais detalhado a seu respeito.

### III.2.2 HIDRÔMETROS DE VELOCIDADE

#### III.2.2.1 Princípio de Funcionamento

Os dispositivos de medida dos hidrômetros de velocidade são baseados na proporcionalidade existente entre a velocidade da água que atravessa um orifício e o número de revoluções de uma turbina, sobre a qual atua o esforço hidrodinâmico do fluxo.

O volume de água que atravessa o hidrômetro em determinado tempo é igual a:

$$Q = C.N.A \quad (2.0)$$

Onde, N = número de revoluções da turbina;

C = coeficiente que depende das características hidráulicas do conjunto;

A = área do orifício.

#### III.2.2.2 Tipos de Medidores de Velocidade

De acordo com a incidência da água na

turbina e sua disposição na câmara do medidor, os hi  
drômetros de velocidade são classificados em:

- a - Monojato;
- b - Multijato;
- c - Axial ou Woltmann.

HIDRÔMETRO MONOJATO - a água atua so  
bre a turbina num único ponto. O fluxo de água entra  
em um orifício e sai por um outro.

Neste tipo de medidor, a câmara de me  
dida é a própria carcassa, em que está fixo um "pi  
vot" sobre o qual gira a turbina.

Geralmente, são de transmissão magnéti  
ca e a sua relojoaria é compacta, englobando a parte  
reduzora e a registradora. (Vide FIGURA 3)

Nos hidrômetros monojatos, a turbina é  
solicitada num só ponto de sua periferia, ao passo  
que nos multijatos essa solicitação se verifica em vá  
rios pontos.

Devido à ausência de câmara especial  
de medida nos hidrômetros monojatos, geralmente, sua  
turbina poderá ter maior diâmetro que a dos multija  
tos, e também poderá apresentar um menor número de ro  
tações. O número de rotações da turbina de um certo  
hidrômetro monojato está para o de um multijato na re  
lação de 3:4.

A desvantagem da solicitação unilate  
ral que se verifica nos monojatos é em parte compensa

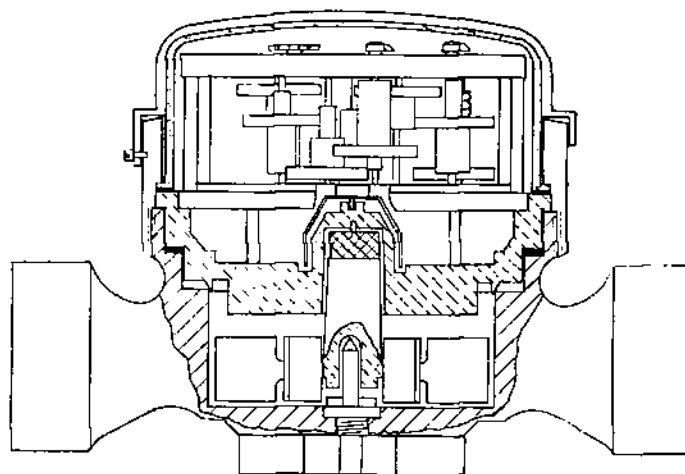


FIGURA 3 - Hidrômetro Monojato, Mostrador de Ponteiros, Transmissão Magnética.



da pelo menor número de rotações da turbina, portanto o desgaste das partes móveis é bem menor nas baixas rotações.

As suas características são:

- construção mais simples e de pequeno tamanho em relação a outros hidrômetros, tendo, portanto, baixo custo de aquisição e manutenção;

- trabalha bem com água de alta turbidez;

- tem pouca perda de carga, podendo, por conseguinte, ser fabricado em tamanho reduzido;

- a incidência da água sobre uma só parte da turbina provoca um natural desequilíbrio e um desgaste em suas partes componentes;

- sua precisão poderá ser afetada sensivelmente, no caso de redução do orifício de admissão, ocasionando erros positivos;

- requer para seu ajuste um sistema de regulagem.

HIDRÔMETRO MULTIJATO - a câmara de medida fica localizada no interior da carcassa, sendo provida de uma série de furos inferiores onde a água é admitida e, superiores por onde é expulsa.

Os cilindros, que compõem os furos, têm direção tangencial à turbina.

A forma de distribuição do fluxo sobre a turbina é simétrica o que faz com que ela trabalhe

equilibrada. (Vide FIGURA 4)

Suas principais características são:

- construção mais complexa que o monojato, tendo, portanto, um maior custo de aquisição e manutenção;
- distribuição simétrica do fluido em torno da câmara de medida, com melhor equilíbrio hidrodinâmico e conseqüentemente menor desgaste do mancal da turbina e "pivot", que o monojato;
- é um aparelho intermediário entre o monojato e o volumétrico;
- requer para o seu ajuste um sistema de regulagem.

Nos Estados Unidos da América do Norte, até pouco tempo, utilizavam-se para usuários residenciais apenas hidrômetros volumétricos. Atualmente, há uma tendência à adoção de hidrômetros multijato, e uma prova disto é que em junho de 1976, foi lançada a primeira (1a.) Edição da Norma AWWA C 708/76 (COLD WATER METERS MULTI-JET TYPE FOR CUSTOMER SERVICE).

HIDRÔMETROS AXIAIS OU WOLTMANN'S - são aparelhos que utilizam, basicamente, como elemento de medição, um molinete que trabalha num conduto fechado, onde atua um fluxo na direção axial ao molinete. Acrescente-se que, nos demais medidores taquímetros, o fluxo atua perpendicularmente ao eixo da turbina.

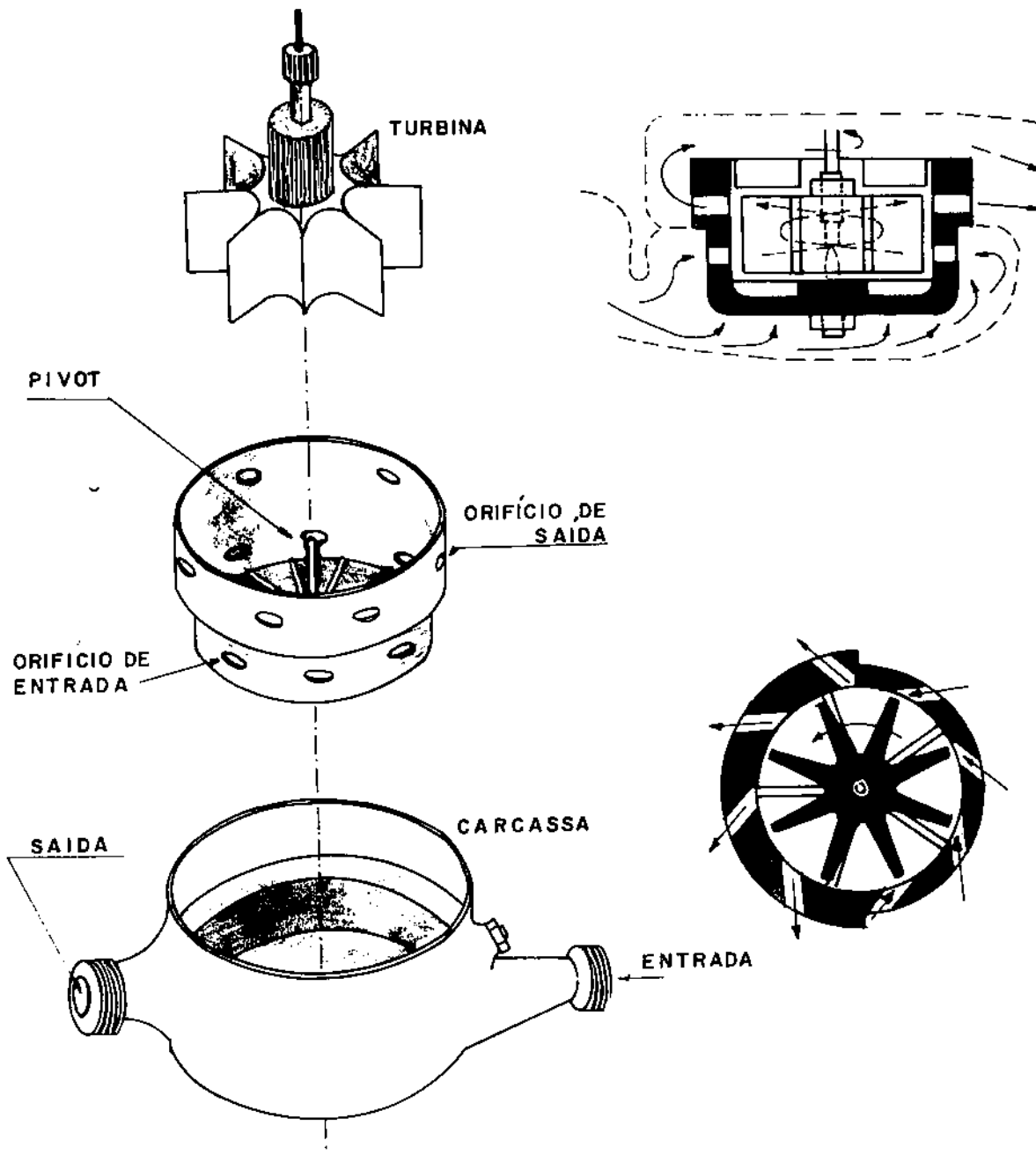


FIGURA 4 - Hidrômetro de Velocidade, Medidor Multi-jato, detalhes da Câmara de Medida.

Estes medidores são chamados WOLTMANN em homenagem ao engenheiro alemão REINHARD WOLTMANN que em 1790 introduziu o uso de molinete na medição de rios e canais. No decorrer deste trabalho chamaremos, sempre, os medidores axiais de WOLTMANN.

Os hidrômetros WOLTMANN são divididos basicamente em dois (2) grupos:

- Hidrômetros Woltmanns Verticais;
- Hidrômetros Woltmanns Horizontais.

Os Woltmanns Verticais são aparelhos cujo eixo da turbina trabalha perpendicularmente ao eixo da tubulação onde está instalado. Atualmente, é o medidor axial, mais conhecido e utilizado no Brasil. Em termos de sensibilidade, perda de carga e custo, situa-se entre o medidor composto e o Woltmann Horizontal.

Apresentamos, a seguir, uma comparação destes medidores para o limite inferior de exatidão.

CAPACIDADE	50 mm - 2"		
Tipo de Hidrômetro	Medidor Composto	Woltmann Vertical	Woltmann Horizontal
Limite/inferior de exatidão (l/h)	30	250	800

Um fator muito importante para a vida deste tipo de medidor é o formato da câmara que orien

ta a ação do fluxo sobre a turbina. O fluxo, ao atravessar o medidor, é obrigado a percorrer um caminho em forma de "S", fenômeno que gera um momento sobre o eixo. Este momento, em medidores mal dimensionados, provoca o desgaste prematuro dos pontos de apoio da turbina por mais reforçada que seja a sua fabricação. (Vide FIGURA 5)

A sua utilização é indicada quando:

- Instalação na horizontal, rigorosamente;
- Para vazões superiores a 250 l/h;
- Em circunstâncias onde a perda de carga não é crítica.

Os hidrômetros Woltmanns para poços são do tipo Vertical, diferenciando-se dos Woltmanns convencionais pelo formato da carcassa cuja direção de entrada e saída forma um ângulo de 90° (noventa graus). (Vide FIGURA 6)

Já os Hidrômetros Woltmanns Horizontais são medidores axiais cujo eixo da turbina trabalha paralelamente ao eixo da tubulação onde está instalado.

Estes medidores subdividem-se em duas (2) categorias: Woltmann de mecanismo fechado e Woltmann de mecanismo removível. Os de mecanismo fechado são fabricados até 150mm. (Vide FIGURA 7). Hidrômetros com mecanismo removível são fabricados até 500mm e têm a grande vantagem de não ser preciso retirá-los

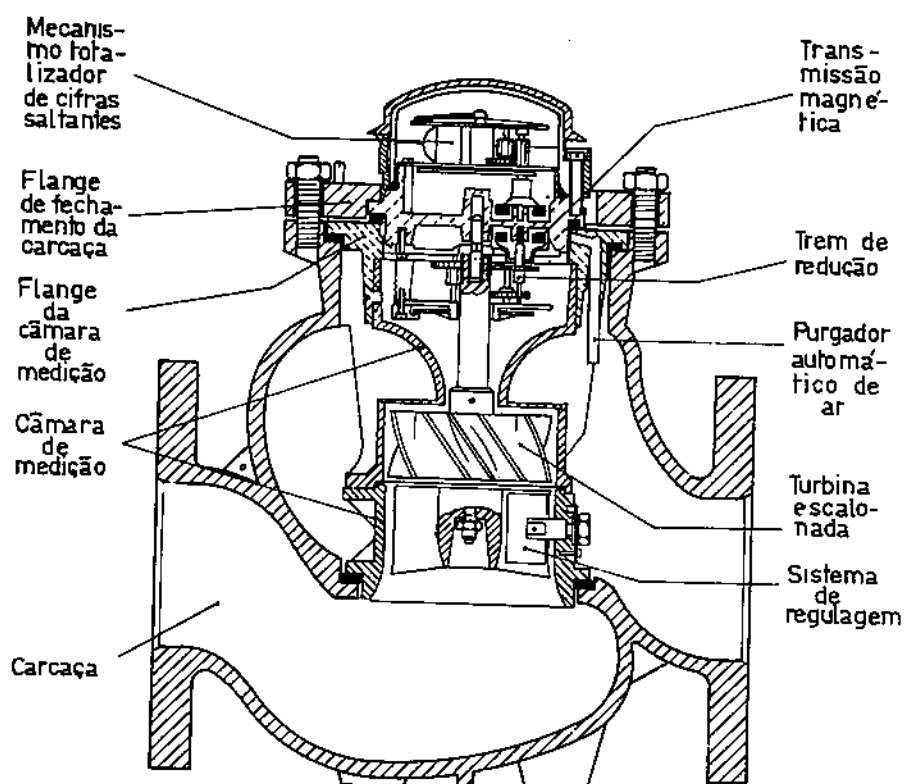


FIGURA 5 - Hidrômetro Woltmann Vertical, Transmissão Magnética, Cifras Saltantes.

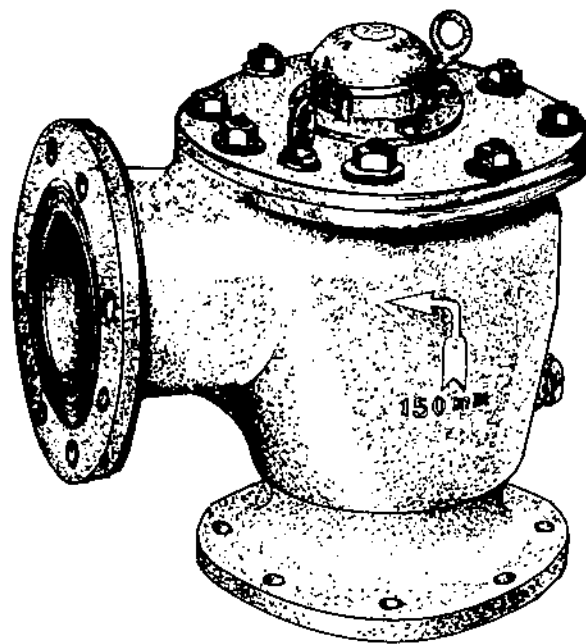


FIGURA 6 - Hidrômetro Woltmann para Poços.

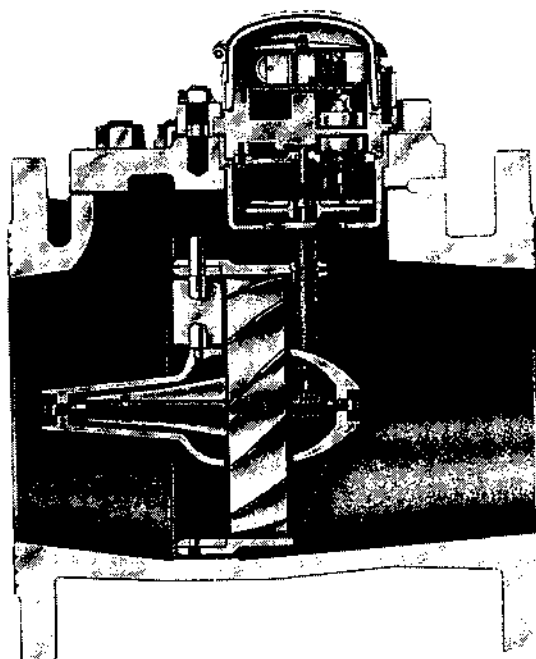


FIGURA 7 - Hidrômetro Woltmann Horizontal, Transmissão Magnética, Cifras Saltantes.



da tubulação para reparo. (Vide FIGURA 8)

A utilização deste tipo de aparelho é recomendada quando:

- 1 - Tubulação existente pode não ser horizontal;
- 2 - Vazões de trabalho acima de 800 l/h;
- 3 - Necessidade de baixa perda de carga.

Infelizmente, ainda não são fabricados no Brasil, pois em muitos casos este seria o medidor mais indicado.

### III.2.3 HIDRÔMETROS COMPOSTOS

#### III.2.3.1 Princípio de Funcionamento

Essencialmente os medidores compostos se constituem de dois (2), um Woltmann e um multijato ou de "deslocamento positivo", dispostos de tal forma que a atuação de uma válvula desvia o fluxo de uma seção para outra, dependendo de qual hidrômetro é capaz de registrar mais exato. As baixas vazões são marcadas no pequeno medidor, e as grandes no Woltmann. (Vide FIGURA 9)

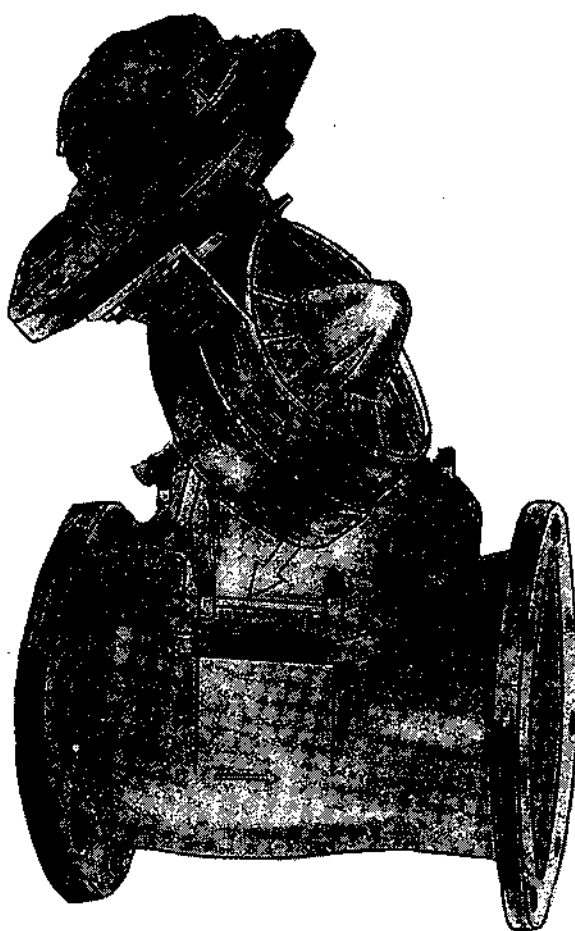


FIGURA 8 - Hidrômetro Woltmann Horizontal, Transmis  
são Magnética, Cifras Saltantes, Mecanis  
mo Removível.

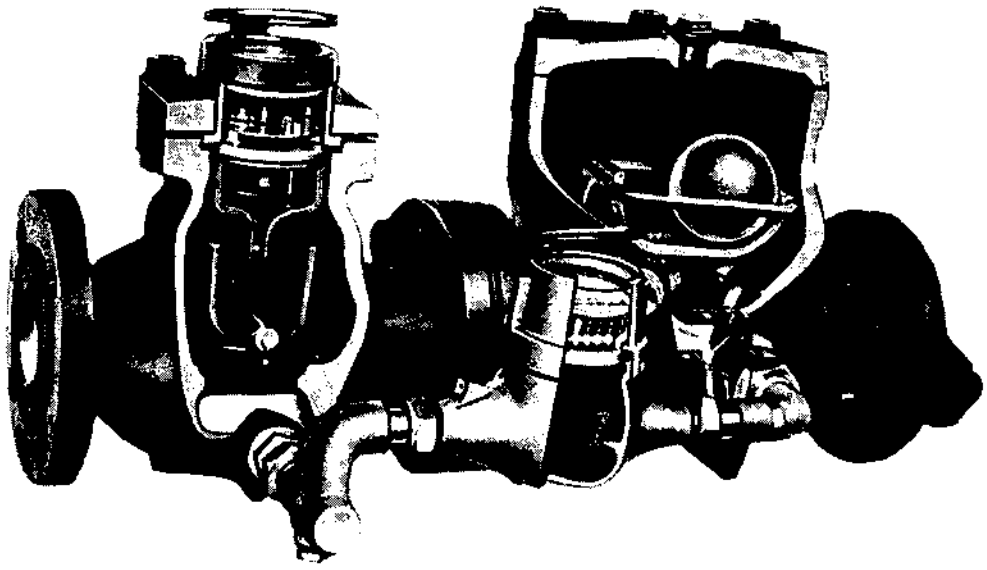


FIGURA 9 - Medidor tipo Composto.

O seu custo é três (3) vezes o valor'' do seu correspondente simples. No entanto, o seu baixo limite inferior de exatidão permite um registro ' mais exato.

Sua utilização é indicada quando:

- 1 - Alta precisão para uma grande variação de vazões;
- 2 - Água de alto custo;
- 3 - Tubulação existente deve ser horizontal;

Estes aparelhos não são fabricados no País.

### III.2.3.2 Tipos de Medidores Compostos

De acordo com a combinação de hidrômetros, podemos classificar os compostos em:

- a - Hidrômetro Woltmann combinado com hidrômetro multijato;
- b - Hidrômetro Woltmann conjugado com hidrômetro volumétrico;
- c - Hidrômetro volumétrico industrial' combinado com o volumétrico residencial.

## III.3

O MEDIDOR PROPORCIONAL

Consiste em um hidrômetro pequeno ligado a tubulação através de um "by-pass". O seu princípio de medida baseia-se em que a quantidade de água que atravessa o hidrômetro é proporcional à que atravessa a tubulação. (Vide FIGURA 10)

Tem um baixo custo de aquisição e instalação, no entanto tem restrições com relação a precisão, pois o seu assentamento deve obedecer rigorosamente a critérios técnicos.

É muito utilizado no abastecimento de água a navios, em irrigação e em hidrantes.

Geralmente, é utilizado em grandes vazões, sendo um dos mais econômicos macromedidores.

Representa, talvez, a solução mais adequada para a macromedição no Brasil, no estágio em que nos encontramos, atualmente.

Há necessidade de desenvolvimento de pesquisas a respeito, pois esta é uma solução nacional, evitando a necessidade de importação de equipamento estrangeiro, e, resolvendo de imediato o grave problema da inexistência de macromedição.

Como o nosso trabalho se prende a micromedição, não desenvolveremos maiores estudos a respeito.

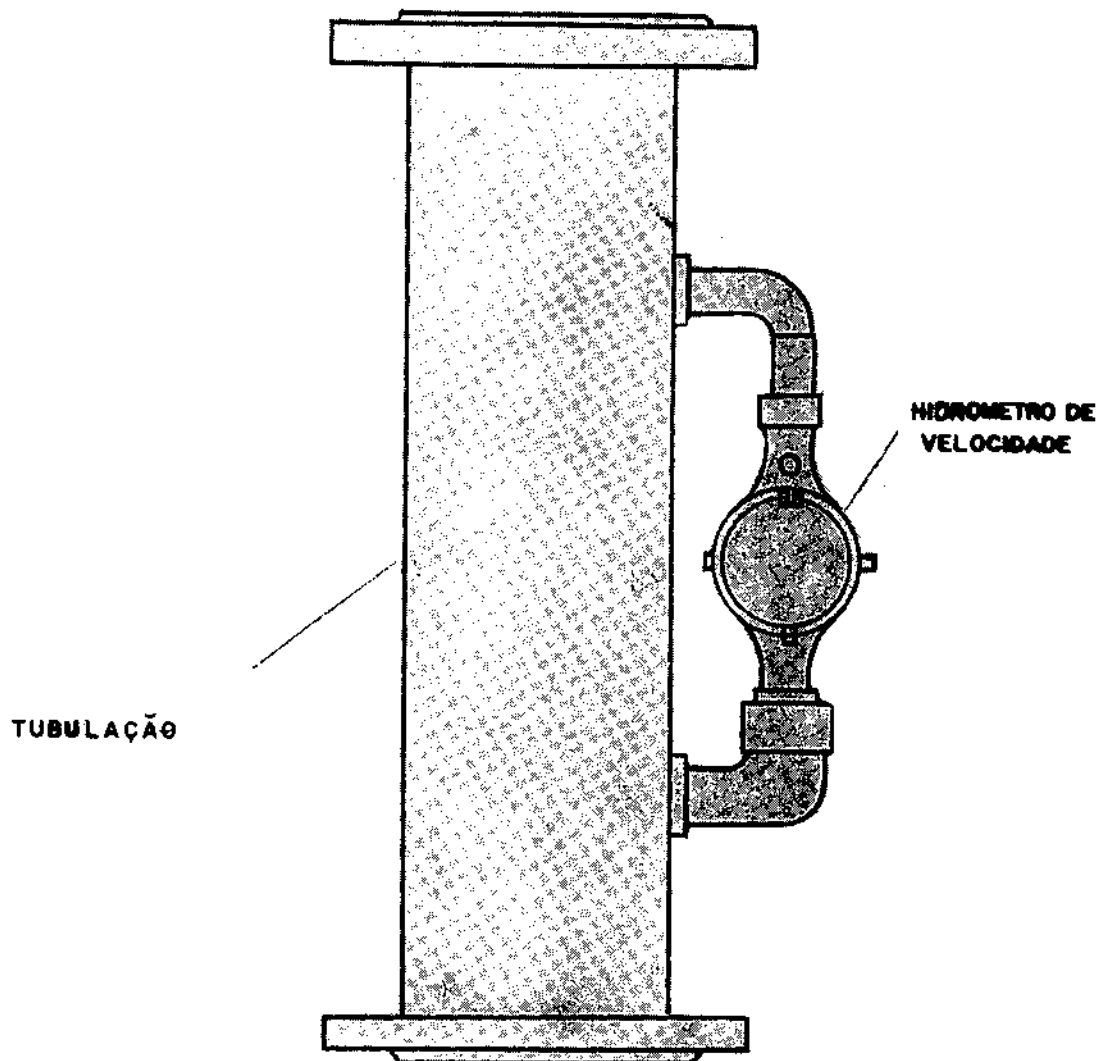


FIGURA 10 - Medidor Proporcional.

### III.4 CARACTERÍSTICAS GERAIS

Um hidrômetro distingue-se por três  
(3) elementos:

- 1 - Tamanho;
- 2 - Propriedades hidráulicas;
- 3 - Propriedades hidrodinâmicas.

#### III.4.1 TAMANHO

Devido à padronização existente pela PEB-147 da ABNT, um hidrômetro é perfeitamente definido pelo diâmetro e capacidade. Os QUADROS I e II apresentam as dimensões para hidrômetros monojato e multijato, respectivamente. Para hidrômetros Woltmanns Verticais, as dimensões estão contidas no QUADRO III.

#### Q U A D R O I

DIMENSÕES PARA MEDIDORES DE VELOCIDADE MONOJATO DE FABRICAÇÃO NACIONAL.

CAPACIDADE (m <sup>3</sup> /h)	3	3
Diâmetro mm pol	13 1/2	19 3/4
Comprimento s/união c/união	120 200	120 218
Altura mm	70	70
Largura mm	85	85
Rosca carcassa WHITWORTH	3/4	1

QUADRO II

DIMENSÕES PARA MEDIDORES DE VELOCIDADE MULTIJATO  
DE FABRICAÇÃO NACIONAL

CAPACIDADE ( m <sup>3</sup> /h )		3		5	7	10	20	30	
		Diâmetro	mm	13	19	19	25	25	40
	pol.	1/2	3/4	3/4	1	1	1.1/4	2	
Comprimento	s/união	mm	165	190	190	260	260	300	275*
	c/união	mm	245	288	288	378	378	438	340*
Altura	mm	130	130	135	140	145	160	220	
Largura	mm	100	100	100	105	105	135	170	
Rôscas	carcaça WHITWORTH	3/4"	1"	1"	1.1/4"	1.1/4"	2"	2"	

\* Flange



QUADRO IIIDIMENSÕES PARA HIDRÔMETROS WOLTMANN VERTICAIS  
DE FABRICAÇÃO NACIONAL

Diâmetro	mm	50	80	100	150	
Nominal	pol	2	3	4	6	
Pressões	de ensaio	Kg/cm <sup>2</sup>	20			
	de serviço	Kg/cm <sup>2</sup>	10			
Comprimento com flanges	mm	353	390	450	535	
Comprimento sem flanges	mm	270	300	360	430	
Altura	mm	340	390	440	490	
Largura	mm	220	254	270	315	
Peso	com flanges	Kg	35,5	48,5	62	101,6
	sem flanges	Kg	30	40	50	80
FLANGES - Normas ABNT-PB - 15R - 1954 ou DIN 2532 dezembro 1949						

### III.4.2 PROPRIEDADES HIDRÁULICAS

Podem ser definidas pela relação existente entre a vazão que atravessa o medidor e a sua respectiva perda de pressão, sendo esta a energia dissipada pela água ao atravessar o hidrômetro.

### III.4.3 PROPRIEDADES HIDRODINÂMICAS OU DE MEDIDA

São aquelas que definem o comportamento do aparelho com relação à qualidade de medida; dependem da hidrodinâmica da máquina.

A seguir, definiremos alguns elementos característicos destas propriedades para hidrômetros domiciliares:

- Início de funcionamento é a vazão horária a partir da qual o hidrômetro começa a mover-se fornecendo de maneira contínua indicação de consumo.

- Limite de sensibilidade é a vazão horária pré-fixada sob a qual o medidor deve estar em funcionamento.

- Limite inferior de exatidão é a vazão horária a partir da qual o medidor deve registrar com erros dentro do "campo de tolerância".

- Vazão característica é a vazão para a qual a perda de pressão é de 10 metros de coluna de

água.

- Vazão normal é a vazão na qual ocorre uma perda de pressão de 2,5 metros de coluna de água.

- Campo teórico de medição é o trecho de vazões compreendido entre o "limite inferior" de exatidão e a "vazão característica" do aparelho.

- Campo prático de medição é o trecho compreendido entre o "limite inferior" de exatidão e a "vazão normal".

A FIGURA 11 apresenta graficamente os elementos definidos.

Para os medidores tipo Woltmann a "vazão característica" corresponde a uma perda de pressão de 1,00 metro de coluna de água.

Nos QUADROS IV, V e VI, apresentamos as características de funcionamento de hidrômetros mo nojato, multijato e Woltmann, respectivamente.

Atualmente são fabricados na Alemanha hidrômetros multijatos de capacidade  $3/5\text{m}^3$ , isto quer dizer, hidrômetro com sensibilidade de  $3\text{m}^3$  e capacidade de  $5\text{m}^3$ , o que é realmente um considerável progresso tecnológico. Também são fabricados hidrômetros com capacidade  $7/10\text{m}^3$ . O projeto destes aparelhos obedece a linhas bem mais avançadas que o dos medidores convencionalmente fabricados no Brasil. Estes aparelhos são de relojoaria submersa, não sendo recomendável sua utilização em sistemas de águas de elevada turbidez. (Vide FIGURA 12)

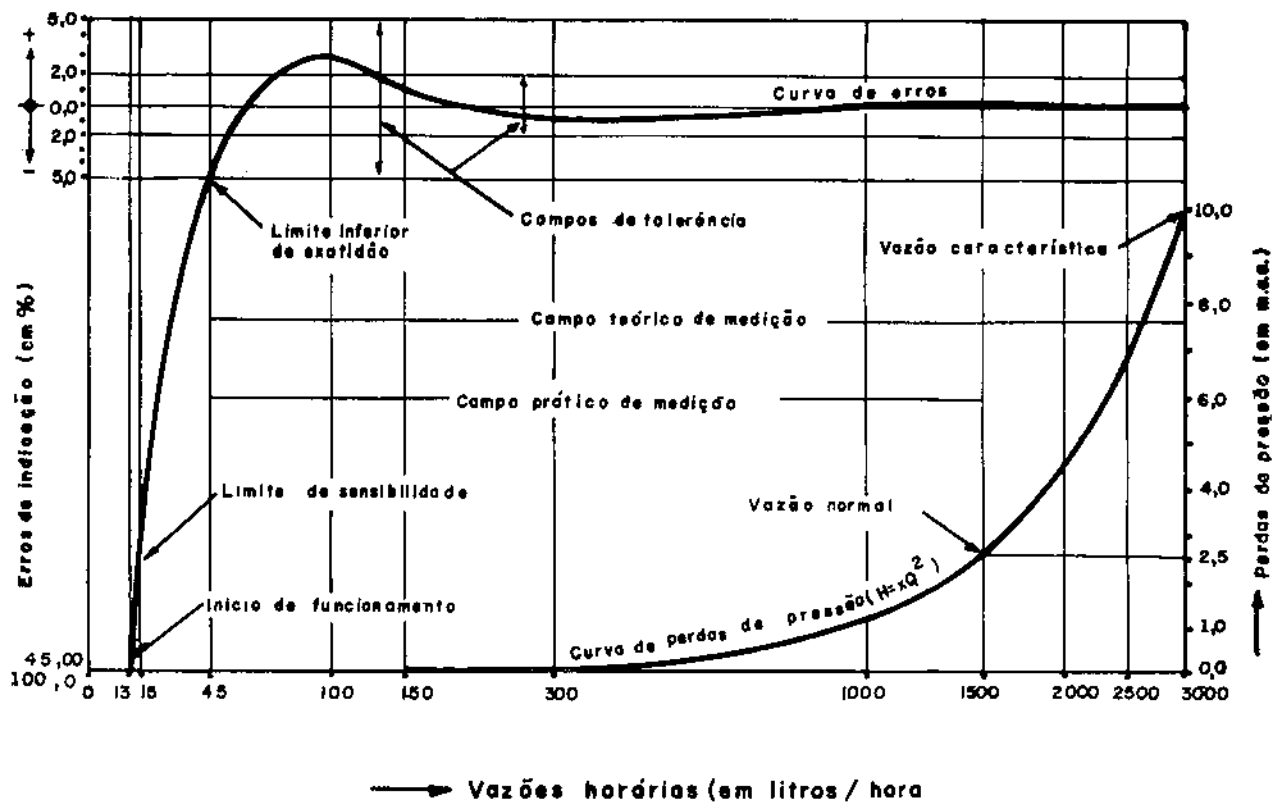


FIGURA 11 - Curvas características de Hidrômetro tipo Velocidade de  $3m^3$  de capacidade.

## QUADRO IV

CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMENTO DE HIDRÔMETROS  
MONO-JATO DE FABRICAÇÃO NACIONAL

Diâmetro	mm	13	19
Nominal	pol	1/2	3/4
Vazão característica	(m <sup>3</sup> /h)	3	3
Limite Inferior de Exatidão	(l/h)	40	40
Vazão Separadora	(l/h)	150	150
Volume Max. Diário	(m <sup>3</sup> )	6	6
Volume Max. Mensal	(m <sup>3</sup> )	90	90
Vazão Max. Momentânea	(l/s)	0,8	0,8
Início de Funcionamento	(l/h)	18	18
Erros de medição admitidos pela PEB-MA da ABNT		acima da vazão reparadora $\pm 2\%$	
		abaixo da vazão reparadora $\pm 5\%$	
Indicação do mostrador	mínima (m <sup>3</sup> )		0,001
	máxima (m <sup>3</sup> )		9.999

QUADRO V

CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMENTO DE  
HIDRÔMETROS JATOS MÚLTIPLOS DE FABRICAÇÃO NACIONAL

Diâmetro	mm	13	19	19	25	25	40	50
Nominal	pol	1/2	3/4	3/4	1	1	1.1/2	2
Vazão característica	m <sup>3</sup> /h	3	3	5	7	10	20	30
Limite Inferior de Exatidão	(l/h)	40	40	60	80	105	170	220
Vazão Separadora	(l/h)	150	150	250	350	500	1.000	1.500
Volume Max. Diário	(m <sup>3</sup> )	6	6	10	14	20	40	60
Volume Max. Mensal	(m <sup>3</sup> )	90	90	150	210	300	600	900
Vazão Max. Momentânea	(l/s)	0,8	0,8	1,4	1,9	2,8	5,5	8,5
Início de Funcionamento	(l/h)	18	18	22	30	45	70	80
Erro de Medição admitido pela ABNT		Acima da Vazão Separadora ± 2%						
PEB-147 da ABNT		Abaixo da Vazão Separadora ± 5%						
Indicação do Mostrador	Mínima (m <sup>3</sup> )	0,001					0,01	
	Máxima (m <sup>3</sup> )	9.999					99.999	

QUADRO VI

CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMENTO DE  
HIDRÔMETROS WOLTMANN VERTICAIS DE FABRICAÇÃO NACIONAL

Diâmetro	Milímetro	50	80	100	150
Nominal	Polegada	2	3	4	6
Vazão com perda 1 m.c.a	m <sup>3</sup> /h	18	40	60	125
Límite Inferior de Exatidão	m <sup>3</sup> /h	0,35	0,65	0,85	1,50
Vazão Separadora	m <sup>3</sup> /h	3	6	9	15
Vazão Contínua	m <sup>3</sup> /h	15	55	90	200
Vazão Max. Momentânea	m <sup>3</sup> /h	30	110	180	350
Vazão c/trabalho de 10 horas	m <sup>3</sup> /dia	150	550	900	2.000
Vazão c/trabalho de 24 horas	m <sup>3</sup> /dia	300	1.100	1.800	4.000
Início de Funcionamento	l/h	17	200	300	800
Erro de Indicação	Acima da vazão Separadora ± 2%				
	Abaixo da vazão Separadora ± 5%				
Indicação do Mostrador	Mínima m <sup>3</sup>	0,01		0,1	
	Máxima m <sup>3</sup>	1.000.000	10.000,000		

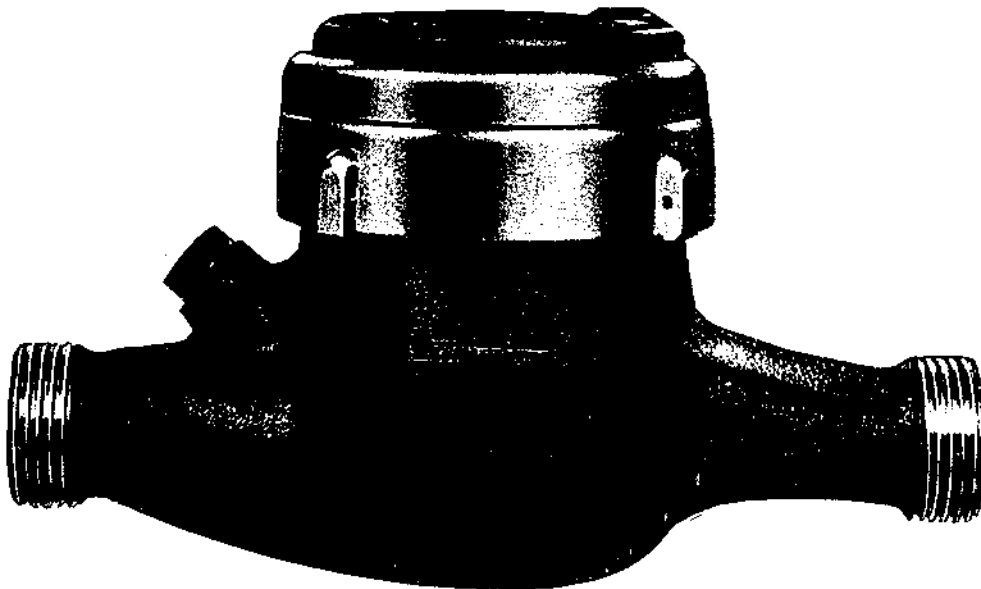


FIGURA 12 - Hidrômetro Multijato, relojoaria submersa  
3/5m<sup>3</sup> de capacidade, de fabricação da  
BOPP & REUTHER.



No QUADRO a seguir, apresentamos as características de funcionamento destes aparelhos.

TAMANHO NOMINAL	DIÂMETRO POLEGADA	MÍNIMA CAP. SOB PERDA PRESSÃO 10 m.c.a -m <sup>3</sup> /h	LIMITE IN FERIOR DE EXATIDÃO + - 5	VAZÃO SEPA RADORA + - 2
3/5	3/4	5	20	150
7/10	1	10	40	350

### III.5 CURVAS CARACTERÍSTICAS

As principais "curvas características" de um hidrômetro são: "curva de erros" e "perda de pressão".

#### III.5.1 CURVA DE ERROS

Suponhamos um hidrômetro tipo velocidade ligado a uma tubulação através da qual se inicia a passar um escoamento com vazão bem pequena e cujo fi

lete de líquido não tem velocidade para movimentar a máquina. A seguir, aumentamos gradativamente a vazão e a partir de determinado momento são vencidas as forças de atrito e inércia, e a máquina começa a funcionar, no entanto sem fornecer indicações contínuas de consumos. Entretanto, se continuarmos a incrementar a vazão, verificaremos que a máquina aumentará rapidamente a velocidade até que seja atingido determinado valor, quando então os freios começarão a atuar levando a um funcionamento praticamente uniforme.

A atuação dos freios ocorre no momento em que a água passa do regime laminar para o turbulento onde as partículas têm trajetórias desordenadas.

Experiências realizadas na Alemanha com hidrômetro de material transparente mostraram que nas baixas vazões devido ao fenômeno da capilaridade, películas são formadas nos furos da câmara de medida, diminuindo sua seção e aumentando por conseguinte a velocidade de incidência dos jatos na turbina. A partir de determinado valor da vazão, a força de capilaridade é vencida, sendo então anulado o seu efeito.

Como foi visto, a precisão de um hidrômetro é uma função da vazão.

A curva de erros depende do projeto, do tamanho do hidrômetro e de suas vazões de serviço.

Levantamos esta curva para hidrômetros nacionais, tipo multijato e monojato dos fabricantes:

LAO, TECNOBRÁS, NANSEN e SCHLUMBERGER. Os ensaios foram realizados na OFICINA/LABORATÓRIO DE HIDRÔMETROS DA CABANGA - COMPESA, em Recife, com utilização de bancada individual equipada com manômetro de coluna de mercúrio. (Vide GRÁFICOS I, II, III e IV)

### III.5.2 A CURVA DE PERDA DE PRESSÃO

A água ao atravessar o hidrômetro e colocá-lo em movimento, desprende certa energia para vencer o atrito e inércia. Se conectarmos um manômetro na entrada, e outro na saída do hidrômetro, verificaremos que, a partir de determinada vazão, a pressão de entrada fica superior a de saída. Este fato caracteriza bem a perda de carga ou perda de pressão ocorrida em consequência da energia desprendida pela água para acionar o mecanismo e para vencer a resistência ao escoamento, devido às variações de seções e mudanças de direção dos filetes líquidos e ao atrito destes contra as paredes internas do hidrômetro.

Podemos classificar estas perdas de pressão em úteis e passivas.

As perdas de pressão úteis ocorrem no acionamento das partes móveis do aparelho.

As perdas de pressão passivas são provenientes dos estrangulamentos e demais característi

cas de fabricação de cada sistema, tipo e modelo do hidrômetro.

Para que os hidrômetros não funcionem como limitador de consumo, os seus fabricantes devem construir aparelhos que apresentem uma perda de energia mínima.

A perda de pressão em um hidrômetro depende de: projeto, tamanho do medidor e vazões de serviço.

Para um mesmo hidrômetro a perda de pressão varia com a vazão.

A perda de pressão num conduto pode ser calculada pela fórmula de DARCY-WEISSBACH.

$$h = \frac{64 \ b l}{\pi^2 D^5} Q^2, \text{ onde}$$

$h$  = perda de pressão em metros de coluna de água;

$b$  = coeficiente que depende da rugosidade das paredes do conduto e da natureza do líquido;

$l$  = comprimento do conduto em metros;

$D$  = diâmetro do conduto em metros;

$Q$  = vazão em metros cúbicos por hora.

Para o hidrômetro, fazendo-se,

$$K = \frac{64 \ b l}{\pi^2 D^5}, \text{ a perda de pressão será representada por}$$

$h = KQ^2$ , que é a expressão que dá a curva de perda de pressão dos medidores com secção constante. Esta curva tem a forma aproximada de uma parábola.

A relação entre as perdas de pressão  $h_1$  e  $h_2$  que ocorrem em um mesmo hidrômetro secção constante, para as vazões  $Q_1$  e  $Q_2$  correspondentes, é dada pela fórmula de CHEZY:

$$\frac{h_1}{h_2} = \left(\frac{Q_1}{Q_2}\right)^2 \therefore h_1 = h_2 \left(\frac{Q_1}{Q_2}\right)^2$$

Com esta fórmula, conhecendo-se a vazão característica, é possível encontrar a perda de pressão.

Com a utilização de um manômetro diferencial de coluna de mercúrio, escala 0 a 10 m.c.a., foram obtidas na OFICINA/LABORATÓRIO DE HIDRÔMETROS na Cabanga, em Recife, as curvas de perda de pressão para hidrômetros multijato e monojato dos fabricantes LAO, TECNOBRÁS, SCHLUMBERGER e NANSEN. (Vide GRÁFICOS I, II, III e IV)

### III.6

#### DISPOSITIVOS DE REGULAGEM

Os hidrômetros tipo velocidade são providos de dispositivos de regulagem que permitem a translação de sua Curva de Erros.

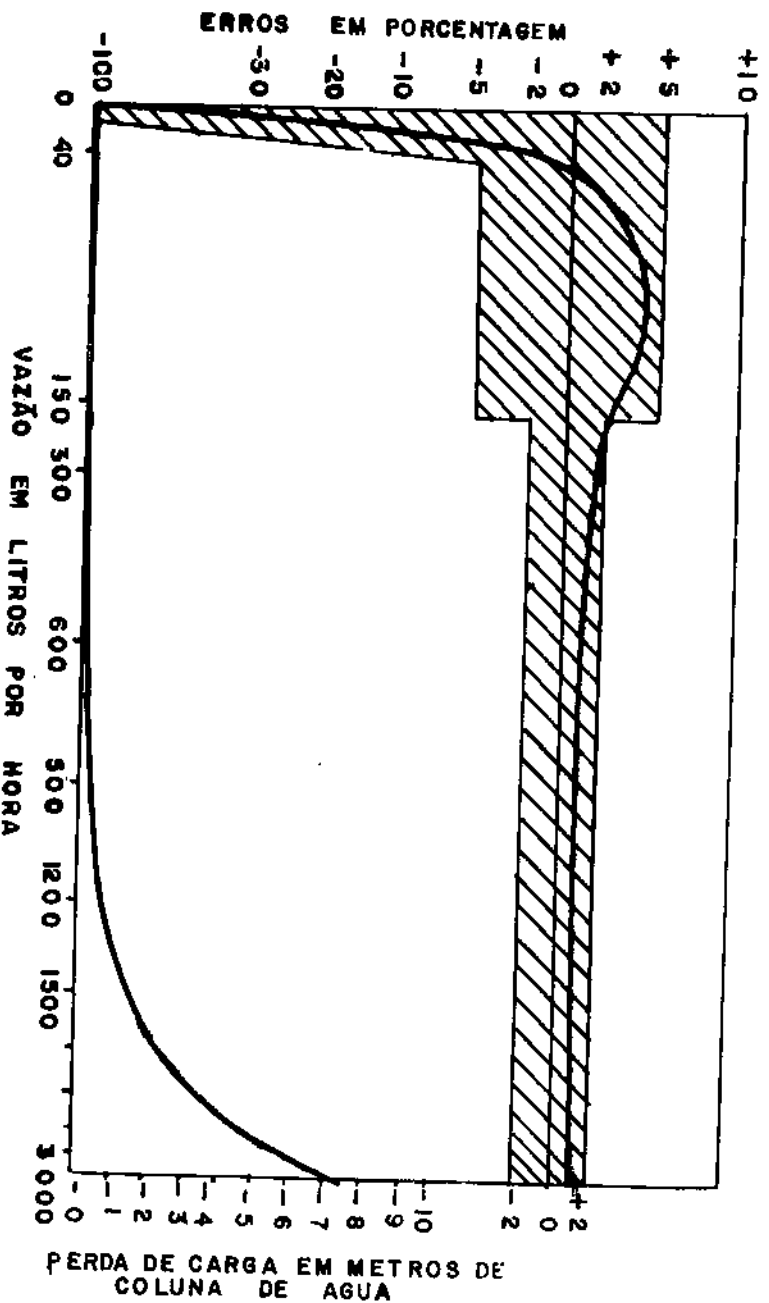
As posições extremas do dispositivo de regulagem definem os limites inferiores e superiores desta translação e o Campo de Regulagem do aparelho.

É muito importante que os operadores'

GRÁFICO I

CURVAS CARACTERÍSTICAS

MIDROM Nº L.554.954 CAP 3m<sup>3</sup> x 3/4" MARCA SCHLUMBERGER  
 TIPO Multijato, mostrador ciplométrico, transmissão mecânica



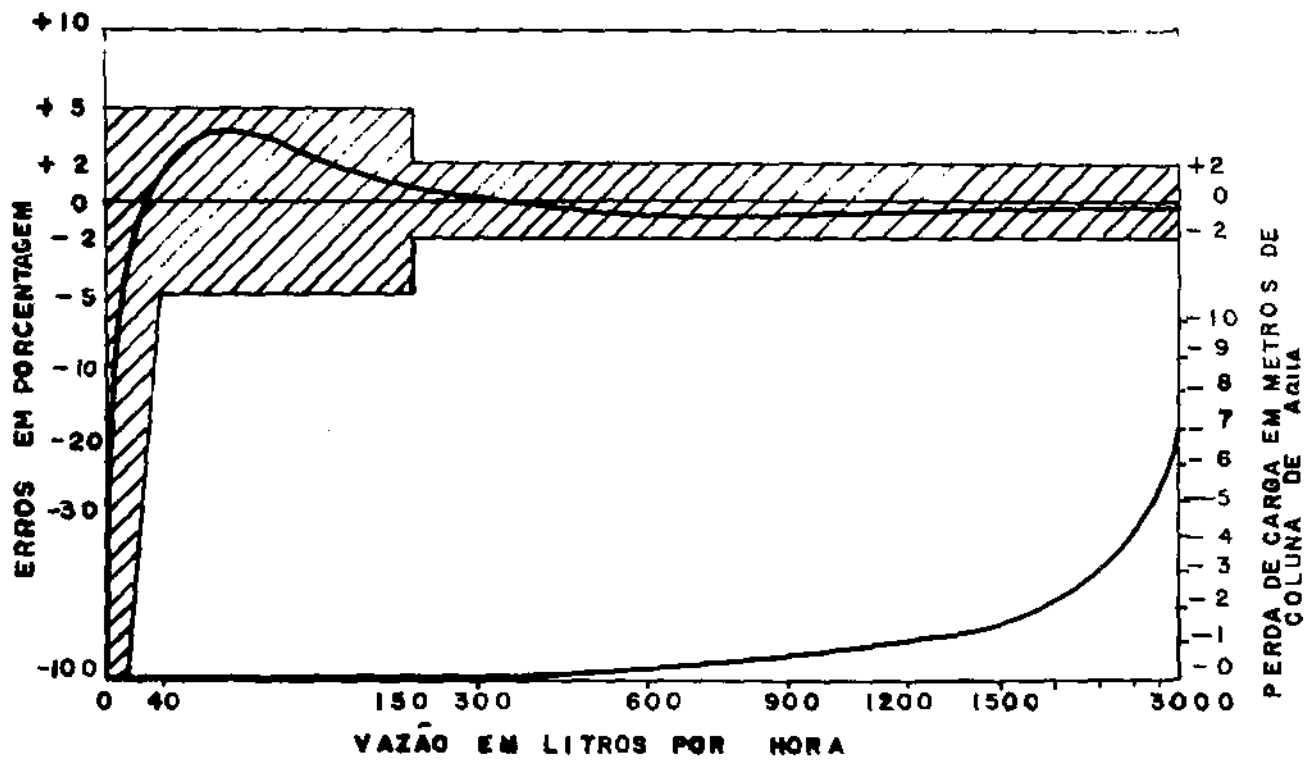
OBS. - Vazão característica: 3.460 l/h. A curva de Perda de Pressão foi obtida com Manômetro Diferencial de Coluna de Mercurio.

043

GRÁFICO II

CURVAS CARACTERÍSTICAS

HIDROM Nº 814455 CAP. 3 m<sup>3</sup> x 3/4" MARCA NANSEN  
TIPO Multijato, mostrador ciclo métrico, transmissão mecânica

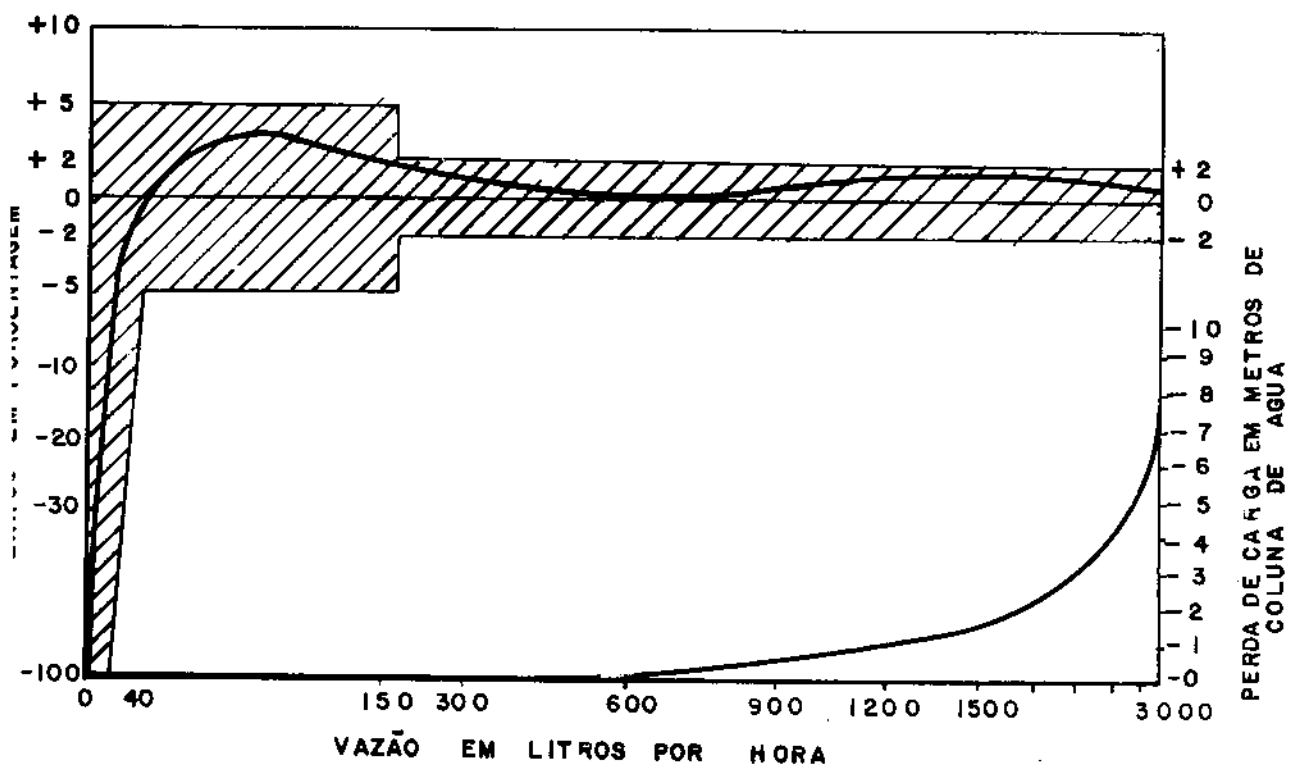


OBS. Vazão característica: 3.220 l/h. A Curva de Perda de Pressão foi obtida com Manômetro Diferencial de Coluna de Mercurio

## GRÁFICO III

## CURVAS CARACTERÍSTICAS

HIDROM Nº 4071234 CAP 3" x 3/4 MARCA L.A.O.  
 TIPO Multijato, mostrador ciclométrico, transmissão mecânica



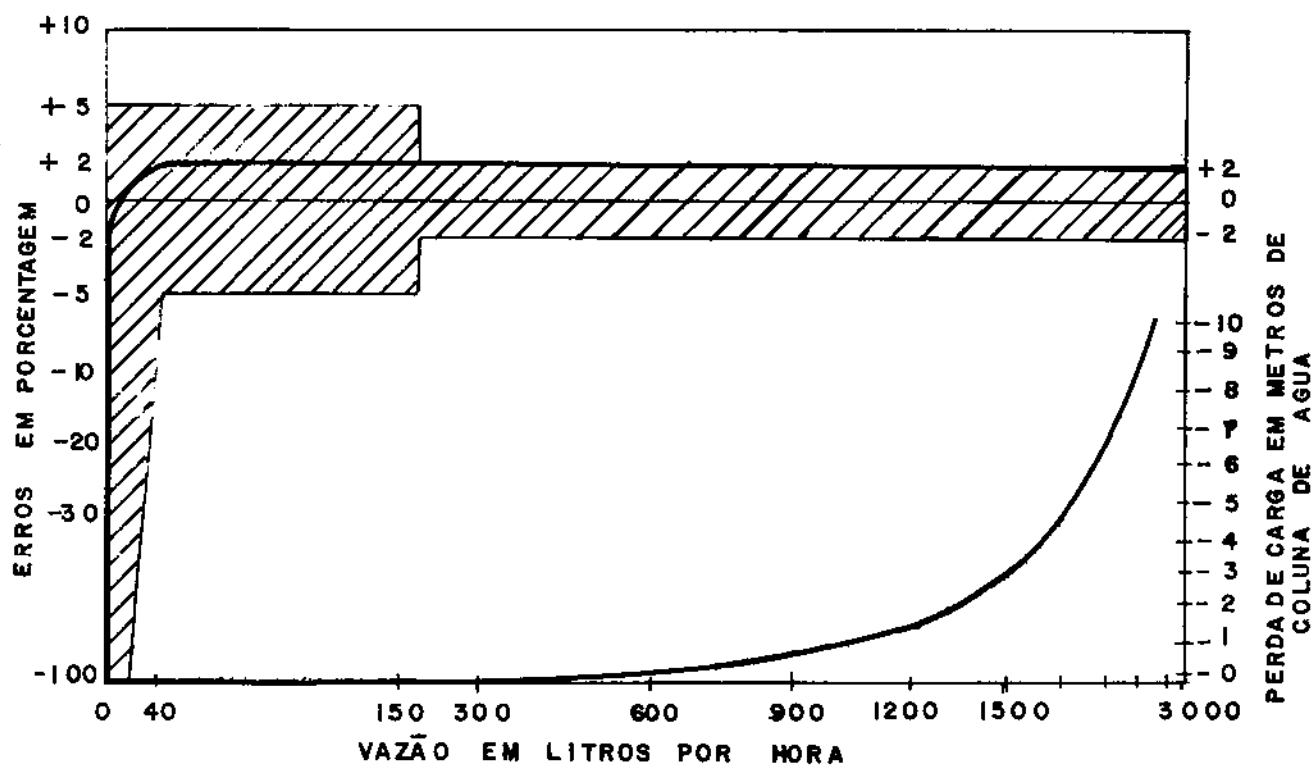
OBS. Vazão característica: 3540 l/h "Curva de Perda de Pressão" foi obtida com Manômetro Diferencial de Coluna de mercúrio



## GRÁFICO IV

## CURVAS CARACTERÍSTICAS

HIDROM Nº 550.324 CAP 3m<sup>3</sup> x 3/4" MARCA TECNOBRÁS  
 TIPO Monojato, mostrador ciclométrico, transmissão magnética



OBS. Vazão característica 2610 l/h. OS hidrômetros foram ensaiados com fiuto. A Curva de Perda de Pressão Foi obtida com Manômetro Diferencial de Coluna de Mercúrio

de máquinas de teste conheçam bem o Campo de Regulação de cada tipo de hidrômetro, já que isto favorece a uma maior eficiência dos trabalhos de reparo, a justagem e aferição.

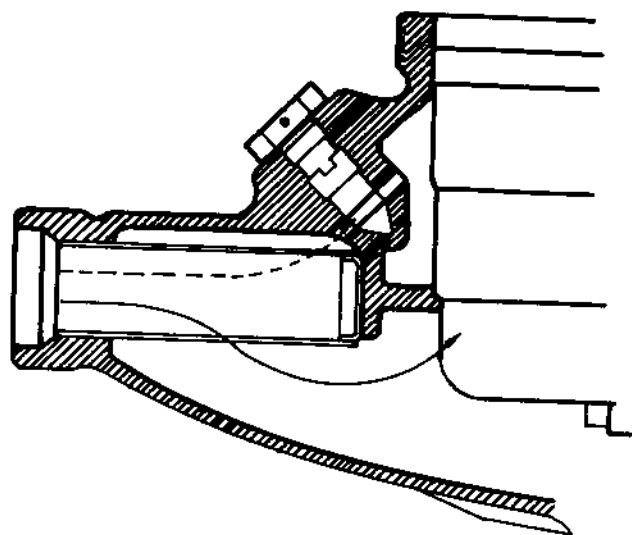
Para a grande maioria dos medidores multijato: a regulagem é feita através do desvio de parte da água admitida através de "by-pass". (Vide FIGURA 13-A)

No caso de hidrômetros Woltmanns, a regulagem fundamenta-se em dispositivo que permite maior ou menor incidência do jato de água nas aletas da turbina, de forma que, quando a incidência for perpendicular à aleta, a curva terá o seu ponto máximo, e quando, paralela, o seu mínimo.

Os GRÁFICOS V, VI, VII e VIII representam o Campo de Regulagem de vários hidrômetros nacionais resultante de pesquisas realizadas na OFICINA/LABORATÓRIO DE HIDRÔMETROS DE CABANGA, em Recife, PE.

Para alguns hidrômetros, a regulagem pode ser efetuada com base nas modificações das posições relativas entre a parte inferior da turbina e os freios do fundo da câmara de medida. Para a grande maioria dos medidores, estas distâncias são fixas, devido ao "pivot" e ao eixo da turbina serem padronizadas. (Vide FIGURAS 13-B e 13-C)

Antigamente, certos hidrômetros eram regulados pela inclinação dos freios da parte superior da câmara de medida.



**E = Posição final , M = Posição média , VB = Campo de regulação**

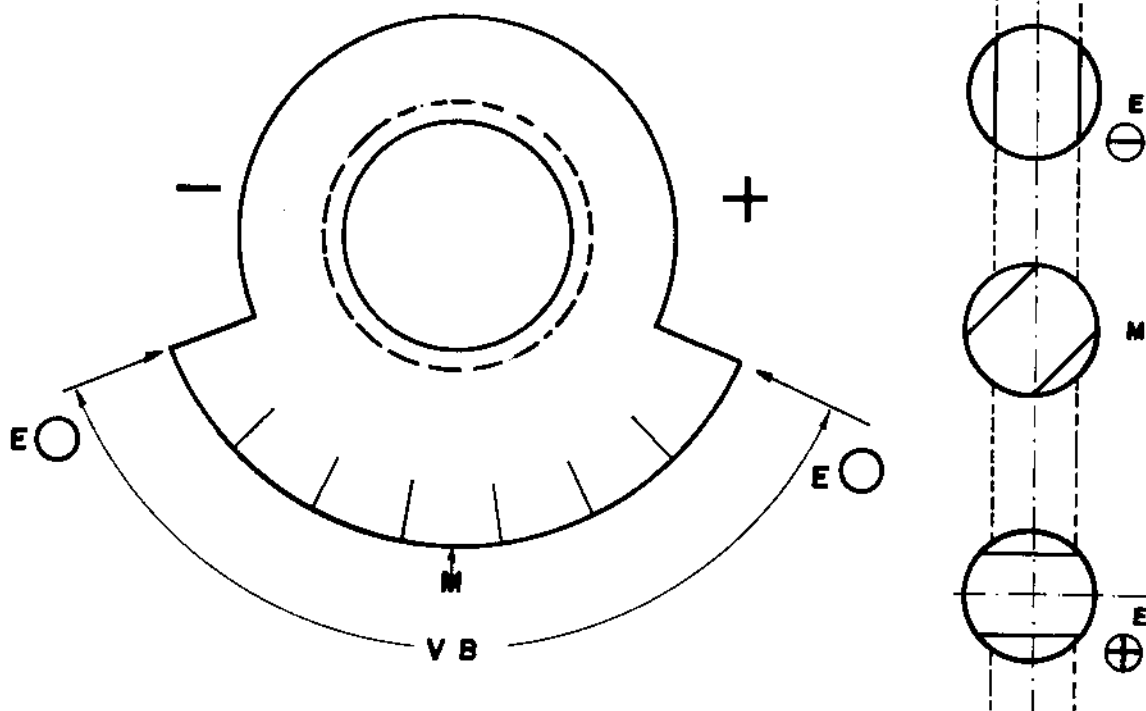
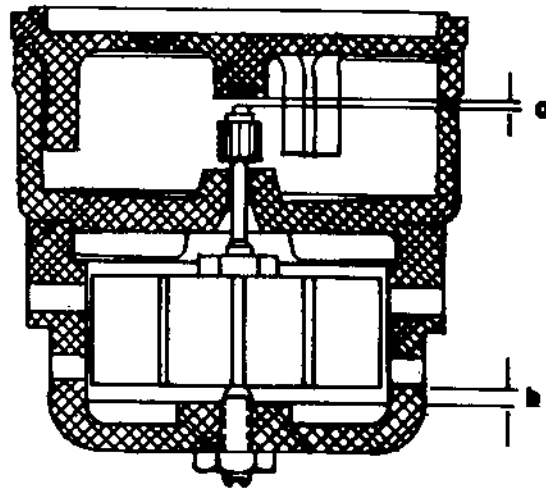


FIGURA 13-A - Dispositivo de Regulagem tipo "by-pass" para hidrômetro de velocidade, multija' to.



a - Folga da altura do pinhão da turbina

b - Regulagem da altura da turbina

FIGURA 13-B - Regulagem baseada na posição relativa da turbina e pinhão.

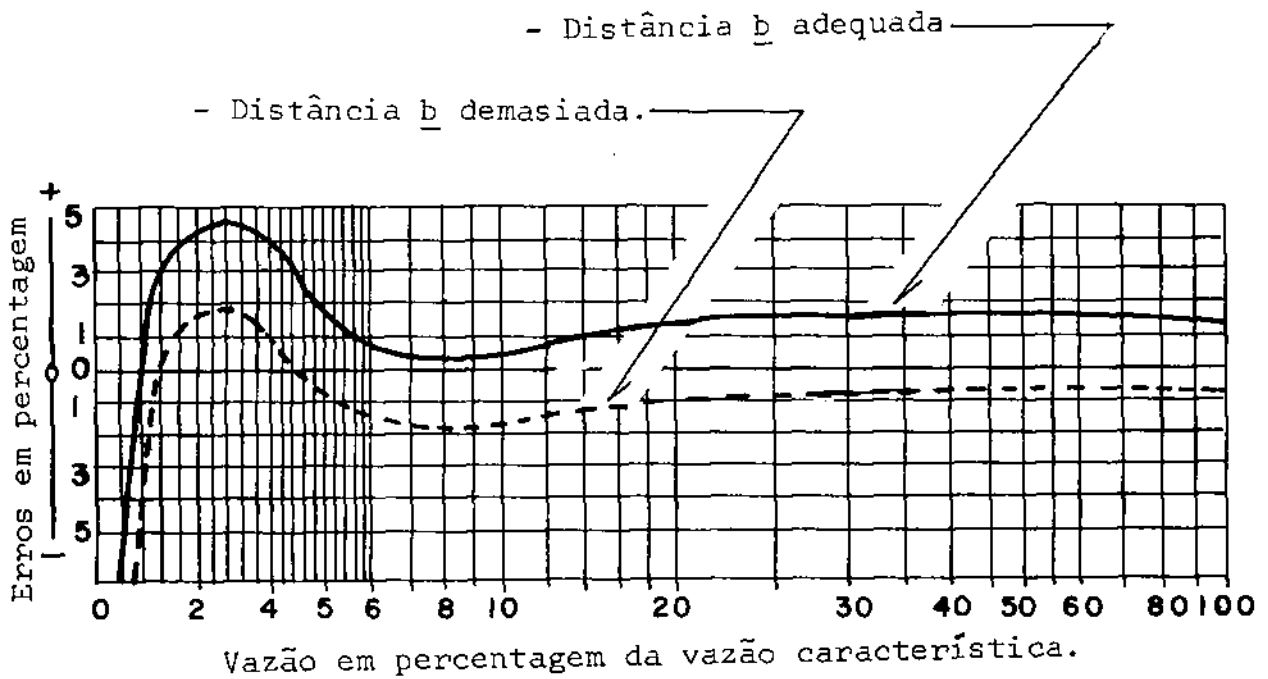
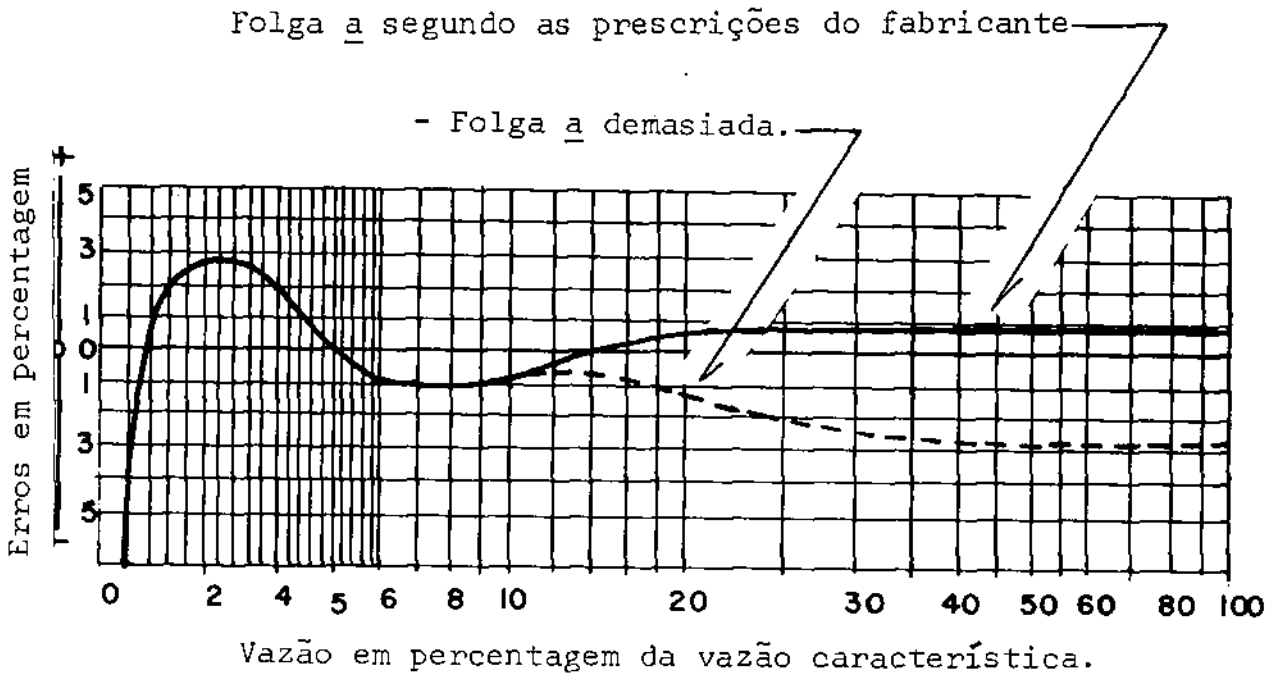


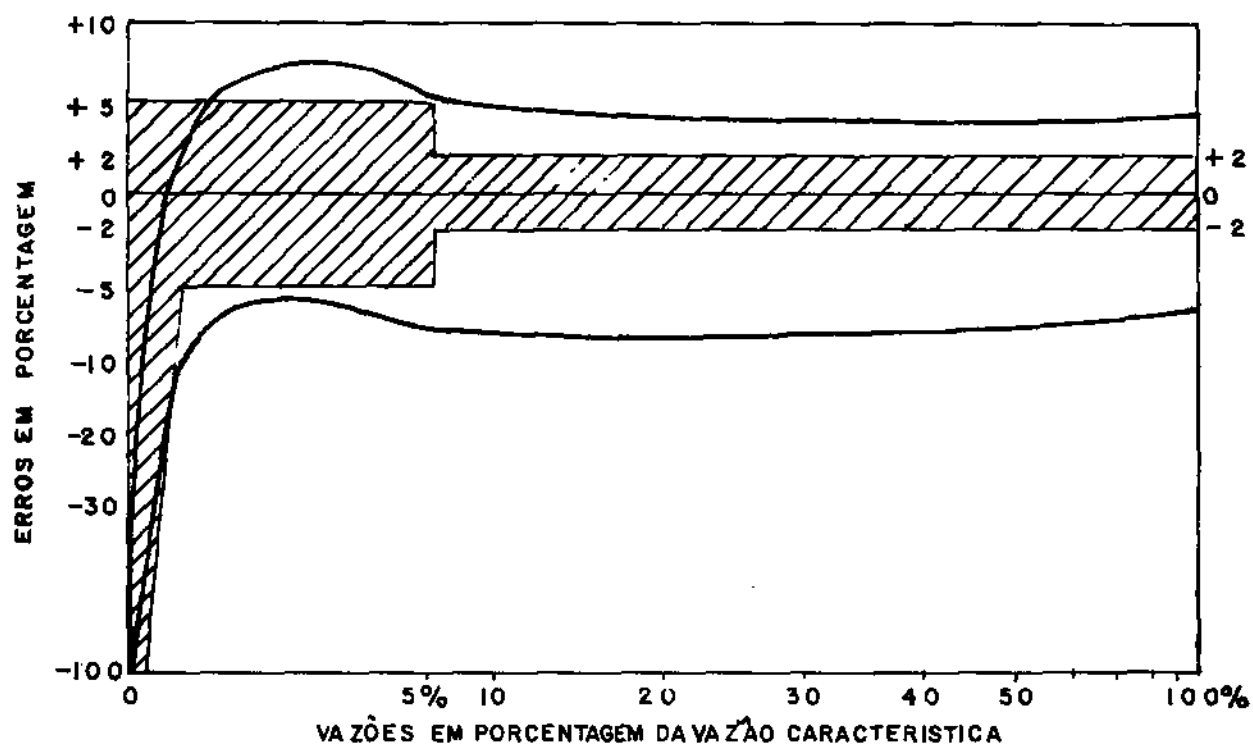
FIGURA 13-C - Curvas de Erros para posições relativas da turbina e pinhão.

## GRÁFICO V

## CAMPO DE REGULAGEM

HIDROM Nº 1.554.954 CAP. 3m<sup>3</sup> x 3/4" MARCA SCHLUMBERGER

TIPO: Multijato, mostrador ciclométrico, transmissão mecânica



OBS. Ensaio efetuado com bancada individual, máquina Standard W-4,  
equipado com manômetro de mercúrio fabricação

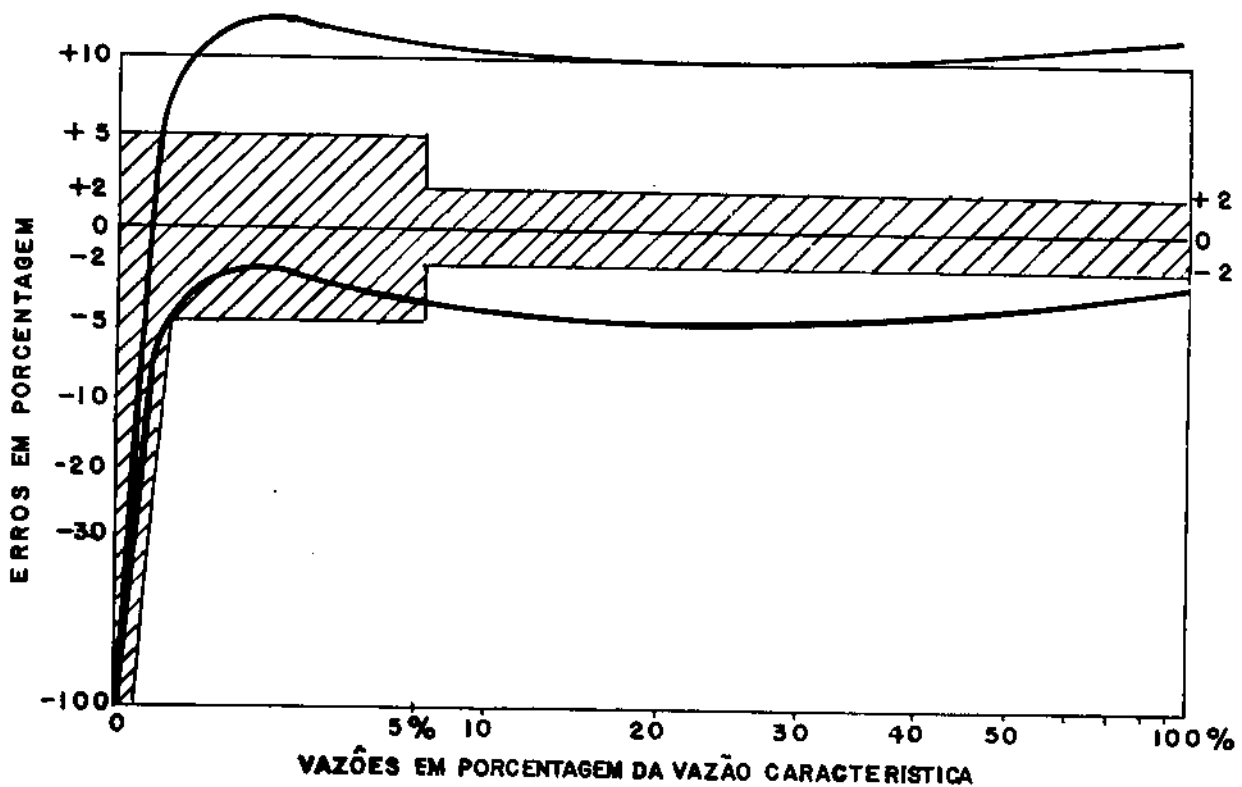
LICEU DE ARTES E OFÍCIOS DE SÃO PAULO

## GRÁFICO VI

## CAMPO DE REGULAGEM

HIDROM N<sup>o</sup> 814.455 CAP.  $3\text{m}^3 \times 3/4''$  MARCA NANSEN

TIPO: Multijeto, mostrador ciclométrico, transmissão mecânica



OBS Ensaio efetuado Com Bancada individual, máquina Standard

W-4. equipada com manômetro de mercúrio - fabricação

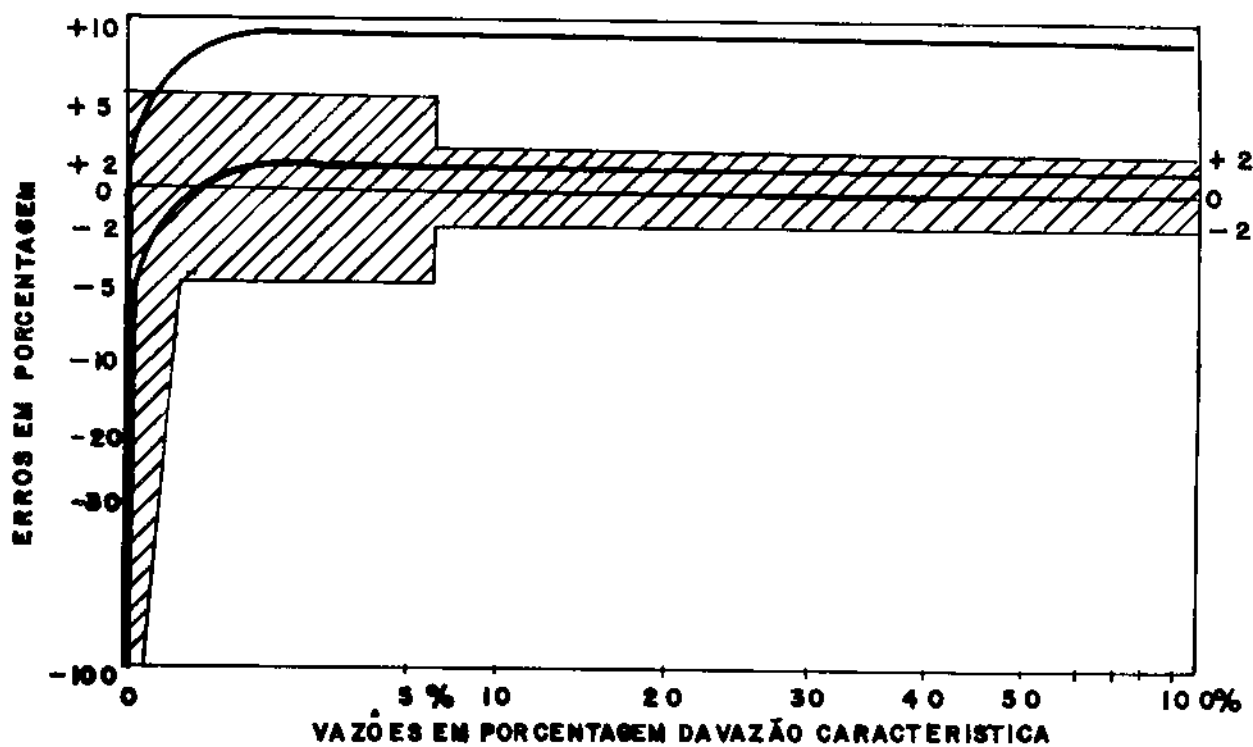
LICEU DE ARTES E OFÍCIOS DE SÃO PAULO

## G R Á F I C O VII

## CAMPO DE REGULAGEM

HIDROM N<sup>o</sup> 550 455      CAP 3 m<sup>3</sup> x 3/4"      MARCA TECNOBRÁS

TIPO: Mono-jato, registrador ciclométrico, transmissão magnética



**OBS** Ensaio efetuado com bancada individual, máquina Standard W-4, equipada com manômetro de mercúrio fabricação LICEU DE ARTES E OFÍCIOS DE SÃO PAULO

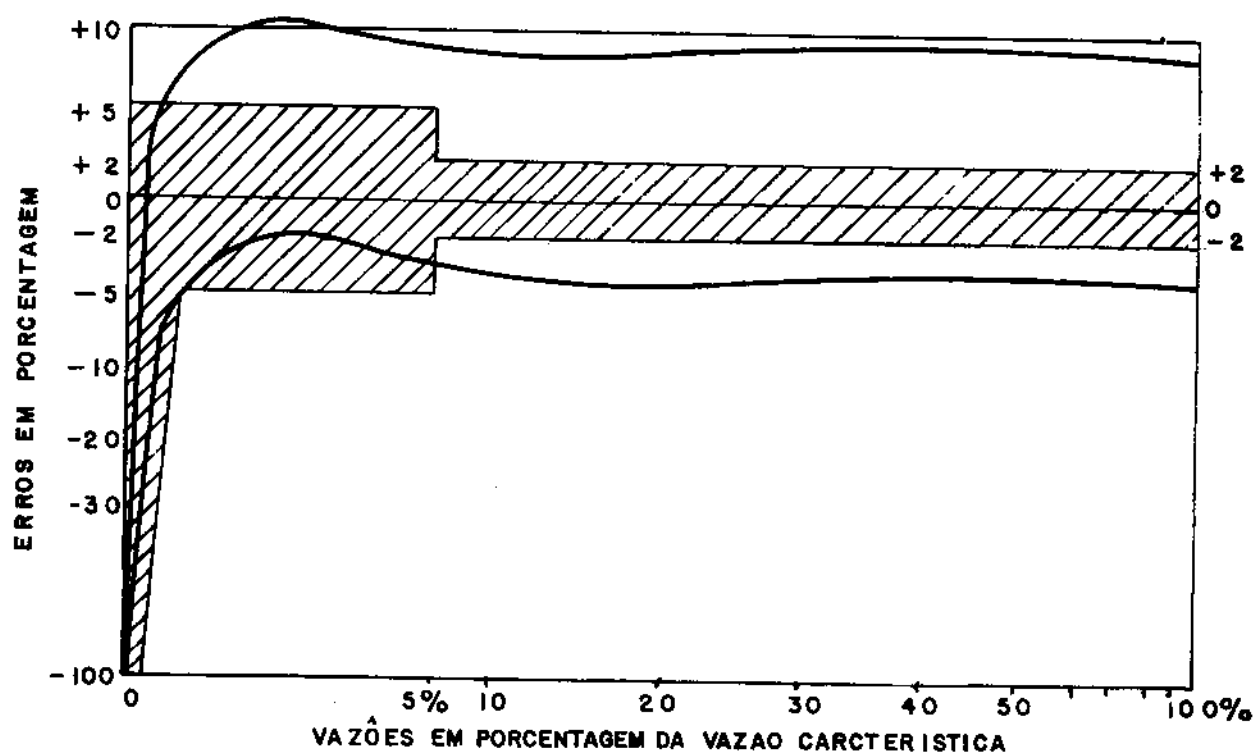


## GRÁFICO VIII

## CAMPO DE REGULAGEM

HIDROM Nº 4671234 CAP 3m<sup>3</sup> x 3/4" MARCA LAO

TIPO: Multijato, mstrador ciclométrico, transmissão mecânica



OBS. Ensaio efetuado com bancada individual máquina Standard W-4, equipada com manômetro de mercúrio - fabricação LICEU DE ARTES E OFÍCIOS DE SÃO PAULO

## C A P Í T U L O    I V

## A OFICINA/LABORATÓRIO DE HIDRÔMETROS

IV.1            FINALIDADE

Uma Oficina de Hidrômetros devidamente aparelhada é elemento básico a uma estrutura de manutenção corretiva e preventiva de hidrômetros. Além de reparar e aferir hidrômetros, ela deve funcionar como laboratório de pesquisas, fornecendo os subsídios necessários à boa política de aquisição e manutenção de medidores. O seu processo de trabalho deve ser tipo industrial, obedecendo a princípios técnicos e de produtividade. Os serviços devem ser acompanhados de estudos de custos, propiciando a decisão correta de reparar ou não determinado tipo de hidrômetro.

A FIGURA 14 apresenta o "LAY-OUT" de uma grande Oficina de Hidrômetros.

As FIGURAS 15 e 16 apresentam alguns aspectos da Oficina/Laboratório de Hidrômetros de Cambanga, Recife, PE.



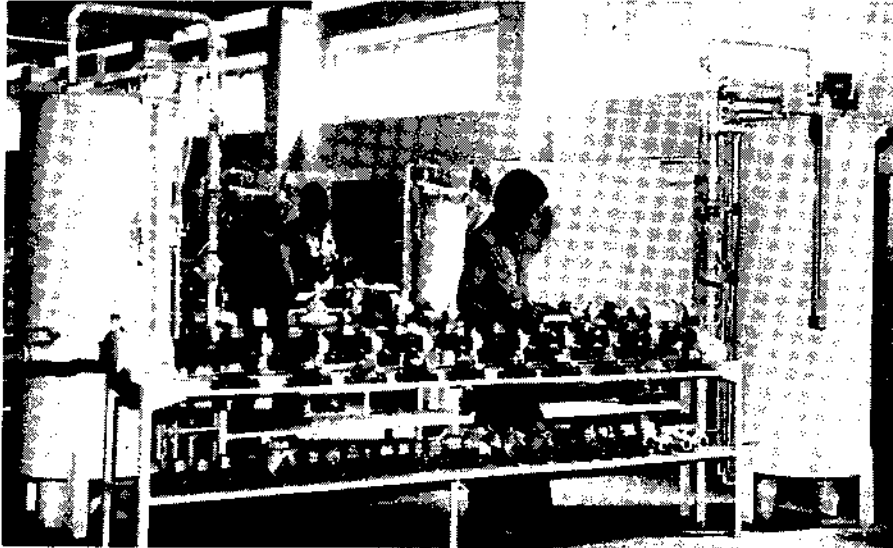


FIGURA 15 - Aspectos das bancadas de reparo e ajustagem da Oficina/Laboratório de Hidrômetros de Cabanga, Recife, PE.



FIGURA 16 - Aspectos da Seção de Teste e Regulagem da Oficina/Laboratório de Hidrômetros de Cabanga, Recife, PE.

## IV.2

IMPORTÂNCIA DO PROCESSO DE REPARAÇÃO NO PERÍODO ECONÔMICO

O processo de reparação do hidrômetro' tem grande importância, pois dele poderá depender o "Período Econômico do Hidrômetro no Ramal Predial".

Convencionalmente, utilizam-se os seguintes processos de reparação.

a - Reparação com substituição de peças defeituosas;

b - Reparação com substituição de subconjuntos.

No primeiro processo, a reparação é executada com substituição apenas das peças que não ofereçam perfeitas condições de funcionamento, enquanto que no segundo, se faz a substituição de subconjuntos.

Algumas Companhias utilizam o primeiro processo, incorrendo no aumento do campo de tolerância para os erros e devolvendo ao serviço, hidrômetros com erros superiores ao recomendado pela PEB-147 da ABNT. Este método pode causar sérios transtornos a determinação do Período Econômico, porque se terá hidrômetros de mesma marca, mesmo tempo de serviço, mas de precisão substancialmente diferentes.

## IV.3

EQUIPAMENTO

O equipamento essencial a uma Oficina' de Hidrômetros de grande porte é o apresentado a seguir:

- bancadas de reparo;
- bancadas de lavagem;
- prateleiras para hidrômetros;
- prateleiras de peças de reposição;
- banco de teste para hidrômetros domiciliários; (Vide FIGURA 17)
- bancos de teste para hidrômetros industriais; (Vide FIGURA 18)
- carrinhos para transporte interno de hidrômetros;
- manômetro de mercúrio para controle' de vazões de ensaio; (Vide FIGURA 19)
- manômetro diferencial escala 0 a 10' m.c.a.;
- bomba de pressão para ensaio de estanqueidade;
- compressor;
- bancada para teste de campo de hidrômetros industriais;

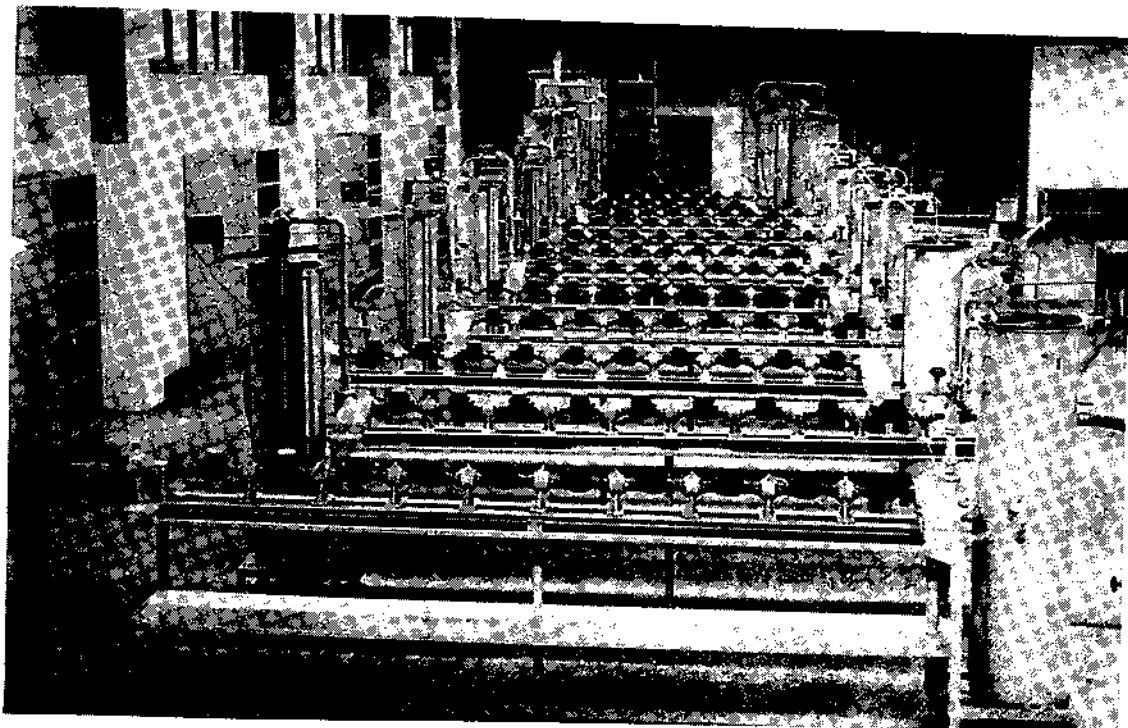


FIGURA 17 - Aspectos das bancadas de ensaio de hidrô metros domiciliârios da Oficina/Laboratô rio de Hidrômetros de Cabanga, Recife-PE

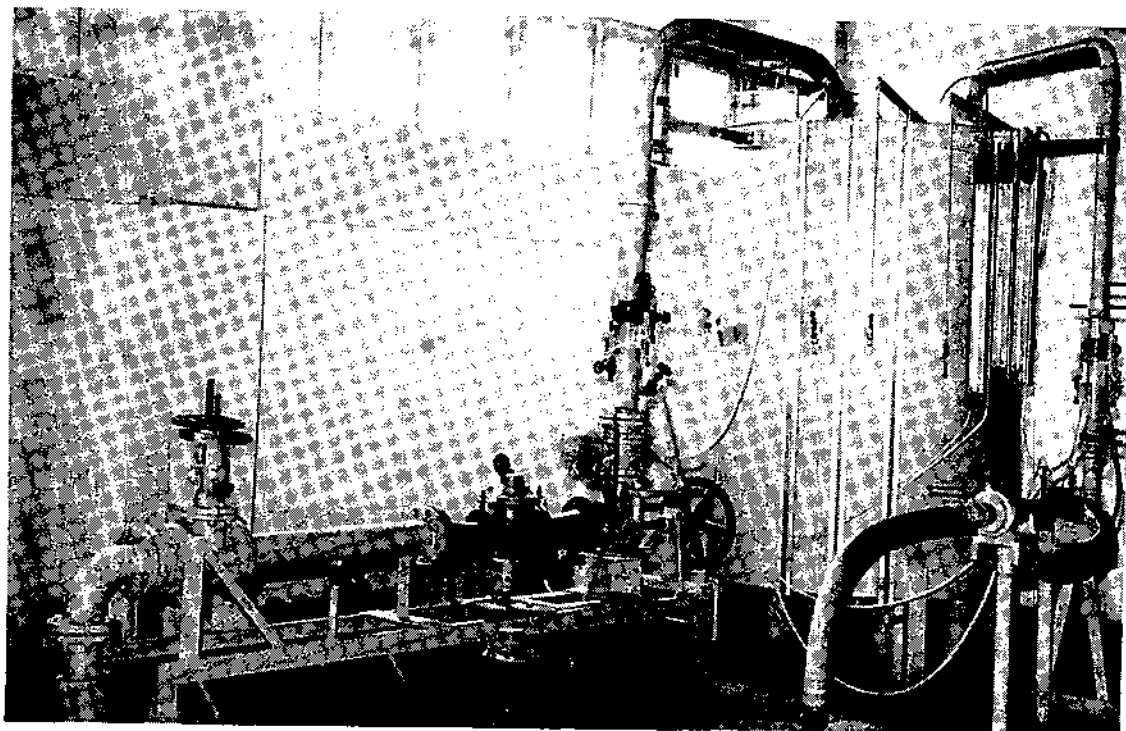


FIGURA 18 - Bancada de Teste de medidores industriais acoplada com dispositivo para ensaio indi vidual, fabricação do Liceu de Artes e O fícios de São Paulo.

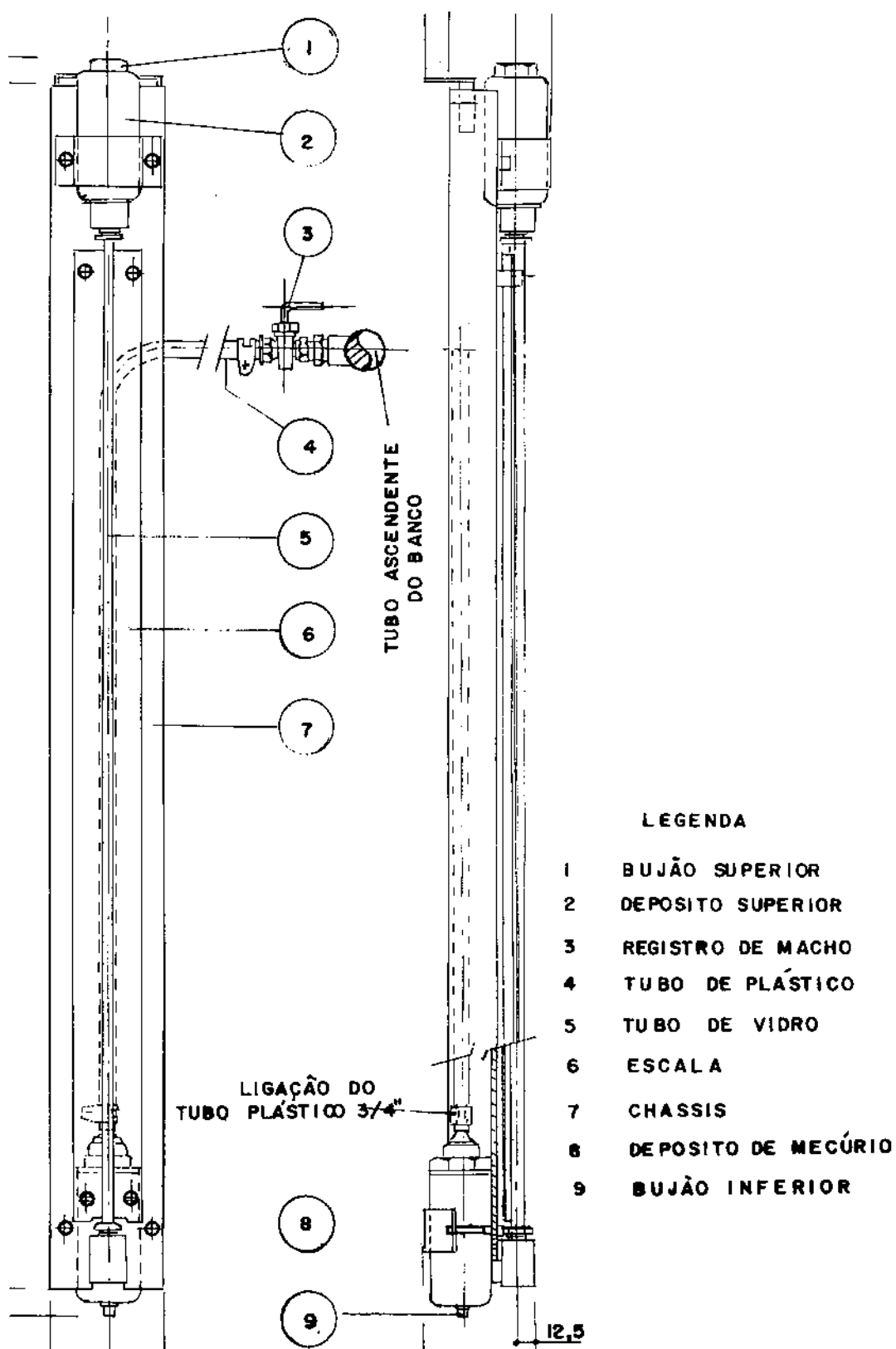


FIGURA 19 - Manômetro de coluna de mercúrio, escala  
de 0 a 1 Kg/cm<sup>2</sup>



## C A P Í T U L O   V

## O PERÍODO ECONÔMICO DO HIDRÔMETRO NO RAMAL PREDIAL

O período econômico de um hidrômetro no ramal predial é aquele a partir do qual as perdas de arrecadação, devido à falta de sensibilidade do aparelho, são maiores que o custo de reparo, teste e substituição do mesmo.

Ao iniciar-se estudo para determinação deste período, deve-se fazer uma análise econômica para determinar a viabilidade do projeto sob o ponto de vista de eficiência econômica. Trata-se de definir se as receitas oriundas do projeto são maiores que os gastos necessários para executá-lo e averiguar se existe outra alternativa que possa cumprir os objetivos do projeto, porém com melhores resultados.

Sempre que os custos para reduzir os erros no registro sejam menores que as perdas a evitar, a empresa deverá reparar seus hidrômetros. Para otimizar sua operação neste campo, a empresa terá que minimizar a soma das perdas por deficiência dos hidrômetros, mais os custos de mantê-los com nível de pre

cisão de registro aceitável. Este aspecto é apresentado em forma simplificada na FIGURA 20. Nesta figura a curva de perdas (P) declina com o aumento da precisão enquanto que a curva de custo de reparo (CR) aumenta com a precisão. É claro que a obtenção das curvas de custos e perdas requer estudos especiais. Estes custos devem incluir os gastos com substituição, reparo, teste e transporte do hidrômetro, levando-se em conta os custos do capital investido.

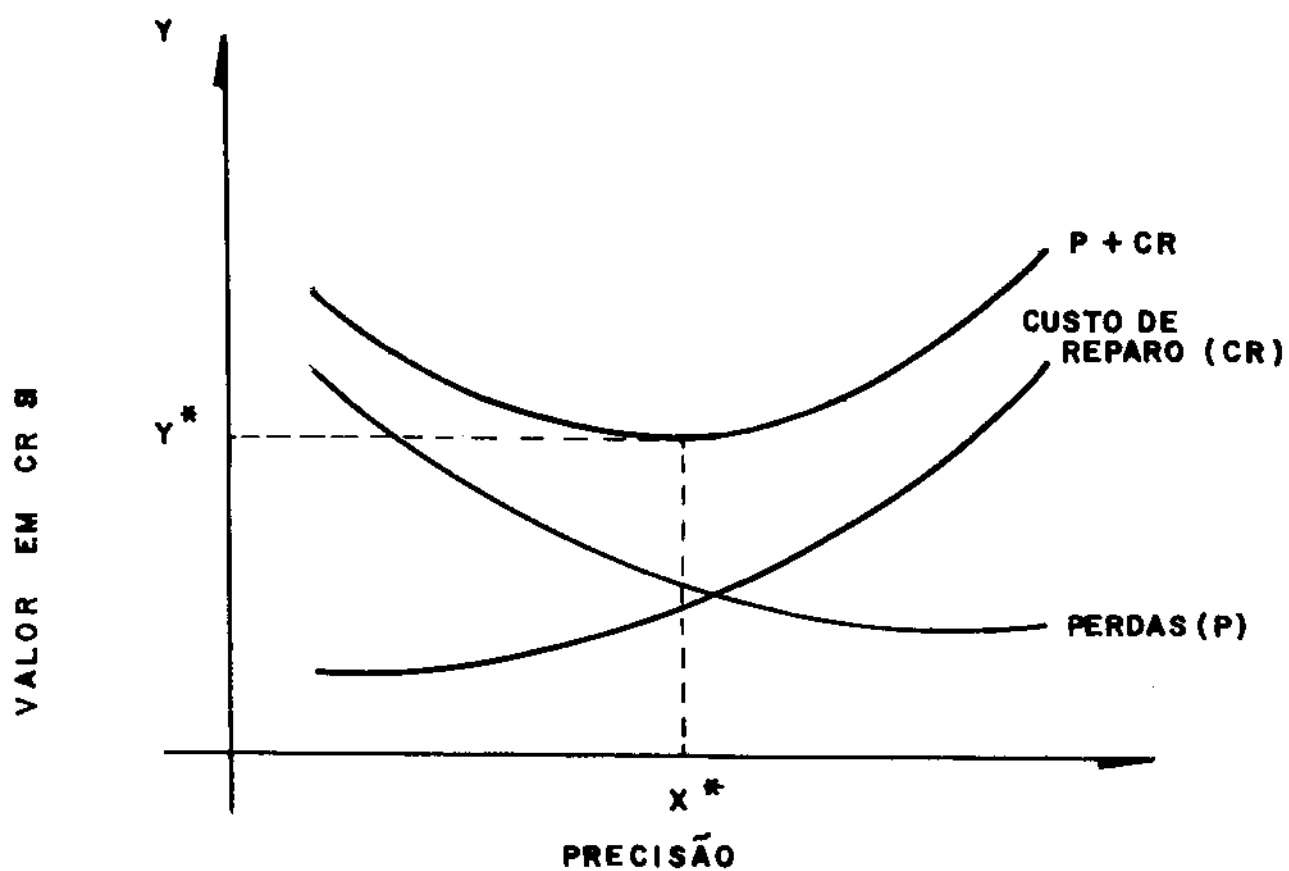
Para determinação das curvas de perda econômica é necessária a existência de uma boa definição do conceito de precisão e deve-se encontrar uma forma de medi-la. Outra forma utilizável e prática seria substituir a precisão por outra característica que lhe esteja relacionada.

A seguir apresentaremos os fatores que intervêm no período econômico.

## V.1 FATORES INTERVENIENTES NO PERÍODO ECONÔMICO

### V.1.1 QUALIDADE DA ÁGUA

O período econômico de serviço de um hidrômetro é diretamente proporcional à qualidade da água que o atravessa.

**CUSTO DE REPARO X PRECISÃO**

\* Valores otimizados da manutenção preventiva

FIGURA 20 - Custo de reparo, teste e substituição versus precisão.

Os hidrômetros que trabalham com água de elevada turbidez têm sua sensibilidade afetada desde logo, pela aderência às suas engrenagens e demais partes da câmara de medida, da matéria em suspensão trazida pelas águas.

Temos constatado em Sistemas de Abastecimentos d'Água de águas turvas um alto índice de paralização de hidrômetros. Após retirada, e desmontagem destes aparelhos, constatamos grande deposição de material em suas partes componentes, o que provocou a sua paralização. Águas ácidas e agressivas podem atacar algumas peças dos hidrômetros, provocando, depois de algum tempo, o seu colapso. Este fato, atualmente, é amenizado pela fabricação de quase todas as peças de hidrômetro em plástico, material não atacável pelo ácido. A qualidade da água tem constituído um fator restritivo à utilização de hidrômetros em alguns sistemas.

#### V.1.2

#### PROJETO DO APARELHO E MATERIAIS DE FABRICAÇÃO

O projeto do medidor tem influência direta no período econômico de serviço. Em alguns medidores, o distribuidor e a câmara do mecanismo reductor formam construções distintas e destacáveis de

modo a evitar que impurezas penetrem com a água nas engrenagens do mecanismo redutor. No entanto, para outros medidores não existe tal isolamento e a água com impurezas penetra facilmente no mecanismo redutor fazendo deposições, reduzindo dessa forma a sensibilidade do hidrômetro.

Um medidor cujo projeto não permita o isolamento citado poderá ter um excelente comportamento ao longo do tempo, se colocado em sistema de água de baixa turbidez; no entanto, se instalado em sistemas de águas turvas, a sua sensibilidade cairá rapidamente.

Os hidrômetros antigos também tinham todas as peças em metal. Com a evolução tecnológica, o plástico passou a ser largamente utilizado em sua fabricação. Hoje, alguns medidores são fabricados com a própria carcassa em plástico.

As principais vantagens da utilização do plástico\* em hidrômetros são: alta resistência; menor peso específico; e baixo custo de aquisição e manutenção.

A utilização do plástico nos hidrômetros reduz o custo de fabricação e de transporte. Es

\* Plastic Water Meter de William V.Lacina e J:B.Coel  
Journal AWWA, USA, maio 1976.

te plástico não deve ter rápido envelhecimento nem absorção de água acentuada e deve ser "suitable synthetic polymer" (apropriado polímero sintético).

As modernas normas não fornecem a composição do material de fabricação e como exemplo citaremos a Sec. 2.6 da AWWA 708-76: "The Register Gear, trains". "Frames, gears, and pinions of intermediate gear trans exposed to Water shall be made of a copper alloy containing not less than 85 per center copper and suitable non corrosive metals, or a suitable synthetic polymer. If not exposed to Water, gears trains may also made of other suitable materials."

O importante é que o material utilizado propicie ao aparelho boas condições de funcionamento por longo tempo. Recomenda-se a realização de ensaio de fadiga. O Journal Officiel des Communantes Europeenes de 20.01.75 apresenta método para ensaio de fadiga.

### V.1.3

#### VAZÕES DE CONSUMO

As vazões de consumo influenciam fundamentalmente a precisão do hidrômetro. Conforme se observou nos GRÁFICOS I, II, III e IV, os erros variam com a vazão, sendo este fato mais acentuado no "campo inferior de medição", onde os erros admitidos são  $\pm 5\%$  e menos, no campo superior onde os valores consi

derados devem ter  $\pm 2\%$ , conforme a PEB-147/69 da ABNT

Para certos hidrômetros, após algum tempo de serviço, esta influência é acentuada. O QUADRO VII mostra o resultado do ensaio de sessenta e seis (66) hidrômetros "no estado", após oito (8) anos de serviço ininterrupto. Observa-se claramente a influência das vazões nos erros ocorridos nos aparelhos.

#### V.1.4

#### TARIFAS

Um sistema tarifário adequado é elemento básico a qualquer sistema de hidrômetros. A tarifa deve ser fundamentada racionalmente nos consumos medidos.

Nos estudos para determinação do período econômico do hidrômetro, a partir do volume de perda em metros cúbicos e do sistema tarifário em vigência, calculam-se as perdas de arrecadação provocadas pela insensibilidade do medidor. Portanto, um sistema tarifário justo favorecerá a política de manutenção preventiva de hidrômetros.

#### V.2

#### PROCESSOS UTILIZADOS PARA DETERMINAÇÃO DAS PERDAS DE VÍDIO À FALTA DE SENSIBILIDADE DO HIDRÔMETRO.

Q U A D R O VII

RESULTADO DO ENSAIO "NO ESTADO" DE HIDRÔMETROS TIPO MULTIJATO,  
 TRANSMISSÃO MECÂNICA, DE 3m<sup>3</sup> x 3/4", APÓS 8 ANOS DE SERVIÇO CON  
TÍNUO

CLASSES DE OCORRÊNCIAS (litros)	VAZÕES DE ENSAIO																	
	40 l/h			100 l/h			150 l/h			300 l/h			600 l/h			1.000 l/h		
	F	%F	%F	F	%F	%F	F	%F	%F	F	%F	%F	F	%F	%F	F	%F	%F
0 - 25,0	27	40,9	40,9	4	6,1	6,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25,5 - 50,0	1	1,5	42,4	3	4,5	10,6	2	3,0	3,0	1	-	1,5	-	-	-	-	-	-
50,5 - 70,0	6	9,1	51,5	-	-	10,6	-	-	3,0	-	-	1,5	-	-	-	-	-	-
70,5 - 90,0	18	27,2	78,7	6	9,1	19,7	1	1,5	4,5	-	-	1,5	-	-	-	-	-	-
90,5 - 95,0	6	9,1	87,8	11	16,7	36,4	2	3,0	7,5	-	-	1,5	-	-	-	-	-	-
95,5 - 100,0	4	6,1	93,9	17	25,7	62,1	21	31,8	39,3	13	19,7	21,2	7	10,6	10,6	5	7,6	7,6
100,5 - 105,0	4	6,1	100,0	19	28,8	90,9	31	47,0	86,3	40	60,6	81,8	43	65,1	75,7	42	63,6	71,2
105,5 - 110,0	-	-	-	6	9,1	100,0	8	12,2	98,5	11	16,7	98,5	13	19,7	95,5	16	24,2	95,5
110,5 - 115	-	-	-	-	-	-	1	1,5	100,0	1	1,5	100,5	3	4,5	100,0	3	4,5	100,0



## V.2.1

UTILIZAÇÃO DO APARELHO REGISTRADOR DE VAZÃO

O estudo das vazões de serviço de um hidrômetro pode ser feito com um Aparelho Registrador ligado ao hidrômetro.

O ensaio do medidor no laboratório diz apenas os erros apresentados numa série de vazões padronizadas.

No entanto, é necessário que se conheça o regime de funcionamento do hidrômetro em serviço para poder calcular as perdas realmente ocorridas.

Os aparelhos registradores podem ser movidos mecânica ou eletronicamente.

O aparelho registrador mecânico é movido por um cabo que o liga à relojoaria. (Vide FIGURA 21)

O aparelho registrador eletrônico é composto de transmissor eletrônico, conversor de frequência de corrente e registrador propriamente dito. (Vide FIGURAS 22,23 e 24)

Alguns registradores comportam gráficos contínuos conforme o apresentado na FIGURA 25.

Diversos aparelhos registradores americanos comportam gráficos circulares. (Vide FIGURA 26)

Em pesquisa realizada na Califórnia

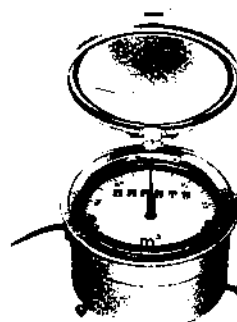


FIGURA 21 - Relojoaria com transmissor mecânico  
ao registrador, fabricado pela BOPP  
REUTHER - Alemanha



FIGURA 22 - Relojoaria com transmissor ao registrador  
eletrônico, fabricado pela BOPP REUTHER -  
Alemanha.



FIGURA 23 - Conversor de freqüência para corrente tipo FIU 1, fabricado pela BOPP REUTHER - Alemanha.

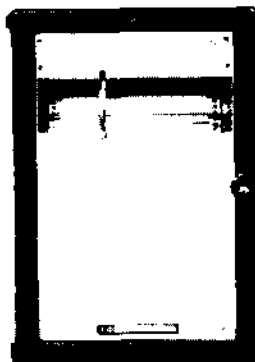


FIGURA 24 - Aparelho registrador eletrônico tipo NST, fabricado pela BOPP REUTHER - A Alemanha.

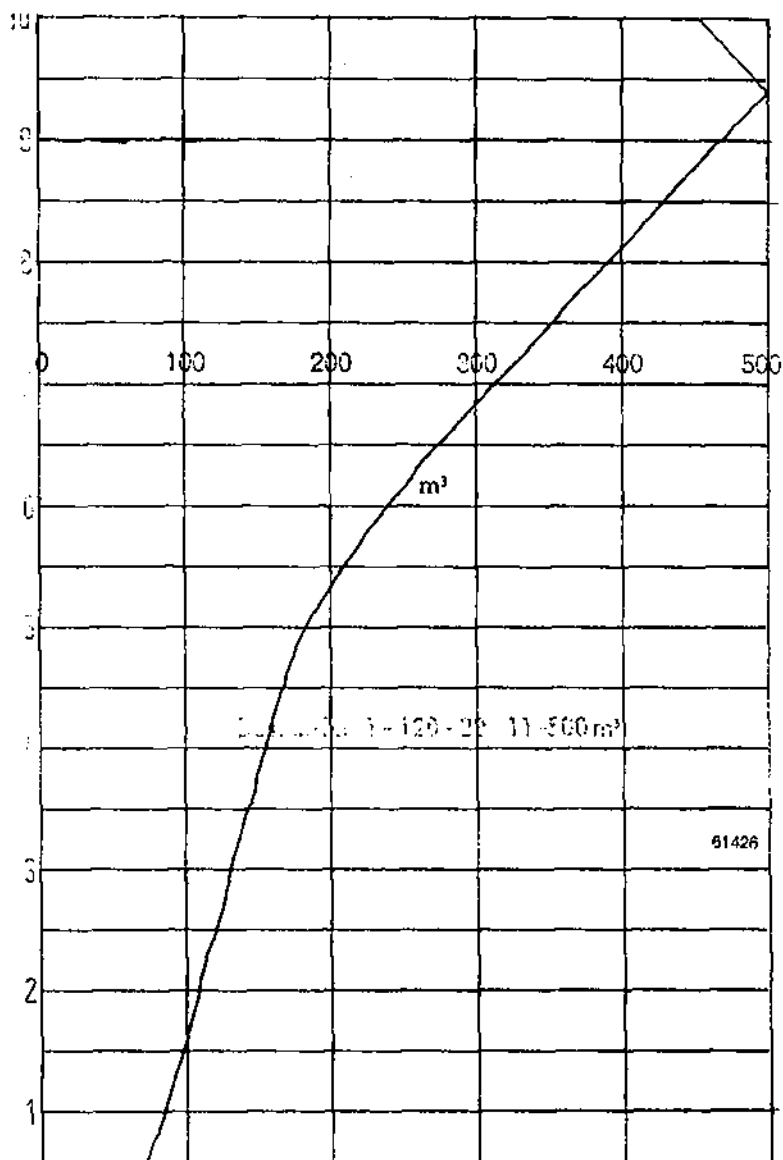


FIGURA 25 - Gráfico Contínuo para aparelho registra-  
dor de vazão (Alemão).

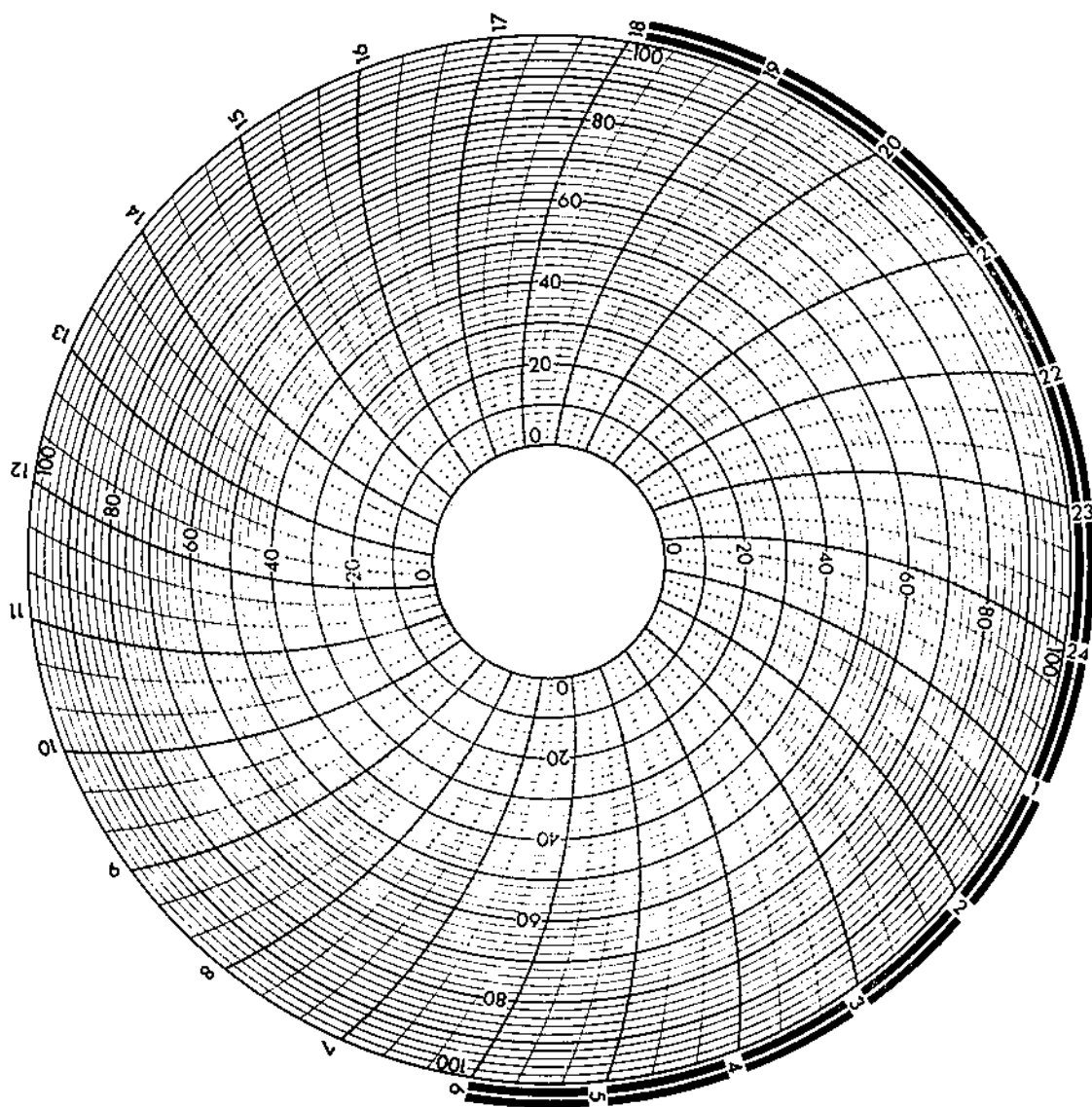


FIGURA 26 - Gráfico Circular para aparelho registra\_dor de vazão (Americano).

(2) foram acompanhados hum mil novecentos e oitenta e dois (1.982) hidrômetros domiciliares com aparelho registrador de vazão durante quatorze (14) dias cada, sendo que as vazões de serviço apresentaram o comportamento representado no QUADRO a seguir:

VAZÃO DE SERVIÇO EM TORNO DE:	VOLUME CONSUMIDO
1/4 g.p.m ~ 60 l/h	3%
2 g.p.m ~ 450 l/h	81%
10 g.p.m ~ 2.250 l/h	16%

Também se comprovou que estes hidrômetros permaneciam 76% do tempo de registro inativos. Esta mesma pesquisa concluiu que o estudo de dois mil e trezentos (2.300) hidrômetros requereu desde a coleta até os dados em forma final 35.000 horas/homem, conduzindo a uma média de 15 horas/homem por aparelho. Neste tempo está incluído o tempo de coleta de dados, perfuração de cartões, processamento e análise.

(2) California Section Committee Report, "DETERMINATION OF ECONOMIC PERIOD FOR WATER METER REPLACEMENT" Journal AWWA, junho, 1966.

As desvantagens de utilização do aparelho registrador são: alto custo de aquisição; alto custo de operação; curto período de observação (14 dias); insegurança na determinação das perdas; inexistência de fabricante nacional.

O alto custo de aquisição deve-se a ser um aparelho de fabricação complexa e não existir fabricante nacional, exigindo portanto importação do produto.

O seu alto custo de operação é devido aos fatores exemplificados com a pesquisa realizada na Califórnia.

O curto período de observação deve-se a seu alto custo, não sendo viável, economicamente, a sua aquisição em grande número, forçando a utilização em período de operação relativamente curtos (14 dias) e em decorrência, não levando em consideração a variação de estações durante o ano.

Há insegurança na determinação das perdas, pelo fato de as mesmas não serem determinadas sob as condições reais de serviço do hidrômetro, já que o teste final é feito em laboratório, e por mais precauções que sejam tomadas, não se saberá se estas são as condições ideais para obtenção das perdas ocorridas.

A inexistência de fabricante nacional, leva à necessidade de importação do equipamento, que,

com as restrições a ela existentes, atualmente, torna difícil e demorada a sua aquisição.

Como vantagens da utilização do aparelho registrador de vazão, poderemos citar a possibilidade de conhecimento das vazões de consumo. Esta vantagem, entretanto, não é tão representativa para o objetivo em lide, pois existem métodos para determinação das perdas que independem do conhecimento destas vazões.

No entanto, o aparelho registrador é recomendável para seleção do hidrômetro a instalar em grandes consumidores.

#### V.2.2

#### UTILIZAÇÃO DO HIDRÔMETRO PADRÃO

As perdas, devido a pouca sensibilidade de um hidrômetro, podem ser determinadas diretamente com a instalação de um "hidrômetro padrão" em série com o velho aparelho. O "hidrômetro padrão" é um medidor de precisão rigorosa. Para o cálculo das perdas com finalidade de determinação do período econômico, devem ser observados o hidrômetro antigo e o "padrão" por um período de doze (12) meses, de forma que sejam cobertas todas as estações do ano. O acompanhamento dos consumos deverá ser efetuado através de leituras mensais de ambos. Periodicamente, o "hidrômetro pa



drão" deverá ser aferido "no campo" para que se tenha a garantia de sua exatidão. Este teste poderá ser feito sem retirar o medidor de serviço, com a utilização de um banco de teste portátil, conforme o apresentado na FIGURA 27. Este banco de teste consiste num hidrômetro de alta sensibilidade, com mostrador grande que permite o registro de frações de litros, equipado com jogo de lentilhas e registro de fecho rápido.

A FIGURA 28 mostra o esquema de acoplamento para utilização dos hidrômetros "padrão" e "velho".

A grande vantagem deste método é que permite o acompanhamento do hidrômetro estudado durante um (1) ano, fornecendo diretamente a diferença de registro entre "medidor velho" e o "padrão" e as perdas. Ultimamente, mesmo nos países mais adiantados, tem sido empregado o método do "hidrômetro padrão".

(1)

(1) California Water Service Company Investigation Program for "DETERMINATION OF THE ECONOMIC PERIOD FOR METER TESTING AND REPAIR" - USA, 1966.

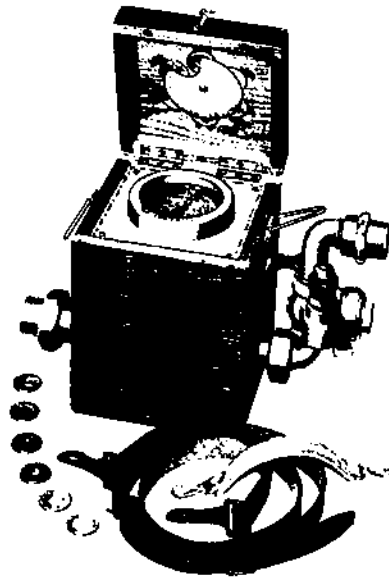


FIGURA 27 - Aparelho para teste de campo modelo Tri ' Cent, fabricado por Neptune Meter Company USA.

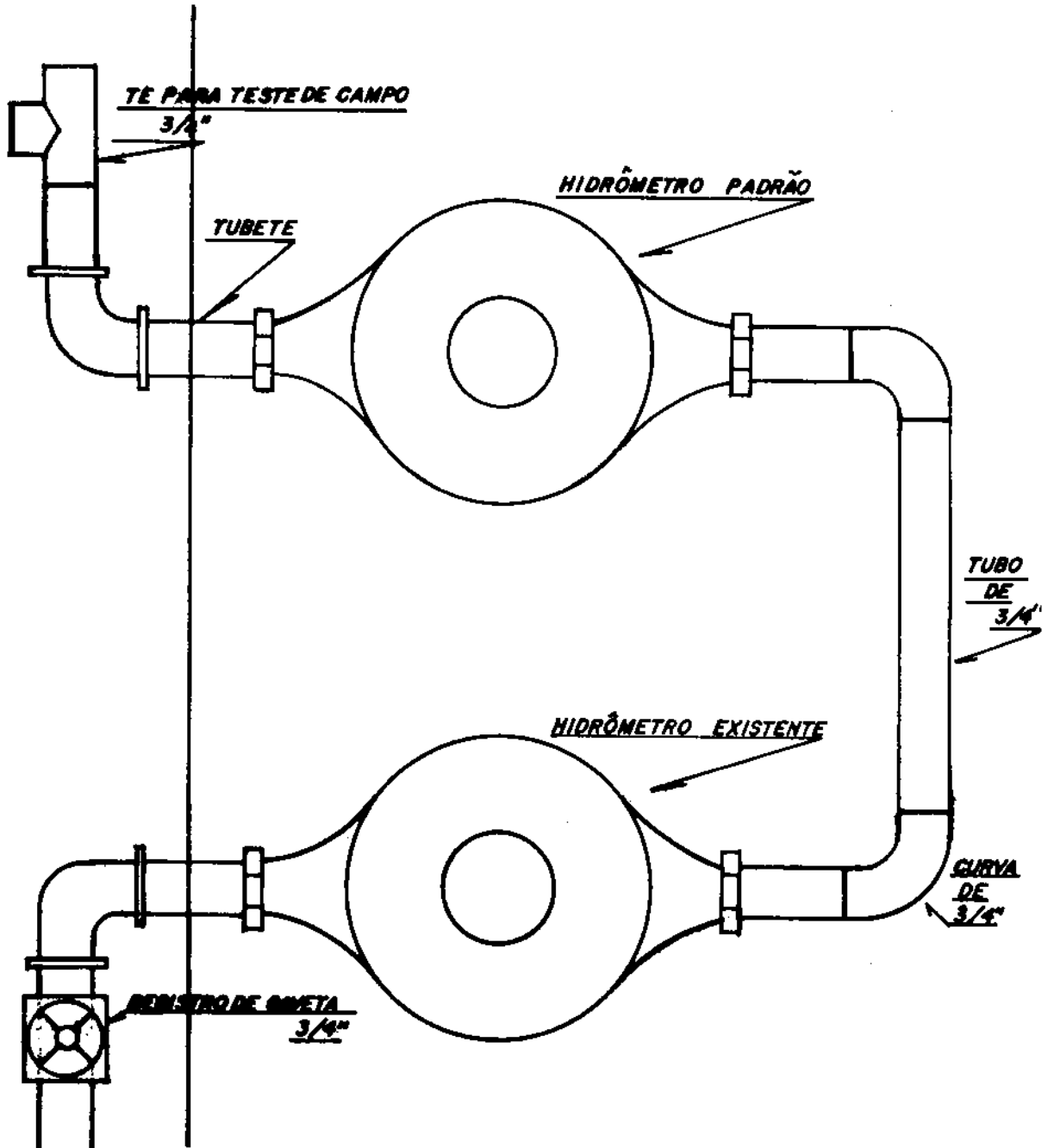


FIGURA 28 - Esquema para utilização do hidrômetro padrão.

### V.3 AMOSTRAGEM

#### V.3.1 OBJETIVOS

Devem ser definidos, claramente, todos os objetivos do levantamento.

O objetivo principal será a determinação do período econômico, no entanto, se houver conveniência, poderão ser estudadas outras características de funcionamento.

#### V.3.2 POPULAÇÃO A SER AMOSTRADA

A palavra população é usada em estatística para significar o conjunto de coisas de onde se não retiradas as amostras. Se estamos querendo determinar o período econômico de serviço de um hidrômetro de  $3m^3$  por exemplo, a população será todos os medidores de  $3m^3$  instalados no sistema em estudo.

#### V.3.3 DADOS A PESQUISAR

É conveniente que todos os dados considerados importantes para os propósitos do levantamento

to sejam tomados.

Então, para cada hidrômetro estudado ' devem ser colhidas informações que caracterizem perfeitamente o usuário ou usuários. Deverão ser obtidas informações sobre: tipo de consumidor; número de eco'nomias; número de ocupantes; área do lote; pontos de utilização; quantidade de reservatórios e volumes correspondentes; diâmetro e material do ramal predial e renda média familiar.

Com relação ao hidrômetro, deverão ser colhidas as informações: número; marca; capacidade; ' diâmetro; localização; tipo de proteção e tipo de hidrômetro.

A FIGURA 29 mostra o QUESTIONÁRIO DE PESQUISA com as informações requeridas.

#### V.3.4

#### GRAU DE PRECISÃO DESEJADO

O resultado dos levantamentos por amostragem está sempre sujeito a um certo grau de incerteza, porque somente uma parte da população foi medida. Essa incerteza poderá ser reduzida, quando se colher' maior número de amostras e, se usarem melhores instrumentos de medida.

No entanto, isso normalmente custa tempo e dinheiro. Devido ao exposto, a especificação do

grau de precisão desejado nos resultados deve ser definida. Para a pesquisa em enfoque, uma precisão de 95% atenderá perfeitamente.


#### V.3.5 MÉTODO DE PESQUISA

A coleta dos dados deverá ser feita através de visita ao local, quando se entrará em contato direto com os usuários, explicando-se a finalidade da pesquisa e entrevistando-os por meio de questionário (Vide FIGURA 29).

Uma parte importante do trabalho preliminar será a definição da forma de registro segundo a qual as perguntas deverão ser anotadas. As respostas poderão ser codificadas segundo seqüência que facilite a perfuração para o processamento eletrônico dos dados.

#### V.3.6 O ESQUEMA

Anterior à seleção das amostras, a população poderá ser dividida em partes que serão chamadas de "unidades de amostragem". Essas unidades devem abranger todo o conjunto da população, evitando-se no entanto superposição. A amostragem deverá ser efetua



**Compass**

**PESQUISA PARA DETERMINAÇÃO DO PERÍODO  
ECONÔMICO DO HIDRÔMETRO NO RAMAL PREDIAL**

---

**CODIFICAÇÃO**

ZONA	QUADRA	LOTE	SUB-LOTE	VILA

**DV**

**LIGAÇÃO**

1 - ÁGUA

2 - ÁGUA E ESGOTO

---

**HIDRÔMETRO**

NÚMERO	CAPAC.	DIAM.	TIPO	LEITURA	DATA	INST.

---

**LOCALIZAÇÃO**

1 - JARDIM  
 2 - INTERNO  
 3 - CALÇADA  
 4 - QUINTAL  
 5 - LATERAL

**TIPO DE PROTEÇÃO**

1 - S/ PROTEÇÃO EXPOSTO AOS RAIOS  
 2 - S/ PROTEÇÃO NA SOMBRA  
 3 - CAIXA DE CONCRETO  
 4 - CAIXA METÁLICA  
 5 - -----  
 6 - -----

---

**TIPO DE USUÁRIO**

1 - RESIDENCIAL  
 2 - COMERCIAL  
 3 - INDUSTRIAL  
 4 - PÚBLICO

**RAMAL PREDIAL**

TIPO	DIÂMETRO
1 - GALVANIZADO	1 - 1/2"      5 - 3"
2 - PVC	2 - 3/4"      6 - 4"
3 - FIF	3 - 1"        7 - -----
4 - -----	4 - 1 1/2"    8 - -----

---

**ECONOMIAS**

--

**PESSOAS**

--

**RESERVATORIO**

VOL. INFERIOR (L)	VOL. SUPERIOR (L)

**RENDA MÉDIA FAMILIAR**

EM CR \$

-----

---

**PONTOS DE UTILIZAÇÃO**

<input type="checkbox"/> Nº DE TORNEIRAS	<input type="checkbox"/> Nº CALHAS DESCARGAS
<input type="checkbox"/> Nº DE CHUVEIROS	<input type="checkbox"/> Nº DE BIDÊS

**ÁREA JARDIM (M<sup>2</sup>)**

-----

**VOLUME DA PISCINA (M<sup>3</sup>)**

-----

---

**OBSERVAÇÃO**

---

---

---

---

---

---

\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_  
ENTREVISTADOR

\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_  
CONFERIDO

\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_  
DIGITADO

**CMC**

FIGURA 29 - Questionário de Pesquisa

da agrupando-se hidrômetros de características homogêneas, levando-se em conta: vazão característica, diâmetro, fabricante, tempo de serviço, volume acumulado, qualidade da água, projeto do hidrômetro e materiais de fabricação.

Se em uma cidade existir mais de um sistema de abastecimento de água com caracteres diferentes, deverão ser efetuados agrupamentos distintos. Como os hidrômetros dos diversos fabricantes apresentam projetos diferentes, e isso pode influir decisivamente no "período econômico", ítem V.1.2, é recomendável que, inicialmente, hidrômetros de cada fabricante sejam estudados separadamente. Se após o estudo estatístico de correlação das diversas variáveis ficar definido que não existem diferenças sensíveis para os hidrômetros dos diversos fabricantes, poderão ser os mesmos agrupados.

Recomenda-se a formação de três (3) grupos baseada no consumo médio anual dos medidores, sendo então: grupo inferior, grupo médio e grupo superior.

Os medidores estudados deverão estar registrando volumes compatíveis com suas capacidades.

### V.3.7

#### SELEÇÃO DA AMOSTRA

Existe grande variedade de planos se



gundo os quais as amostras podem ser colhidas. Para o nosso caso as amostras serão selecionadas através de sorteio na população considerada.

## V.3.8

TAMANHO DA AMOSTRA

Uma vez estabelecido o grau de precisão desejado, pode-se fazer uma estimativa aproximada da grandeza das amostras. Os prazos e custos relativos inerentes a cada plano são também comparados, antes de se tomar uma decisão.

O procedimento para determinação da amostra é o seguinte:

a - pesquisa-se determinado número de hidrômetros dentro da população considerada; retira-se e ensaia-se em laboratório, determinando-se os erros para as vazões padronizadas. A seguir determina-se a variância da amostra para a vazão que melhor representa o regime normal de funcionamento. Para o cálculo da variância dos erros deve ser utilizado o processamento eletrônico dos dados. Na FIGURA 30 temos o fluxograma para cálculo da estimativa da variância da amostra e a média amostral;

b - o cálculo do tamanho da amostra é obtido a partir das fórmulas:

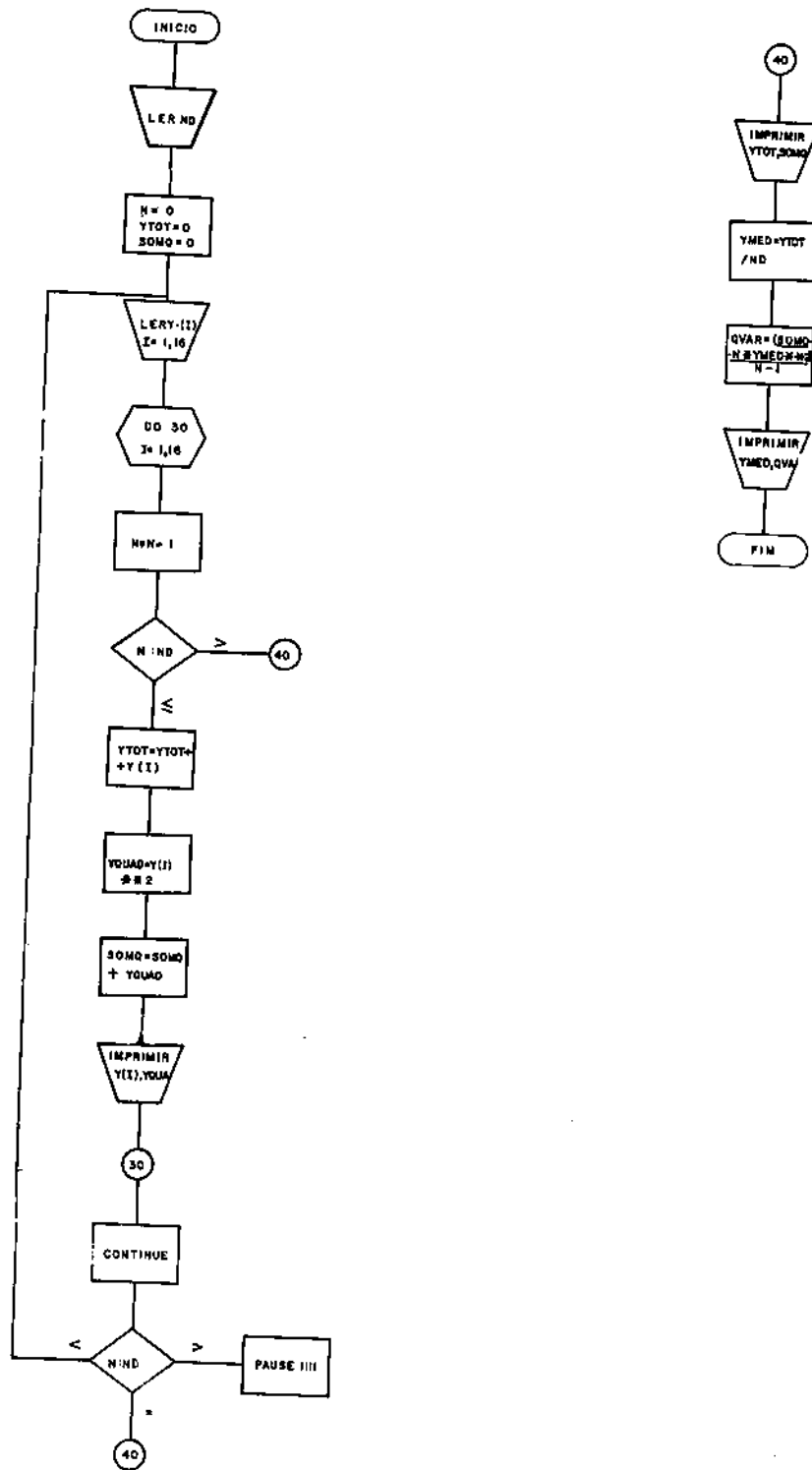


FIGURA 39 FLUXOGRAMA PARA CÁLCULO DA ESTIMATIVA DA VARIÂNCIA DA AMOSTRA, DA MÉDIA AMOSTRAL

$$P \left[ \frac{|\bar{y} - \bar{Y}|}{\sqrt{V(\bar{y})}} < \frac{d}{\sqrt{V(\bar{y})}} \right] \therefore \frac{d}{\sqrt{V}} = t \quad (5.0)$$

$$\therefore V = \left(\frac{d}{t}\right)^2$$

$$n_0 = \frac{S}{V} \quad (6.0)$$

$$n = \frac{n_0}{1 + (n_0/N)} \quad (7.0)$$

Onde:

$d$  = erro admissível;

$1 - \alpha$  = risco aceitável;

$\alpha$  = nível de confiança;

$N$  = tamanho da população;

$S^2$  = variância da amostra piloto;

$n_0$  = primeira aproximação do tamanho da amostra;

$n$  = tamanho da amostra;

$\bar{y}$  = estimativa da média da população;

$V(\bar{y})$  = variância da estimativa;

$\bar{Y}$  = verdadeira média da população (média real);

$t$  = valor do afastamento normal, correspondente à probabilidade de confiança desejada;

$S^2$  é calculado pela fórmula:

$$S^2 = \sum_{e=1}^{n_1} \frac{(Y_i - \bar{y})^2}{n_1 - 1}, \text{ onde:} \quad (8.0)$$

$n_1$  = tamanho da amostra tomada inicialmente, para estimar a variância.

Caso o tamanho da amostra tomada para estimar a variância ( $n_1$ ) seja inferior a 60, o valor de  $t$  deve ser retirado da Tabela "t de Student".

Exemplo: suponhamos  $d = 2$ ,  $\alpha = 0,95$   
 $N = 74.529$ , e a variância determinada na amostra piloto,  $S^2 = 785$ , logo:

$$P \left[ \frac{|y - \bar{Y}|}{\sqrt{V}} < \frac{2}{\sqrt{V}} \right] = 0,95$$

$$\frac{2}{\sqrt{V}} = 1,96 \therefore V = \left( \frac{2}{1,96} \right)^2 = 1,04$$

Então:

$$n_o = \frac{S^2}{V} = \frac{785}{1,04} = 754,80$$

$$n = \frac{n_o}{1 + \left( \frac{n_o}{N} \right)} = \frac{754,8}{1 + \frac{754,8}{74.529}}$$

$$n = 747,32$$

### V.3.9

### VERIFICAÇÃO PRELIMINAR

Recomenda-se experimentar o questionário e testar todo o ciclo do processo em pequena escala. Isto poderá levar ao melhoramento do questionário e propiciar o conhecimento de outras dificuldades que se tornariam sérias quando em grande escala.

Outro aspecto a considerar, porquanto trabalhamos com hidrômetros inferenciais, é a possibilidade de alguns medidores estarem sobre-registrando nas altas vazões devido à obstrução parcial dos furos da câmara de medida. Se isto ocorrer em grande número, deverá ser analisado não só o lado econômico como também o de justiça social. Este fato se caracteriza principalmente em sistemas de água de elevada turbidez.

#### V.3.10 ORGANIZAÇÃO DA EQUIPE DE TRABALHO

O pessoal deverá ser instruído quanto aos objetivos do levantamento e quanto às dificuldades que surgirão, estando preparado para solucioná-las. Deverá ser convenientemente supervisionado no trabalho. É boa prática, a execução de um Manual de Serviço.

#### V.3.11 SINTETIZAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

Os questionários deverão ser conferidos com finalidade de detectar possíveis falhas. Após isso, os dados serão perfurados em cartões e processados eletronicamente. O processamento eletrônico deverá ser programado para fornecer relatórios analíticos

da situação.

V.4 CORRELAÇÃO DE ALGUMA CARACTERÍSTICA DE SERVIÇO COM  
PRECISÃO

V.4.1 IMPORTÂNCIA

O problema da escolha dos hidrômetros que necessitem de revisão, isto é, que completaram o período econômico, deve ser detalhadamente estudado. Se for baseado nas médias de grande número de hidrômetros, aleatoriamente, haverá grande possibilidade de escolha de um medidor em bom estado, levando a custos de substituição, teste e reparo desnecessários.

É preciso um critério de escolha que permita revisar apenas os hidrômetros que registrem com baixa precisão

Estudos realizados na Califórnia-EUA, comprovaram que em alguns sistemas há correlação entre o tempo de serviço econômico desde o último reparo e a precisão do hidrômetro. A Norma C 708-76 da AWWA "COLD WATER METERS MULTI JET TYPE FOR CUSTOMER SERVICE", faz a correlação citada e apresenta os períodos mais frequentes que ocorrem nos diversos sistemas; esses valores apresentamos no QUADRO a seguir:

CAPACIDADE POL.	ANOS ENTRE OS TESTES
5/8	10
3/4	8
1	6
1.1/2	4
2	4

É possível que seja correlacionado o volume registrado no hidrômetro com a sua precisão.

#### V.4.2 MÉTODOS ESTATÍSTICOS PARA VERIFICAÇÃO DA CORRELAÇÃO

##### V.4.2.1 Regressão Linear Simples

O método estatístico da regressão linear simples permite verificar se os valores de duas variáveis satisfazem a equação de uma reta, e se podemos dizer que elas estão perfeitamente correlacionadas.

A regressão linear entre idade ou consumo acumulado e precisão é efetuada pelo Método dos Mínimos Quadrados.

A FIGURA 31 representa o cálculo das percentagens de perdas de registro para várias idades, obtidas pela California Water Service Company USA. Adotado nível de significância de 0,05, e erro de estimativa de  $\pm 0,48\%$ .

A aplicação desta técnica pode ser efetuada por programa IBM, denominado CORRE, System/1130 Scientific Subroutine Package (1130-CM-02X), publicação H20-25.

#### V.4.2.2 Regressão Linear Múltipla

Permite a verificação da correlação existente entre três (3) ou mais variáveis. Os princípios da correlação múltipla são análogos aos da correlação simples.

A equação de regressão é uma expressão utilizada para avaliar o comportamento de uma variável, por exemplo  $X_1$ , em função das independentes  $X_2$ ,  $X_3, \dots$ ; para o nosso estudo, temos:

$X_1$  = tempo de instalação;

$X_2$  = volume acumulado;

$X_3$  = precisão hidrômetro "no estado";

$X_4$  = aumento de precisão após reparo;

$X_5$  = tipo de proteção do hidrômetro;

$X_6$  = custo de reparo, teste e substituição.



PERDAS X IDADE

(REGRESSÃO LINEAR AJUSTADA PELO MÉTODO DOS MÍNIMOS QUADRADOS, MAIS OU MENOS ERRO DE ESTIMATIVA)

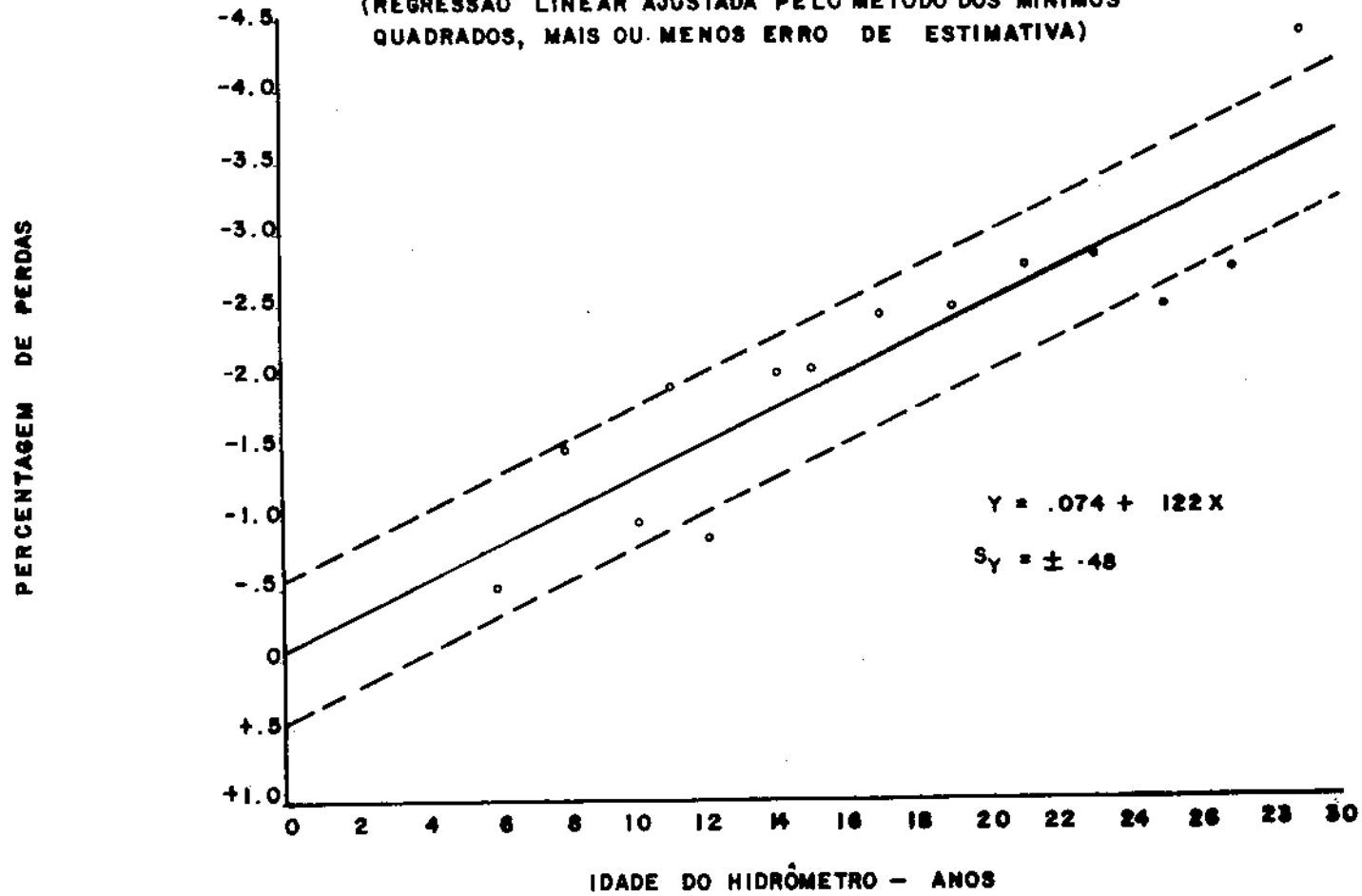


FIGURA 31 - Regressão Linear ajustada pelo Método dos Mínimos Quadrados.

Estas análises podem ser efetuadas com programa IBM denominado MULTR, System/1130 Scientific Subroutine Package (1130-CM-02X), publicação H20-025.

V.5 CUSTO DE REPARO, TESTE E SUBSTITUIÇÃO DE HIDRÔMETROS

V.5.1 CUSTO DE REPARO

O custo de reparo de um hidrômetro depende do processo de serviço, idade e volume acumulado. A sua obtenção é conseguida com o estabelecido nos itens a seguir:

a - Reparo com anotação em formulário específico das peças utilizadas.

Pesquisas realizadas pelo autor do presente trabalho, utilizando os processos de reparação de hidrômetros com substituição de peças avulsas e de subconjuntos, apresentaram os coeficientes do QUADRO VIII.

b - Cronometragem do tempo de cada etapa do processo de reparo. No trabalho citado no item anterior, o tempo médio gasto na reparação de um hidrômetro de  $3m^3$ , multijato, leitura indireta, transmissão mecânica após oito (8) anos de serviço, foi o apresentado a seguir:

SERVIÇO	PROCESSO DE REPARO	
	C/PEÇAS AVULSAS	C/SUBCONJUNTOS
Desmontagem	6 min.	4 min.
Lavagem	23 min.	13 min.
Preparo de peças	35 min.	13 min.
Montagem e ajustagem	30 min.	15 min.
TOTAL	94 min.	45 min.

c - Com os coeficientes segundo a "alínea a" e os custos de peças de reposição, obtém-se o custo de reparo por hidrômetro.

d - Utilizando os valores de salários e encargos sociais dos operários envolvidos no processo de reparação, e os tempos de acordo com a "alínea b", encontra-se o custo da mão de obra.

e - O custo total de reparo de um aparelho é conseguido com a soma dos valores resultantes conforme as "alíneas c e d".

#### V.5.2

#### CUSTO DO TESTE

Com o tempo de colocação do hidrômetro na máquina de teste, regulagem e ensaio, a partir do salário e encargos sociais do aferidor determina-se

CONSUMO DE PEÇAS DE REPOSIÇÃO NO REPARO DO HIDRÔMETRO DE 3m<sup>3</sup>, RELOJOARIA INDIRETA, TRANSMISSÃO MECÂNICA, MULTIJATO.

NOME DA PEÇA	PROCESSO DE REPARO	
	PEÇAS AVULSAS	SUBCONJUNTOS
Ponteiro Peq. Vermelho	0,75	-
Ponteiro Peq. Preto	3,15	-
Ponteiro Central	0,65	-
Parafuso de Fixação	1,00	-
Trava da Platina	0,02	0,02
Parafuso da Trava	0,06	0,06
Platina Intermediária	0,04	0,04
Junta da Platina	0,20	0,20
Engrenagem do P.E.	1,00	1,00
Arruela do P.E.	1,00	1,00
Eixo de Transmissão	0,05	0,05
Turbina	0,60	0,60
Distribuidor	0,01	0,01
Platina Inferior Redutor	0,50	-
Platina Superior Redutor	0,10	-
Engrenagem Red. nº 1 e 4	0,20	-
Engrenagem Red. nº 2	0,10	-
Engrenagem Red. nº 3	0,05	-
Engrenagem Red. nº 5	0,05	-
Arruela Paraf. Redutor	0,20	-
Platina Sup. Registrador	0,15	-
Platina Inf. Registrador	0,15	-
Engrenagem Red. nº 1	0,15	-
Engrenagem Red. nº 2	0,13	-
Engrenagem Red. nº 3	0,13	-
Engrenagem Red. nº 4 e 10	0,15	-
Engrenagem Red. nº 5 e 11	0,15	-
Engrenagem Red. nº 6	0,02	-
Engrenagem Red. nº 7	0,02	-
Engrenagem Red. nº 8	0,02	-
Engrenagem Red. nº 9	0,02	-
Registrador	-	1
Trem Redutor	-	1

o custo de aferição.

Deve ser considerado, também, o custo de depreciação do equipamento.

### V.5.3 CUSTO DE SUBSTITUIÇÃO

Neste custo serão englobados o custo de transporte e o da substituição propriamente dita. Todos os custos relacionados com a substituição devem ser considerados.

### V.5.4 A CORRELAÇÃO DO CUSTO DE REPARO, TESTE E SUBSTITUIÇÃO COM A IDADE DO APARELHO

É possível a existência de correlação linear do custo de reparo, teste e substituição com a idade do hidrômetro.

Em trabalho publicado na revista "Water Works, Engeneering", Novembro 1961, de autoria da Companhia "The Pacific Gas and Electric Company", consta-tou-se que o custo de reparo, teste e substituição apresenta correlação linear com o período de serviço desde o último reparo. É claro que essa correlação é característica de cada sistema. A vantagem da existência correlação de custo de reparo, teste e substitui

o custo de aferição.

Deve ser considerado, também, o custo de depreciação do equipamento.

### V.5.3 CUSTO DE SUBSTITUIÇÃO

Neste custo serão englobados o custo de transporte e o da substituição propriamente dita. Todos os custos relacionados com a substituição devem ser considerados.

### V.5.4 A CORRELAÇÃO DO CUSTO DE REPARO, TESTE E SUBSTITUIÇÃO COM A IDADE DO APARELHO

É possível a existência de correlação linear do custo de reparo, teste e substituição com a idade do hidrômetro.

Em trabalho publicado na revista "Water Works, Engineering," Novembro 1961, de autoria da Companhia "The Pacific Gas and Electric Company", constou-se que o custo de reparo, teste e substituição apresenta correlação linear com o período de serviço desde o último reparo. É claro que essa correlação é característica de cada sistema. A vantagem da existência correlação de custo de reparo, teste e substitui

ção com idade do hidrômetro, com o devido tratamento estatístico, é a possibilidade de estabelecer uma equação do custo em consideração.

$$m_x = \alpha + \beta x$$

Sendo:

$m_x$  = custo da manutenção no ano  $x$ ;

$\alpha$  = custo da substituição e teste;

$\beta$  = coeficiente que depende da intensidade do reparo;

$x$  = idade do hidrômetro.

Os valores  $\alpha$  e  $\beta$  podem ser fixados por métodos estatísticos aplicados a dados de uma amostra.

A seguir, apresentamos modelo de QUADRO para acompanhamento do custo de substituição, teste e reparo de acordo com a idade do medidor.

(1) IDADE DO HIDRÔMETRO (ANOS)	(2) SUBSTITUIÇÃO Cr\$	(3) TESTE Cr\$	(4) REPARO Cr\$	(5) TOTAL Cr\$
1				
2				
3				
4				
5				
.				
10				

Se analisarmos detidamente as colunas 2 e 3, verificaremos que estes custos são fixos, qual

quer que seja a idade do hidrômetro. Já as colunas 4 e 5 dependem do desgaste dos aparelhos.

## V.6 CÁLCULO DAS PERDAS

### V.6.1 PERDAS EM VOLUME (ANUAIS)

As perdas anuais, devido à deficiência dos hidrômetros, deverão ser obtidas com a utilização de "hidrômetro padrão" em série com "medidor velho" de acordo com o exposto na alínea V.2.2.. Após doze (12) meses de observação, os volumes registrados no "medidor padrão" e "velho" permitirão o cálculo das perdas com utilização da fórmula:

$$P_v = V_{mp} - V_{mv} \quad (9.0)$$

Onde:

$P_v$  = perda anual em metros cúbicos;

$V_{mp}$  = volume registrado no medidor padrão em metros cúbicos;

$V_{mv}$  = volume registrado no medidor velho em metros cúbicos.

A percentagem anual de perdas é:

$$\frac{V_{mp} - V_{mv}}{V_{mp}} \times 100 \quad (10.0)$$



Após a determinação das perdas para cada idade, colocam-se os valores em QUADRO que permita visualizar a precisão para várias idades.

IDADE DE SERVIÇO DO HIDRÔMETRO	Nº DE HI DRÔMETROS TESTADOS	PRECISÃO %	PERDAS DE REGISTRO %
1			
2			
:			

Como ilustração, apresentamos o QUADRO formulado para hidrômetros volumétricos domiciliares' pela California Water Company.\*

IDADE DO HIDRÔMETRO (ANOS)	NÚMERO DE HIDRÔMETROS TESTADOS	PRECISÃO REAL %	PERDAS DE REGISTRO %
6	76	99,48	0,52
8	39	98,54	1,48
10	63	99,07	0,94
11	28	98,11	1,93
12	62	99,14	0,87
14	32	98,03	2,01
15	62	98,00	2,04
17	57	97,64	2,42
19	51	97,57	2,49

\*California Water Service Company, "Investigation Program for Determination of the Economic Period for Meter and Repair", trabalho mimeografado, USA, 1970.

IDADE DO HIDRÔMETRO ANOS	NÚMERO DE HIDRÔMETROS TESTADOS	PRECISÃO REAL %	PERDAS DE REGISTRO %
21	66	97,32	2,75
23	62	97,23	2,85
25	21	97,57	2,49
27	17	97,34	2,73
29	7	95,76	4,43

Apresentamos, a seguir, o resultado realizado com ensaio de sessenta e seis (66) medidores multijato transmissão mecânica, leitura indireta, com oito (8) anos de serviço contínuo, selecionados, aleatoriamente.

MÉDIA AMOSTRAL DOS VOLUMES REGISTRADOS NOS HIDRÔMETROS "NO ESTADO".

VAZÕES DE ENSAIO EM LITROS/HORA					
40	100	150	300	600	1.000
59,85	90,37	99,26	101,72	103,66	104,04

OBSERVAÇÃO: Escoamento de 100 litros.

Após o ensaio dos hidrômetros "no estado", efetuaram-se a desmontagem, lavagem, reparo, teste e regulagem. A média amostral do ensaio dos medidores após o reparo é apresentada no QUADRO a seguir:

MÉDIA AMOSTRAL DOS VOLUMES REGISTRADOS NOS HIDRÔMETROS APÓS REPARO.

VAZÕES DE ENSAIO EM LITROS/HORA					
40	100	150	300	600	1.000
97,6	99,87	99,11	100,02	99,10	99,34

OBSERVAÇÃO: Escoamento de 100 litros.

No QUADRO abaixo, observa-se a diferença de registro entre as médias amostrais dos hidrômetros "no estado" e após reparo.

DIFERENÇA DE REGISTRO ENTRE A MÉDIA AMOSTRAL DOS VALORES DOS ENSAIOS DOS HIDRÔMETROS "NO ESTADO" E APÓS REPARO.

VAZÕES DE ENSAIO EM LITROS/HORA					
40	100	150	300	600	1000
-37,75	- 9,50	+ 0,15	+ 1,70	+ 4,55	+ 4,70

Os hidrômetros inferenciais, após algum tempo de serviço, têm tendência a registrar com deficiência nas baixas vazões e com erros positivos nas altas vazões. Este fato deve-se à deposição da matéria em suspensão trazida pela água às engrenagens e demais peças, tornando a máquina mais pesada nas pequenas vazões.

No entanto, a partir de determinado va

lor da vazão, são vencidas as resistências ao movimento e devido à obstrução parcial dos furos da câmara de medida, a velocidade de incidência dos jatos de água na turbina aumenta, levando o aparelho a registrar erros positivos.

Pelos motivos expostos é possível que, em alguns sistemas, a manutenção preventiva deva fundamentar-se não só no aspecto econômico mas também no de justiça social.

#### V.6.2

#### PERDAS DE ARRECADAÇÃO (ANUAIS)

Após a obtenção da perda anual em metros cúbicos, para cada grupo de medidores de acordo com a alínea V.3.6, a partir do sistema tarifário em vigor, calculam-se as perdas de arrecadação.

Fundamentalmente, o cálculo é feito

por:

$$P_a = P_v \times p_r \quad (11.0)$$

Sendo:

$p_a$  = perda anual de arrecadação em cruzeiros;

$P_v$  = perda anual em metros cúbicos;

$p_r$  = preço do valor do metro cúbico na faixa.

Em alguns casos, poderão ocorrer perdas em duas (2) ou mais faixas de acordo com o sistema tarifário em vigor.

A partir dos valores das perdas de arrecadação para grupos de medidores de várias idades, obtém-se o QUADRO a seguir:

TEMPO DE SERVIÇO DO HIDRÔMETRO (ANOS)	PERDAS EM VOLUME <sup>3</sup> (M <sup>3</sup> )	PERDAS DE ARRECADAÇÃO EM CRUZEIROS	
		POR ANO	ACUMULADO

V.7 CUSTO DE SUBSTITUIÇÃO, REPARO E TESTE DO HIDRÔMETRO E PERDAS DE ARRECADAÇÃO A VALOR PRESENTE

V.7.1 CUSTO DE SUBSTITUIÇÃO, REPARO E TESTE A VALOR PRESENTE

O "valor presente" corresponde ao valor do dinheiro após determinado tempo, considerando-se o seu rendimento neste período.

O custo anual de manutenção é a anuidade a qual produzirá  $m_x$  cruzeiros no tempo  $x$ .

O nível anual de manutenção é:

$$m_x = \frac{i}{(1+i)^x - 1} (\infty + \textcircled{3} x) \quad (12.0)$$

Onde:

$i$  = taxa anual de juros;

$x$  = número de períodos de capitalização.

Isto se existir correlação linear entre o custo de substituição, reparo e teste com o tempo de serviço (alínea V.5.4).

#### V.7.2

#### PERDAS DE ARRECADAÇÃO A VALOR PRESENTE

As perdas de arrecadação a valor atual aumentarão com o tempo  $x = t$ , e serão obtidas por:

$$\sum_{x=1}^t L_x = \sum_{x=1}^t L_x v^x \quad (13.0)$$

Onde:

$L_x$  = perdas por deficiência do hidrômetro;

$v$  = fator de valor presente;

$$v = \frac{i}{1+i} \quad (14.0)$$

Então o valor anual das perdas por hidrômetro é:

$$\frac{1}{A_t} \sum_{x=1}^t L_x v^x \quad (15.0)$$

sendo,

$$\frac{1}{A_t} = \frac{1 - v^t}{i} \quad \text{o fator de amortização do capital,}$$

ou seja a anuidade cujo valor presente é um (1).

Caso exista correlação linear entre a idade do medidor e sua precisão (a-ínea V.4.2), poderemos escrever a perda de arrecadação por hidrômetro em função de anos de serviço, desde o último reparo:

$$L_x = a + bx \quad (16.0)$$

Sendo que a e b devem ser determinadas por métodos estatísticos aplicados a dados de uma amostra.

Neste caso a equação ficará:

$$\frac{1}{A_t} \sum (a + bx) v^x \quad (17.0)$$

## V.8 A DETERMINAÇÃO DO PERÍODO ECONÔMICO

### V.8.1 MÉTODO 1 - CÁLCULO MATEMÁTICO

Este método fundamenta-se em cálculo matemático. Ele deverá ser utilizado quando existir correlação linear entre a idade do aparelho e o custo de manutenção. Em seguida desenvolveremos a sua concepção.

Desenvolvendo a equação 17.0, teremos:

$$a + b \frac{(1+i)^t}{i} - b \left[ \frac{t}{(1+i)^t - 1} \right]$$

Denominaremos de  $C_t$  a soma do custo anual de manutenção e perda de renda por medidor.

$$C_t = \frac{i(\alpha + \beta t)}{(1+i)^t - 1} + a + b \frac{(1+i)^t}{i} - b \left[ \frac{t}{(1+i)^t - 1} \right] \quad (18.0)$$

Iremos, agora, obter o valor mínimo de  $C_t$ , logo:

$$\frac{dC_t}{dt} = \frac{[(1+i)^t - 1] \beta i - i(\alpha + \beta t)(1+i)^t \ln(1+i)}{[(1+i)^t - 1]^2} - \left[ \frac{b [(1+i)^t - 1] - bt(1+i)^t \ln(1+i)}{[(1+i)^t - 1]^2} \right]$$

Igualando a zero (0) e fazendo-se as simplificações devidas, teremos:

$$[(1+i)^t - 1] \beta i - i(\alpha + \beta t)(1+i)^t \ln(1+i) - b [(1+i)^t - 1] + bt(1+i)^t \ln(1+i) = 0$$

$$\beta i(1+i)^t - \beta i \alpha (1+i)^t \ln(1+i) - \beta it(1+i)^t \ln(1+i) + b \ln(1+i)^t - b(1+i)^t + b + bt(1+i)^t \ln(1+i) = 0$$

$$(1+i)^t \ln(1+i) [bt - \alpha i - \beta it] + (1+i)^t [\beta i - b] - (\beta i - b) = 0$$

$$i(1+i)^t \ln(1+i) \left[ \left( \frac{b}{i} - \beta \right) t - \alpha \right] + i(1+i)^t - (\beta i - b) = 0$$

$$\left( \beta - \frac{b}{i} \right) - i \left( \beta - \frac{b}{i} \right) = 0$$

$$\left[ \left( \frac{b}{i} - \beta \right) t - \alpha \right] \ln(1+i) + \left( \beta - \frac{b}{i} \right) - \left( \beta - \frac{b}{i} \right) \frac{1}{(1+i)^t} = 0$$



$$\left[ \left( \frac{b}{i} - \beta \right) t - \alpha \right] \ln(1+i) = - \left( \beta - \frac{b}{i} \right) + \left( \beta - \frac{b}{i} \right) v^t$$

$$\left[ \left( \frac{b}{i} - \beta \right) t - \alpha \right] \ln(1+i) = \left( \frac{b}{i} - \beta \right) (1 - v^t) \quad (19.0)$$

O valor ótimo de  $t$  é aquele que satisfaz a equação. Como a equação envolve termos linear e exponencial, é mais conveniente resolvê-la por processo gráfico. Para se encontrar a solução desta maneira dividiremos a equação nas funções abaixo:

$$\theta(t) = \left[ \left( \frac{b}{i} - \beta \right) t - \alpha \right] \ln(1+i) \quad (20.0)$$

$$\theta(t) = \left( \frac{b}{i} - \beta \right) (1 - v^t) \quad (21.0)$$

A interseção das curvas dadas por  $\theta(t)$  e  $\theta(t)$  fornecerá graficamente o valor ótimo de  $t$ .

A equação 20.0 por representar uma reta poderá ser projetada por dois (2) pontos calculados.

Os pontos de  $\theta(t)$  são imediatamente obtidos, já que os valores de  $v^t$  são retirados diretamente de uma tabela financeira.

A FIGURA 32 mostra graficamente o exposto.

## V.8.2

### MÉTODO 2 - CONSTRUÇÃO DAS CURVAS DE CUSTOS DE MANUTENÇÃO E PERDAS DE ARRECADAÇÃO

A partir do valor das perdas de arrecadação e de manutenção para as várias idades a valor presente, marca-se graficamente uma série de pontos

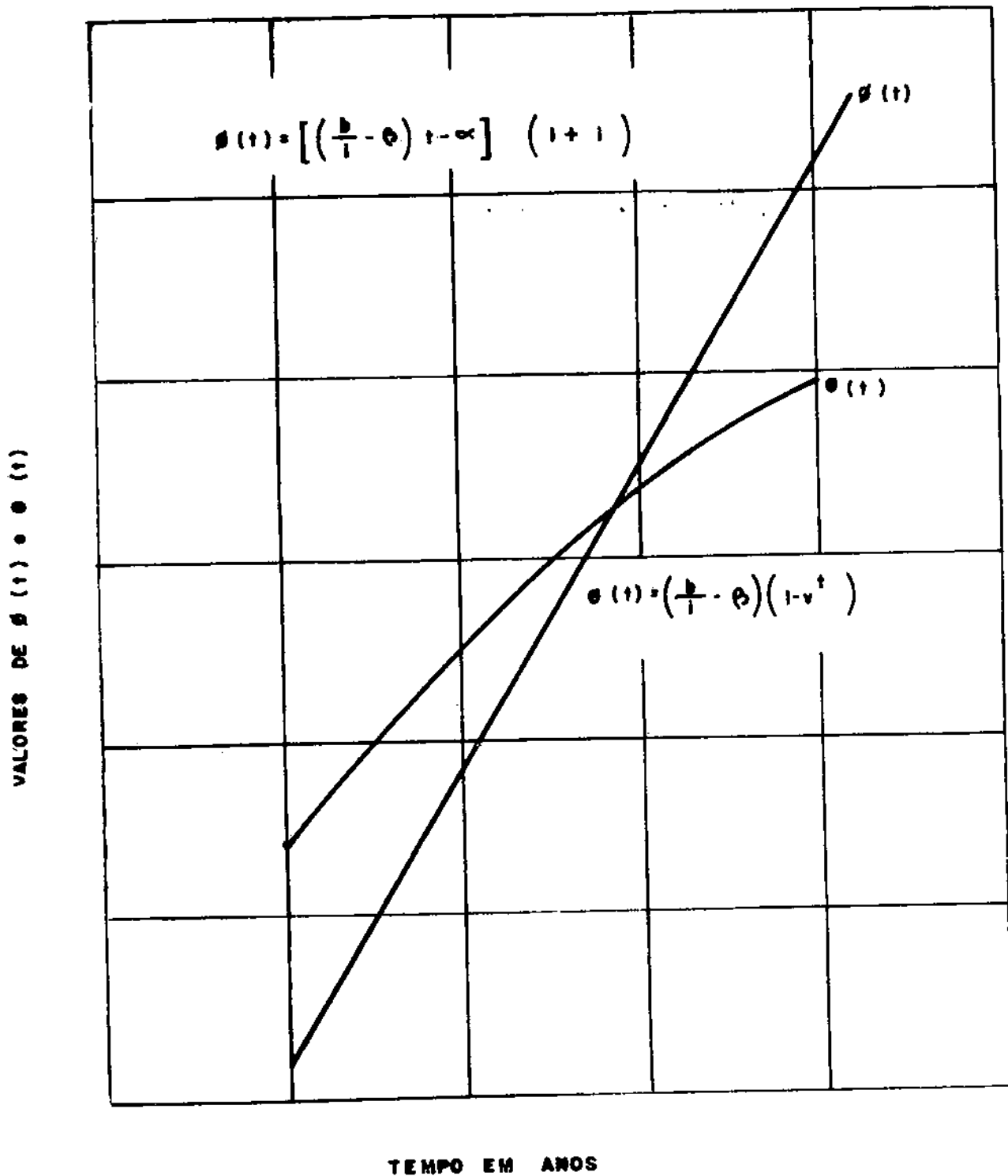


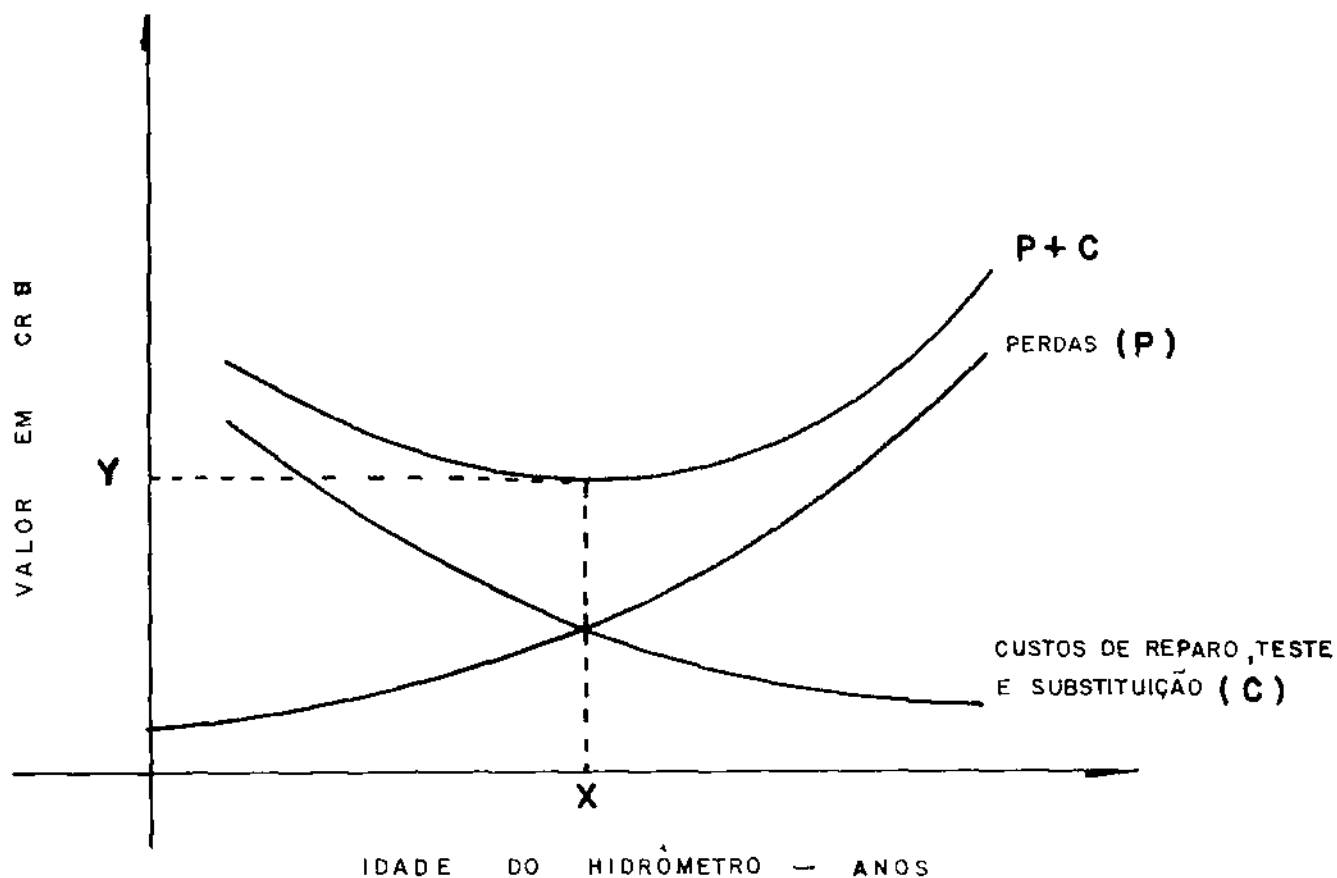
FIGURA 32 - Determinação do Período Econômico do Hidrômetro no Ramal Predial pelo MÉTODO 1.

que permita visualizar o comportamento das curvas durante todo o período de observação.

A seguir unem-se graficamente os pontos de cada curva, e a interseção delas conduz ao ponto ótimo de substituição.

A FIGURA 33 indica a solução gráfica. A curva (P) resultante da união de vários pontos representa a perda de arrecadação que aumenta com a idade do aparelho. Na curva (C), obtida da união de vários pontos, temos o custo anual de manutenção que cresce com o tempo. Para a construção destas curvas deve ser considerado o valor presente.

A curva (C + P) representa a soma das perdas e custo de manutenção, cujo ponto mínimo ocorre quando as perdas, por deficiência dos hidrômetros, se igualam ao custo de manutenção e conduzem, em decorrência, ao valor ótimo de  $x$ .



**X** - REPRESENTA A IDADE ÓTIMA PARA REVISAR OS HIDRÔMETROS, OU SEJA A IDADE QUE MINIMIZA A SOMA DOS CUSTOS

**Y** - CUSTO DO TESTE, REPARO E SUBSTITUIÇÃO PARA A IDADE ÓTIMA

FIGURA 33 - Determinação do Período Econômico do Hidrômetro no Ramal Predial do MÉTODO 2.

## C O N C L U S Ã O

Da análise e discussão do assunto apresentado nes'  
ta dissertação, podem ser deduzidas as seguintes conclusões:

- 1 - A determinação do período econômico de hidrômetros no ra  
mal predial deve ser executada com base no estudo de via  
bilidade do projeto sob o ponto de vista de eficiência e  
conômica.

O plano de manutenção preventiva de hidrômetros de  
ve ser racionalizado de forma que as receitas oriundas '  
da sua execução sejam maiores que os gastos necessários'  
a implementação.

Deve ser adotada a alternativa que cumpra com os ob  
jetivos do plano, no entanto, com melhores resultados ,  
sob o ponto de vista econômico.

- 2 - O processo de reparação utilizado nos medidores instala'  
dos deve ser analisado para que possam ser agrupados hi  
drômetros com precisão adequada desde sua instalação. Is  
to é necessário porque em alguns sistemas, para períodos  
diferentes, as Oficinas de Hidrômetros podem adotar cam  
po de tolerância para erros ampliados, bem superiores ao  
recomendado pela PEB-147 da ABNT. Este procedimento alea  
tório é condenável devido a que se terá no sistema, hi

drômetros de mesmas características, mesmo tempo de serviço, no entanto com precisões substancialmente diferentes, desde a instalação.

- 3 - A existência de um cadastro contendo todas as informações necessárias à perfeita caracterização dos hidrômetros é fundamental a qualquer plano de manutenção corretiva.
- 4 - Os ramais prediais estudados deverão ser identificados perfeitamente (nº pessoas, nº pontos utilizados, renda média familiar, etc..).
- 5 - Devido ao Período Econômico do Hidrômetro depender de qualidade da água, vazões de consumo, projeto do aparelho e materiais de fabricação, tarifas, este será característico de cada localidade. Se em uma mesma cidade existirem vários sistemas, recomenda-se que sejam efetuados estudos distintos.
- 6 - Os estudos existentes sobre o assunto são geralmente de origem americana, tendo sido realizados para hidrômetros volumétricos, não sendo válidos para o Brasil, onde é utilizado o de velocidade com predominância do multijato.
- 7 - O Período Econômico de hidrômetros industriais será sensivelmente inferior ao do domiciliar já que um pequeno erro de registro poderá acarretar elevadas perdas.
- 8 - A idéia predominante no Setor de Saneamento que fixará entre dois (2) e quatro (4) anos o Período Econômico de Hidrômetros, deve ser reformulada por pesquisas a respeito.

Constatamos sistemas com hidrômetros instalados com oito (8) e nove (9) anos de serviço contínuo que apresentavam ainda balanço econômico para a Empresa.

- 9 - Para a determinação das perdas por insensibilidade do hidrômetro, o processo mais indicado é o de utilização do "hidrômetro padrão".
- 10- Um sistema tarifário adequado favorecerá o plano de manutenção preventiva de hidrômetros .
- 11- Deve ser efetuado estudo da correlação de alguma característica de serviço do hidrômetro com sua precisão.
- 12- Deve ser realizado acompanhamento dos custos de reparo , teste e substituição dos hidrômetros.
- 13- O estudo para Determinação do Período Econômico do Hidrômetro no Ramal Predial deve considerar o custo de capital, e fundamentar-se no ponto de vista de eficiência econômica.

## B I B L I O G R A F I A

1. - ASSIS, Omar de Paula, Bernardo Gomes Moreno e Manoel Dan  
tas Vilar Filho  
CURSO DE HIDRÔMETROS E INSTALAÇÕES DOMICILIARES  
Escola Politécnica UFPB - Campina Grande, 1965.
2. - ASSIS, Omar de Paula  
MÉTODO DE ENSAIO DE HIDRÔMETROS  
Revista R.A.E. - São Paulo, 1936
3. - ASSIS, Omar de Paula  
A SUBSTITUIÇÃO DE HIDRÔMETROS EM RIBEIRÃO PRETO  
S A T H - São Paulo, 1938
4. - ASSIS, Omar de Paula  
HIDRÔMETROS "WOLTMANN"  
S A T H - São Paulo, 1959
5. - ASSIS, Omar de Paula  
HIDRÔMETROS DOMICILIARES  
S A T H - São Paulo, abril/1940
6. - ASSIS, Omar de Paula  
ESCOLHA E INSTALAÇÃO DE HIDRÔMETROS  
S A T H - São Paulo, dezembro/1945
7. - ASSIS, Omar de Paula  
O EMPREGO DE PLÁSTICO EM HIDRÔMETROS  
S A T H - São Paulo, 1947



8. - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS  
HIDRÔMETROS PARA ÁGUA FRIA  
ABNT, PEB-147/69, Brasil
9. - AMERICAN, Water Works Association  
WATER METERS - SELECTION, INSTALLATION, TESTING AND MAINTENANCE  
USA - 1973
10. - AMERICAN, Water Works Association  
COLD-WATER METERS MULTI-JET TYPE FOR CUSTOMER SERVICE  
AWWA STANDARD, C708-76, junho/1976
11. - ARNOLD, J. Udstuen  
METER SIZING AND SELECTION  
Journal AWWA - USA, vol.59, nº 6, junho/1967
12. - BEENFELDT, Norman  
DETERMINATION OF ECONOMIC PERIOD FOR WATER METERS  
Journal AWWA - USA, vol. 58, nº 6, junho/1966.
13. - BRENNAN, J.F.  
HOW OFTEN SHOULD WATER METERS BE CHECKED AND REHABILITATED?  
Water Works Engineering - USA, novembro/1961
14. - BARTONE, Dr. Carl R.  
DETERMINACION DE LA POLITICA OPTIMA PARA LA INSTALACION  
DE MEDIDORES DEL AGUA  
XIV Congresso da AIDIS - México, agosto/1974.

15. - BOPP & REUTHER  
Catálogo Geral de Hidrômetros  
Mannhein - Alemanha, 1975
16. - CARLSON, Elbert I  
A CUSTOMER SELF - METER READING PROGRAM  
Journal AWWA - USA, vol. 69, nº 2, fevereiro/1977
17. - COELHO, Adalberto Cavalcanti  
OFICINA DE HIDRÔMETROS  
SANESA - Saneamento de Campina Grande, 1972
18. - COELHO, Adalberto Cavalcanti  
PLANO DE MANUTENÇÃO DE HIDRÔMETROS  
IX Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária, Belo Ho  
rizonte, 1977
19. - COELHO, Adalberto Cavalcanti  
ESTUDOS SOBRE CUSTOS DE REPARAÇÃO DE HIDRÔMETROS  
CAGEPA - Campina Grande, PB, janeiro/1973
20. - COELHO, Adalberto Cavalcanti  
ESTUDO PARA IMPLANTAÇÃO DE HIDRÔMETROS EM OLINDA  
COMPESA, RECIFE, maio/1977
21. COELHO, Adalberto Cavalcanti  
ESTUDO PARA MELHORIA DA MEDIÇÃO NAS CIDADES DE JOÃO PESSO  
A E CAMPINA GRANDE  
CAGEPA - João Pessoa, dezembro/1975
22. - CALIFORNIA WATER SERVICE COMPANY  
INVESTIGATION PROGRAM FOR DETERMINATION OF THE ECONOMIC  
PERIOD FOR METER TESTING AN REPAIR  
USA, 1975

23. - COCHRAN, William G.  
TÉCNICAS DE AMOSTRAGEM  
Editora Fundo de Cultura - São Paulo, 1963
24. - FORD, Richard  
HOW TO DETERMINE WHEN WATER METERS NEED REPAIR AND REPLACEMENT  
Water & Sewage Works - USA, março/1957
25. - GONIMA, Alberto e Outros  
ADMINISTRAÇÃO DA MEDIÇÃO DE CONSUMO  
Projeto "SATECIA", Rio de Janeiro, julho/1977
26. - GONZALEZ, José M.  
MECÂNICO REPARADOR DE MEDIDORES DE ÁGUA  
Serviço Nacional de Aprendizaje - Bogotá, 1962
27. - GURCK, A. J.  
EXPERIENCES WITH WATER METERS  
Journal AWWA - USA, vol.30, nº 5, maio/1938.
28. - HEMBREE, James W.  
PLANNED MEASUREMENT OF METER REPAIR AND MAINTENANCE COSTS  
Journal AWWA, outubro/1976
29. - HIDROMET - Tecnobrás S.A.  
CATÁLOGO GERAL DE HIDRÔMETROS  
São Paulo, 1976
30. - HUDSON, William D.  
FIELD TESTING OF LARGE METERS  
Journal AWWA - USA, vol.58, nº 7, julho/1966.

31. - IESA - Indústrias Espanholas  
FABRICAÇÃO DE CONTADORES DE ÁGUA  
Madrid, Espanha, 1970
32. - INSTITUTO NACIONAL DE PESOS E MEDIDAS  
HIDRÔMETROS  
MIC 119/64 e INPM 4/68
33. - JAMES, L. Douglas e Robert R. Lee  
ECONOMICS OF WATER RESOURCES PLANNING  
McGraw-Hill, Nova Delhi, 1971
34. - KAYS, Maynard  
METER PROGRAM SAVES DOLLARS  
Water & Sewage Works - USA, junho/1976
35. - KENT, Meters Limited  
CATÁLOGO GERAL DE HIDRÔMETROS  
Inglaterra, 1976
36. - KIMMON, Manufacturing Co., Ltd  
Catálogo Geral de Hidrômetros  
Tokio - Japão, 1975
37. - LACINA, William V.  
PLASTIC WATER METERS  
Journal AWWA - USA, maio/1976
38. - LAJE, Tarcísio da Costa  
HIDRÔMETROS DOMICILIARES  
NANSEN - Belo Horizonte, 1969

39. - LAJE, Tarcísio da Costa  
CURVAS CARACTERÍSTICAS DE HIDRÔMETROS  
FEEMA - Rio de Janeiro, 1976
40. - LAJE, Tarcísio da Costa  
ENSAIO DE HIDRÔMETROS E EQUIPAMENTO  
FEEMA - Rio de Janeiro, 1976
41. - LAO - Liceu de Artes e Ofícios de São Paulo  
CATÁLOGO GERAL DE HIDRÔMETROS  
São Paulo, 1976
42. - MAFFEI, Francisco J. e Oscar B. Lourenço  
A CORROSÃO DOS HIDRÔMETROS  
Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo  
São Paulo, 1940
43. - MEINECKE, A.G.  
CATÁLOGO GERAL DE HIDRÔMETROS  
Harnover, Alemanha, 1976
44. - MENDONÇA, Sérgio Rolim  
MANUAL DO REPARADOR DE MEDIDORES DE ÁGUA  
CETESB - São Paulo, 1975
45. - MOODHE, Neil S.  
CORRECT METER SIZING  
Journal AWWA - USA, vol.59, nº 1, janeiro/1967
46. - NETUNE, Meter Company  
CATÁLOGO GERAL DE HIDRÔMETROS  
New York - USA, 1975
47. - NORMAS AMERICANAS  
AWWA STANDARD FOR COLD WATER  
METERS-DISPLACEMENT TYPE  
AWWA C700-71, 1971

48. - NORMAS AMERICANAS  
AWWA STANDARD FOR COLD WATER  
METERS-TURBINE TYPE FOR CUSTOMER SERVICE  
AWWA C701-70, 1970
49. - NORMAS AMERICANAS  
AWWA STANDARD FOR COLD WATER  
METERS-PROPELLER TYPE FOR MAIN LINE APPLICATIONS  
AWWA C704 - 1970
- 50 - NORMAS ALEMÃES  
CONTADORES DE ÁGUA PARA CASAS DOMICILIARES  
DIN 3260, dezembro/1954
51. - NORMAS ALEMÃES  
CONTADORES DE GRANDE CAUDAL  
DIN 19625, dezembro/1954
52. - NORMAS DO MERCADO COMUM EUROPEU  
MEDIDORES DE ÁGUA FRIA  
Journal Officiel des Communantes Europeennes  
20/janeiro/1975
53. - O'LEARY, Thamos V.  
METER-READING REVOLUTION  
Journal AWWA - USA, agosto/1971
54. - O.P.S. - Organização Pan American de Saúde  
HIDRÔMETROS  
SAEC - São Paulo, outubro de 1973
55. - ORR, Lyle E., Victor A.Enna e Marvin C.Miller  
ANALYSIS OF A WATER-METER REPLACEMENT PROGRAM  
Journal AWWA - USA, vol.69, nº 2, fevereiro/1977

56. - PARADINE, C.G. e B.H.P. Rivett  
MÉTODOS ESTATÍSTICOS PARA TECNOLOGISTAS  
Editora Poligno - São Paulo, 1974
57. - PUCCINI, e Outros  
ENGENHARIA ECONÔMICA  
PUC - Rio de Janeiro, 1974
58. - RAMEY, Jesse C.  
REMOTE AND ENCODER METER REGISTERS  
Journal AWWA - USA, novembro/1971
59. - SCHLUMBERGER, Medidores  
CATÁLOGO GERAL DE HIDRÔMETROS  
São Paulo, 1976
60. - SHINZATO, Nilo  
PLANEJAMENTO PARA MEDIÇÃO DE LIGAÇÕES PREDIAIS DE ÁGUA  
FEEMA - Rio de Janeiro, setembro/1976
61. - SNIDER, H.E.  
THE METER REVOLUTION  
Journal AWWA - USA, vol.69, nº 2, fevereiro/1977
62. - TEDESCO, Guido  
HIDRÔMETROS DE TRANSMISSÃO MAGNÉTICA  
Revista DAE, nº 73, setembro/1969
63. - TEDESCO, Guido  
TELEMETRIA APLICADA A HIDRÔMETROS  
FEEMA - Rio de Janeiro, 1976
64. - TEDESCO, Guido  
HIDRÔMETROS WOLTMANN  
FEEMA - Rio de Janeiro, 1976

65. - TEDESCO, Guido

TRANSMISSÃO MAGNÉTICA APLICADA A HIDRÔMETROS

FEEMA - Rio de Janeiro, 1976



## EQUIPE TÉCNICA

HILTON DA COSTA LEÃO	(Programação Visual, Montagem e Fotolito)
MARIA JOSÉ DE SANTANA LIMA	(Revisão do Texto)
GERALDO MALHEIROS	(Desenhista)
ANTÔNIO TOMAZ DE OLIVEIRA	(Desenhista)
GETÚLIO SILVA SILVARI	(Impressão)
JOAQUIM SERAFIM	(Laboratório)