

MACROMEDIÇÃO EM POÇOS DE ÁGUA SUBTERRÂNEA

Adalberto Cavalcanti Coêlho

Chefe da UNIDADE DE PLANEJAMENTO E CONTROLE
DA MICROMEDIÇÃO
COMPESA - COMPANHIA PERNAMBUCANA DE SANEAMENTO

ABSTRACT

This article provides informations about measurement of Ground Water in Wells with counters of velocity.

1.0 INTRODUÇÃO

Na prática a eficiência de poços de captação de água subterrânea diminui com o passar do tempo, devido a fatores como: colmatção do filtro e desgaste do conjunto moto-bomba. Muitas vezes esta eficiência é prejudicada por variação da tensão na rede elétrica de alimentação do conjunto moto-bomba, do nível do "cone de depressão" ou por qualquer imperfeição na montagem do conjunto. Com a utilização da macromedição, estas reduções de volume produzido são percebidas precocemente, permitindo uma ação imediata na correção da causa ou das causas. Um diagnóstico tardio pode levar a enormes prejuízos, com danificação do equipamento e tendo como principal agravante o fato de que o conhecimento do problema somente ocorrerá quando das crises de abastecimento de água. É possível comparar um "termômetro clínico" que permite a verificação da existência de febre ou não, em um indivíduo, com a macromedição que permite a visualização de qualquer problema que leve à redução da produção, propiciando condições à execução de medidas corretoras em tempo hábil.

Este trabalho apresenta uma técnica para medição de poços profundos, fornecendo os subsídios necessários ao discernimento e solução do problema.

Mostra desde a forma mais simples até a mais avançada, que utiliza a aparelhos registradores de vazão que funcionam por impulsos elétricos, permitindo a leitura à distância.

2.0 HISTÓRICO

Os medidores de água que usam como princípio a proporcionalidade, existente entre o número de revoluções de uma turbina, sob ação dinâmica de um fluido qualquer e o seu volume, tem sido largamente utilizado desde muito tempo.

Já em 1970 o engenheiro Alemão Reinhard Woltmann, introduzia o molinete para medição de rios e canais.

Hoje, tal foi o avanço tecnológico alcançado por estes instrumentos de medição que estes têm sido largamente utilizado pelos países mais avançados industrialmente.

No Brasil, a sua técnica de utilização já atinge a um elevado grau de avanço tecnológico. Portanto, esta representa uma solução prática para a macromedição que pode redundar na economia de milhares de cruzeiros, decorrentes de desperdício de energia elétrica e/ou desgaste prematura de equipamento, provocados pela operação "as cegas".

3.0 TIPOS DE MEDIDORES

Apresentamos a seguir os medidores estudados no presente trabalho, os quais podem ser utilizados na medição do volume de água produzida por poços:

- . hidrômetros WOLTMANN verticais;
- . hidrômetro WOLTMANN horizontais;
- . turbo-medidor;
- . medidor de derivação.

3.1 HIDRÔMETROS WOLTMANN VERTICAIS

3.1.1 COMUM

São aparelhos cujo eixo da turbina trabalha perpendicularmente ao eixo da tubulação, onde está instalado. Atualmente é o hidrômetro WOLTMANN o mais conhecido e utilizado no Brasil. Em termos de sensibilidade, perda de carga e custo, está situado entre o "medidor composto e o Woltmann horizontal".

No QUADRO a seguir apresentamos a comparação do limite inferior de exatidão para medidores de 50mm de bitola.

T I P O	MEDIDOR COMPOSTO	WOLTMANN VERTICAL	WOLTMANN HORIZONTAL
Limite inferior de exatidão (l/h)	30	250	800

A utilização deste tipo de aparelho é recomendada quando:

- . instalação rigorosamente na horizontal;
- . vazões a partir de 250 l/h ;
- . águas de elevado custo;
- . em circunstâncias onde a perda de carga não é crítica.

O QUADRO a seguir apresenta as características de funcionamento de um hidrômetro WOLTMANN vertical, de fabricação da TECNOBRÁS.

DÍAMETRO NOMINAL (mm)	50	80	100	150			
VAZÃO NOMINAL m ³ /h	30	110	180	350			
VAZÃO CONSTANTE m ³ /h	15	55	90	200			
VAZÃO SEPARADORA m ³ /h	3	6	9	15			
VAZÃO MÍNIMA	0,220	0,350	0,600	0,900			
COMPRIMENTO mm	270	300	300	300	360	400	500
PRESSÃO MAX. SERVIÇO bar	16	40	16	40	16	40	16
		64		64		64	
PESO kg	19	35	30	50	36	76	96

Apresentam-se no QUADRO seguinte as características de funcionamento de hidrômetros WOLTMANN vertical do Liceu de Artes e Ofício de São Paulo.

DIÂMETRO NOMINAL	MILÍMETRO	50	80	100	150
	POLEGADA	2"	3"	4"	6"
Vazão com perda 1 m.c.a.	m ³ /h	18	40	60	125
Limite inferior de exatidão (5%)	m ³ /h	0,35	0,65	0,85	1,50
Vazão separadora (2%)	m ³ /h	3	6	9	15
Vazão contínua	m ³ /h	15	55	90	200
Vazão máxima momentânea	m ³ /h	30	110	180	350
Vazão c/trabalho de 10 horas	m ³ /dia	150	550	900	2.000
Vazão c/trabalho de 24 horas	m ³ /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 ³	0,01			0,1
	máxima m ³	1.000.000			10.000.000

Apresenta-se no gráfico abaixo as curvas de perdas de pressão destes aparelhos de acordo com a vazão e a bitola correspondente.

CURVAS DE PERDA DE CARGA

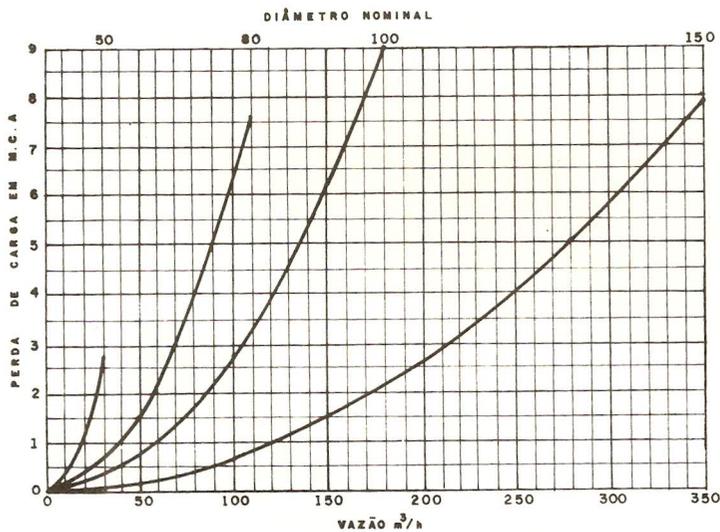


FIG. 3 - Curvas de perda de pressão para hidrômetro WOLTMANN vertical - TECNOBRÁS.

DIÂMETRO	mm	50	80	100	150
VAZÃO PARA UMA PERDA DE CARGA DE 1 m.c.a.	m ³ /h	18	40	60	125

Na figura a seguir apresentamos um hidrômetro WOLTMANN vertical. ver
tical.

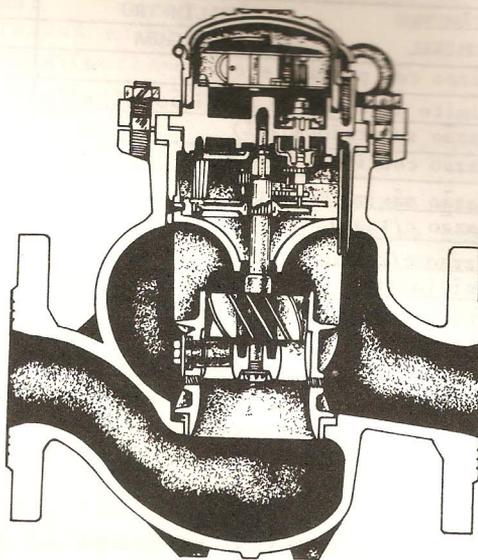


FIG. 1 - Hidrômetro WOLTMANN vertical de fabricação da TECNOBRÁS.

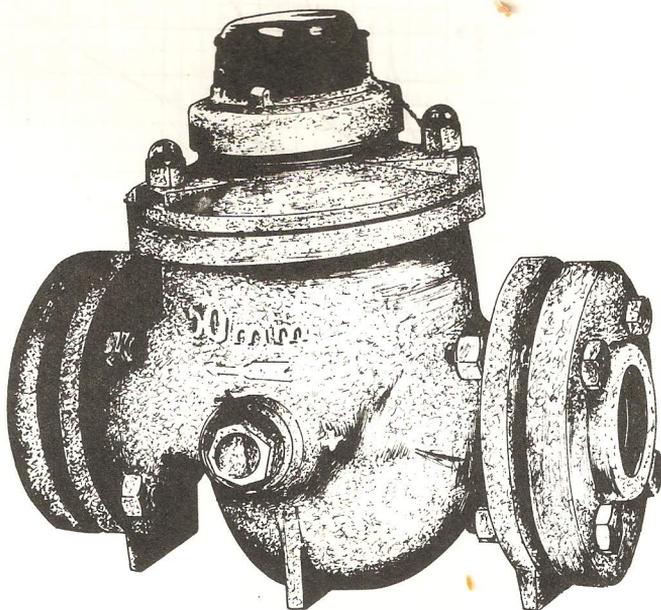
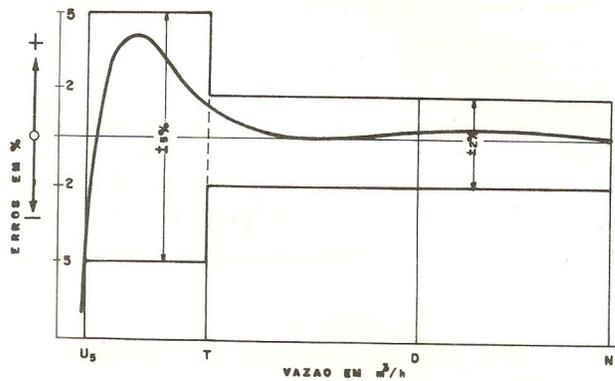


FIG. 2 - Hidrômetro WOLTMANN de fabricação do Liceu de Artes e Ofícios de São Paulo

Na FIGURA 4 apresentamos a curva de precisão de hidrômetro WOLTMANN vertical para água fria e para quente.

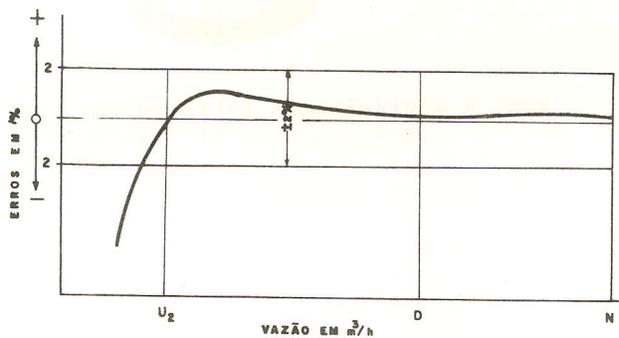
CURVA DE ERROS

(HIDRÔMETROS ÁGUA FRIA)



CURVA DE ERROS

(HIDRÔMETROS DE ÁGUA QUENTE)



- N = CAPACIDADE NOMINAL
- D = VAZÃO MÁXIMA CONTÍNUA
- T = VAZÃO SEPARADORA
- U₂ = LIMITE DE PRECISÃO DE ±2%
- U₅ = LIMITE INFERIOR DE EXATIDÃO ±5%

FIG. 4 - Curva de erros de hidrômetros WOLTMANN vertical.

3.1.2 ESPECIAIS

São hidrômetros Woltmanns verticais, cujos formatos das carcaças, diferenciam-se das convencionais devido a entrada e saída de água formarem um ângulo de 90°. Estes aparelhos são instalados diretamente nos poços. (Vide capítulo "Esquemas de Instalações").

DIÂMETRO NOMINAL	mm	80	100	150	200
VAZÃO NOMINAL	m ³ /h	100	150	300	600
VAZÃO CONSTANTE	m ³ /h	50	70	150	300
VAZÃO SEPARADORA	m ³ /h	6	9	15	40
VAZÃO MÍNIMA	m ³ /h	0,5	0,6	1,2	4

Na FIGURA 5 é apresentado um hidrômetro WOLTMANN para poços.



FIG. 5 - Hidrômetro WOLTMANN para poços de fabricação HIDROMET-TECNOBRÁS.

3.2 HIDRÔMETROS WOLTMANN HORIZONTAIS

São medidores axiais cujo eixo da turbina trabalha paralelamente ao eixo da tubulação, no qual este assenta. Estes aparelhos caracterizam-se pela baixa perda de carga, sendo largamente utilizados em macromedição. Na figura 6 apresentamos:

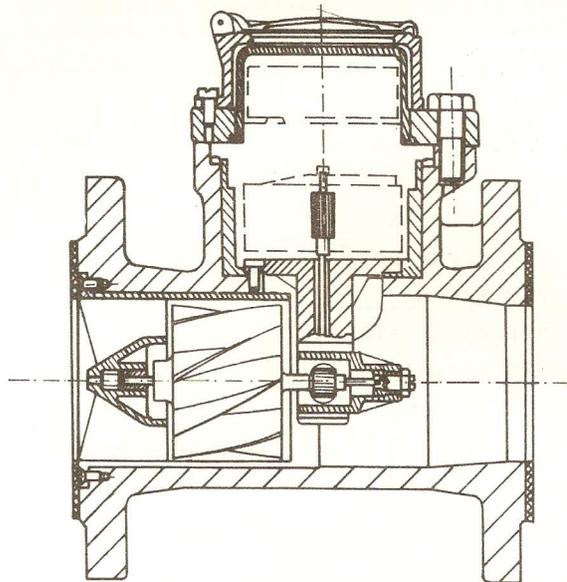


FIG. 6 - Hidrômetro WOLTMANN horizontal de fabricação da TECNOBRÁS.

Apesar de ter limite inferior de exatidão superior ao dos Woltmanns verticais, estes aparelhos apresentam um maior período de funcionamento, sem manutenção. Em seguida, apresenta-se as características de funcionamento de hidrômetros Woltmanns horizontais da TECNOBRÁS.

A relação entre as perdas e as vazões correspondentes para este tipo de medidor estão apresentadas na figura 7.

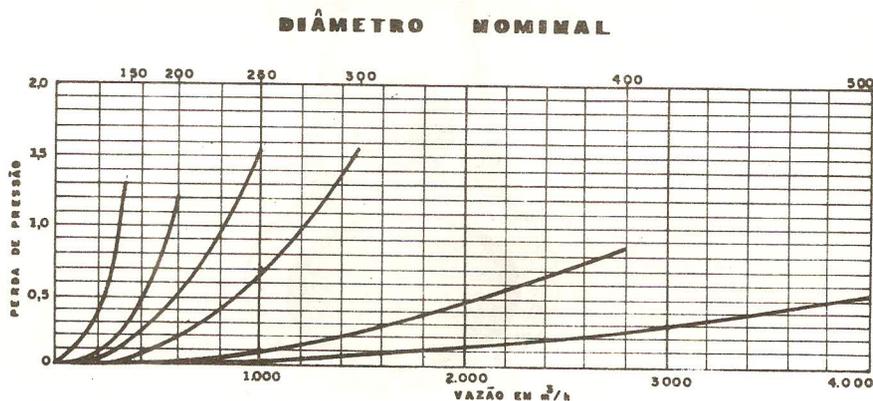


FIG. 7 - Curvas de perda de pressão para hidrômetros WOLTMANNs horizontal de fabricação da MEINECKE.

DIÂMETRO	mm	150	200	250	300	400	500
VAZÃO PARA UMA PERDA DE PRESSÃO DE 1 m.c.a.		320	550	800	1450	3000	5500

Apresentamos no QUADRO seguinte as características de funcionamento dos hidrômetros Woltmanns horizontais de 150 a 250 mm de diâmetro.

DIÂMETRO NOMINAL		mm	150	200	250
TEMPERATURA ATÉ 40° C			Curva de Erro I		
água fria	VAZÃO MÁXIMA	m ³ /h	350	600	1000
	VAZÃO CONSTANTE	m ³ /h	200	325	500
	VAZÃO SEPARADORA ± 2%	m ³ /h	30	50	80
	VAZÃO MÍNIMA	m ³ /h	3,5	7	12
TEMPERATURA ATÉ 200° C			Curva de Erro II		
água quente	VAZÃO MÁXIMA	m ³ /h	200	400	600
	VAZÃO CONSTANTE	m ³ /h	125	200	300
	VAZÃO MÍNIMA ± 2%	m ³ /h	20	40	80

3.3 TURBO-MEDIDOR

São medidores axiais que se diferenciam dos Woltmanns pela forma da turbina. Apresentam baixíssima perda de carga e têm um longo período em serviço sem manutenção. Seu limite inferior de exatidão é superior ao Woltmann horizontal. Na figura seguinte apresentamos um aparelho de fabricação do Liceu de Artes e Ofício de São Paulo - L.A.O.

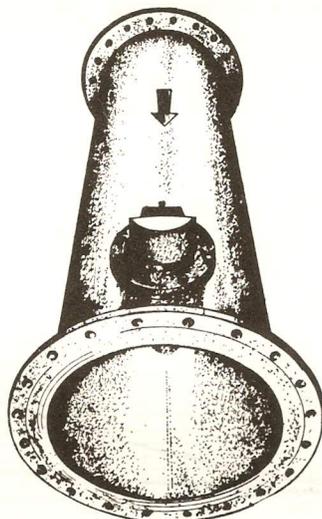
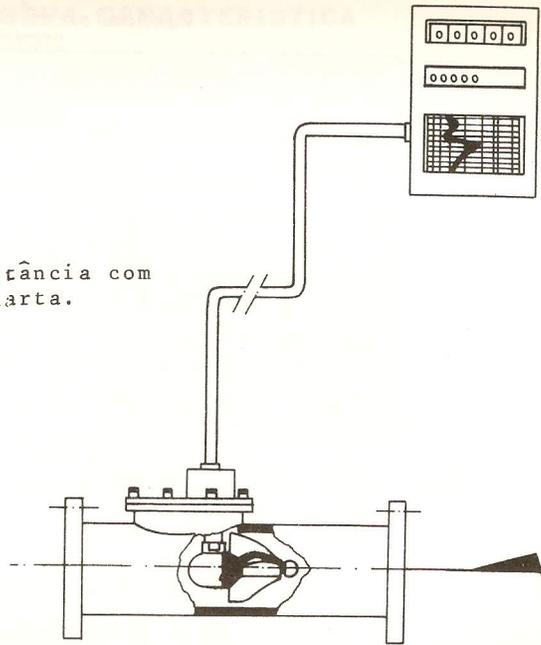


FIG. 8 - Macromedidor de fabricação do Liceu de Artes e Ofício de São Paulo-L.A.O.

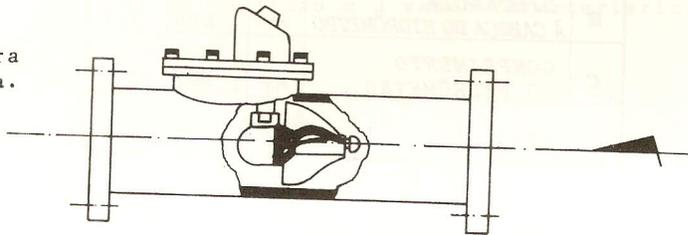
As características de funcionamento são apresentadas a seguir, são para medidores de 200 a 250mm, no entanto, são fabricados medidores até 1.200mm de diâmetro.

FIG. 8A - Esquemas de
leitura à distância.

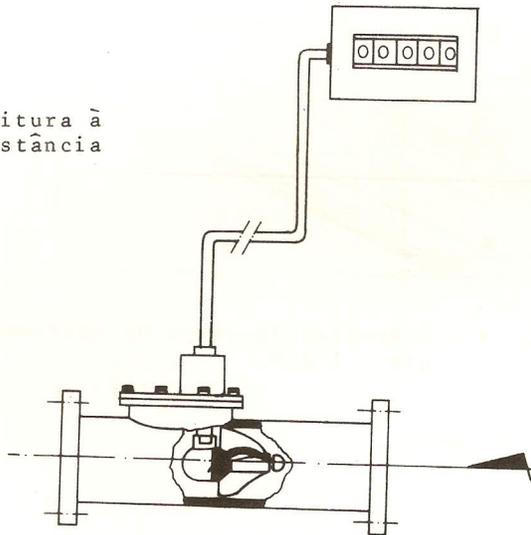
Leitura à distância com
registro em carta.



Leitura
direta.



Leitura à
distância



Vazões em m³/h

BITOLA	mm	200	250
	pol	8"	10"
Vazão característica máxima momentânea		600	1100
Vazão contínua		325	550
Vazão separadora		65	110
Vazão mínima		39	65
Início de funcionamento		16	27

Estes aparelhos registram com impulsos auto gerados, têm câmara registradora selada, podendo ser utilizados para leitura a distância, indicador de vazão instantânea eletrônico e registrador de vazão analógico.

É apresentado em seguida, QUADRO de dimensões e desenho respectivo dos macromedidores L.A.O. de 200 e 250mm.

COTA	BITOLA	mm	200	250
		pol	8"	10"
A	ALTURA DA FLANGE SUP.	mm	156	182
B	DISTÂNCIA À CABEÇA DO HIDRÔMETRO	mm	200	200
C	COMPRIMENTO DO HIDRÔMETRO	mm	1.000	1145
	PESO	kg	83	126

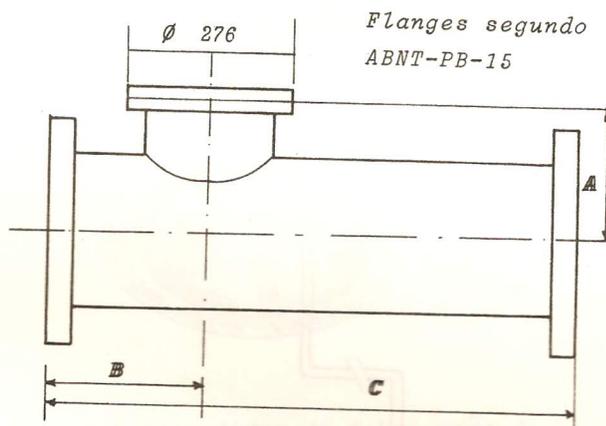


FIG. 9 - Dimensões do corpo do macromedidor - L.A.O.

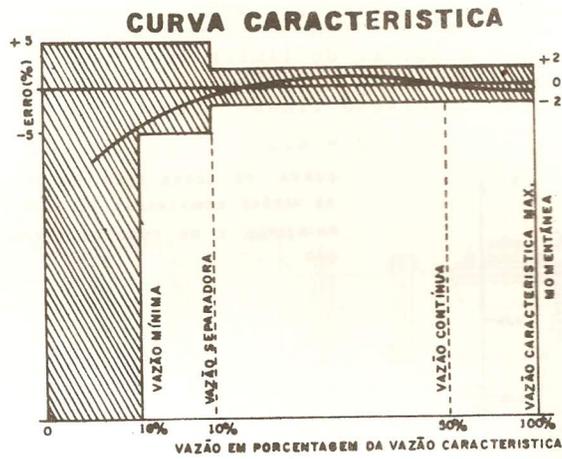


FIG. 10 - CURVA CARACTERÍSTICA DO MACROMEDIDOR
LICEU DE ARTES E OFÍCIOS DE SÃO PAULO

3.4 MEDIDOR DE DERIVAÇÃO

O medidor de derivação é fundamentalmente um tubo de grande diâmetro, ao qual está ligado um tubo de derivação de pequeno diâmetro. (Vide figura 2). O seu princípio de funcionamento baseia-se na proporcionalidade existente, entre as vazões que passam no "tubo principal" e no hidrômetro assente na tubulação de derivação.

Este aparelho desenvolvido na COMPESA e o seu prototipo, apresentam uma precisão superior a 95% para vazão entre o limite inferior de exatidão e a vazão característica.

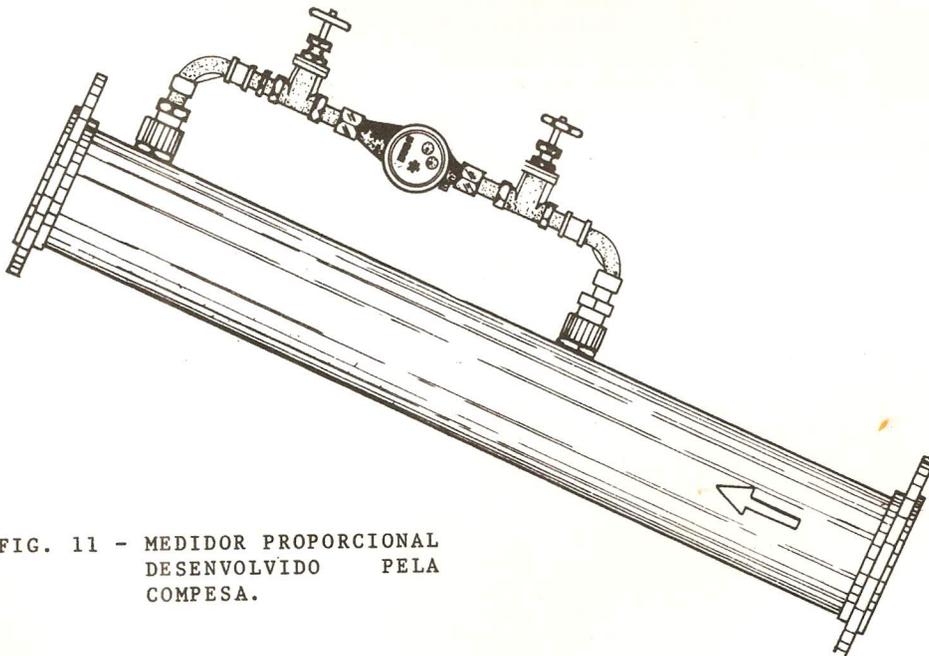
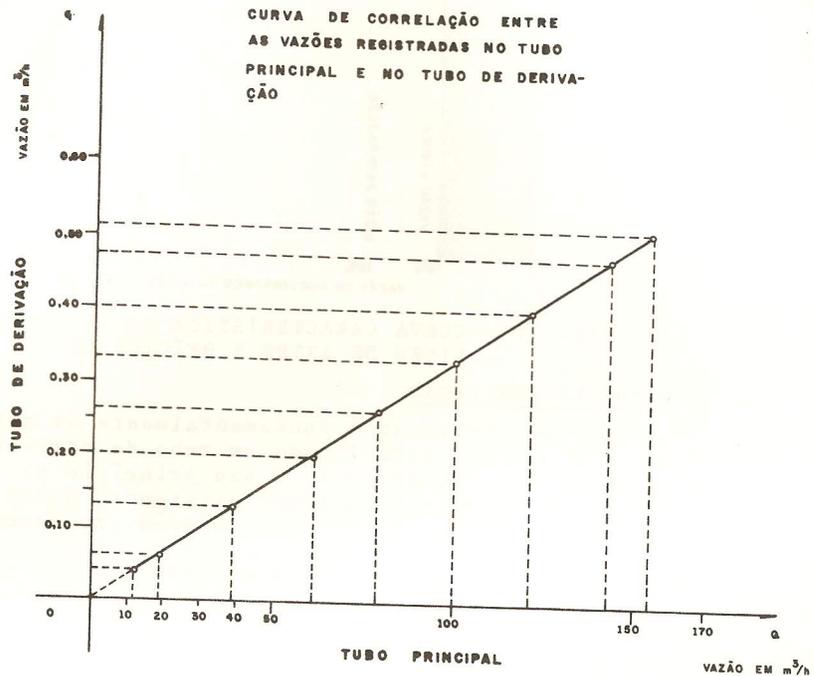


FIG. 11 - MEDIDOR PROPORCIONAL
DESENVOLVIDO PELA
COMPESA.

Apresentamos a seguir, a curva de correlação de vazões na tubulação principal (corpo do medidor) e no hidrômetro. Verifica-se que a partir do limite inferior de exatidão, 10% da vazão característica a 100%, a curva é uma reta, existindo perfeita correlação linear. Logo:

$$Q = K \cdot q$$



onde: Q - vazão no tubo principal
q - vazão no hidrômetro
K - coeficiente de correlação

FIG. 12 - Curva de correlação da quantidade de água que atravessa o tubo principal e a derivação. (medidor proporcional de 150mm).

4.0 ESQUEMAS DE INSTALAÇÃO

A instalação de macromedidores deve obedecer determinados padrões, a fim de ser possível obter a precisão recomendada, evitando-se interferência na medição, provocados por elementos estranhos. As distâncias mínimas recomendáveis para a obtenção de uma medição confiável para cada tipo de medidor, são apresentados neste capítulo.

O esquema de instalação de hidrômetros WOLTMANN VERTICAL para poços de água subterrânea é apresentado na página a seguir. A figura 13 permite ver a simplicidade de instalação e a economia com o aparelho instalado diretamente no poço. Este esquema permite a manutenção do medidor sem retirar o seu corpo, mas, apenas o mecanismo de medição.

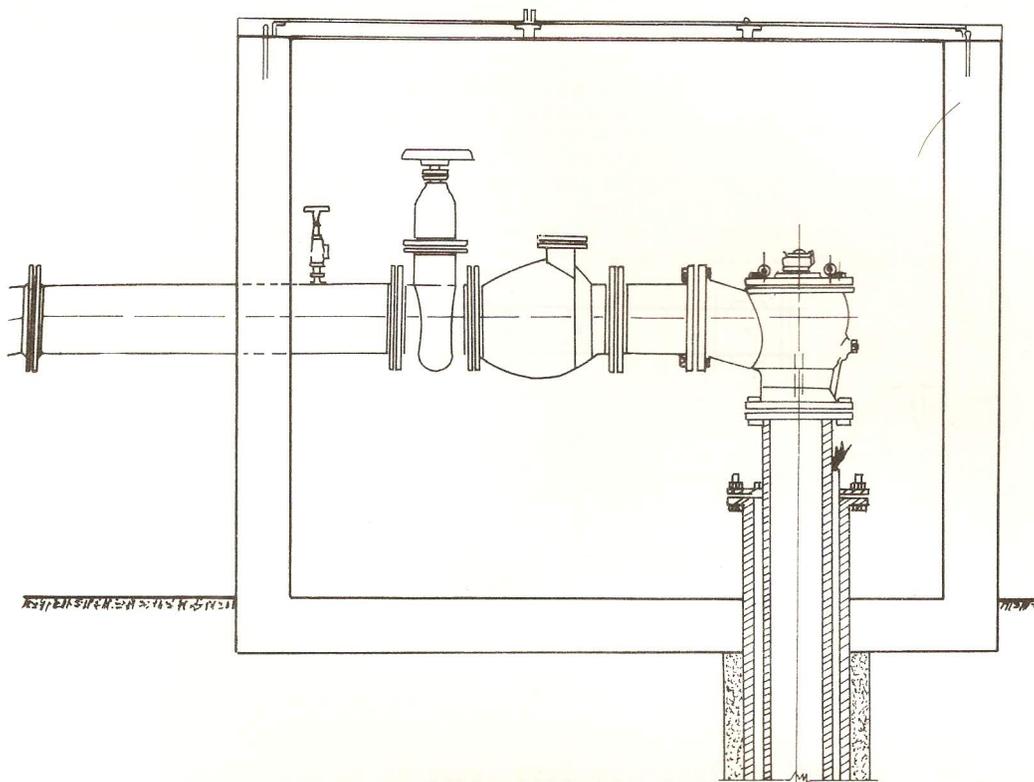


FIG. 13 - Esquema de instalação de hidrômetro WOLTMANN para poços, com abrigo de proteção.

Na figura 14, apresenta-se esquemas de instalação WOLTMANN horizontal. Detalha-se as distâncias mínimas a observar, evitando-se erros de medição para os medidores horizontais em referência.

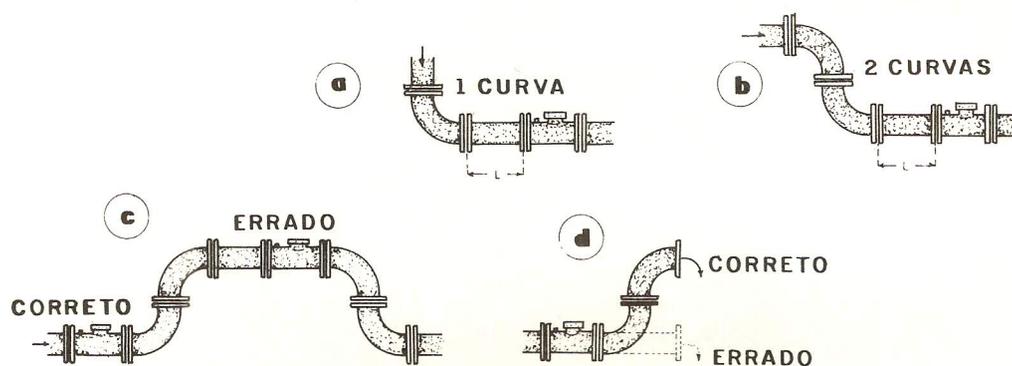


FIG. 14 - Esquemas de instalação para hidrômetros WOLTMANNs, instalados em tubulação horizontal.

. Legenda:

C - medidor
 S - estabilizador de fluxo
 P - elemento perturbador

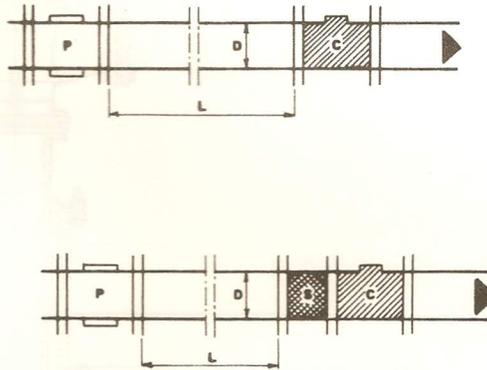


FIG. 15 -

- 1º CASO Diâmetro do tubo igual ao do medidor.
2º CASO Diâmetro do tubo superior ao de medidor, deve-se colocar uma redução cônica.
3º CASO Diâmetro do conduto inferior ao do medidor, deve-se colocar uma redução cônica com no máximo 12º.

ELEMENTOS PERTURBADORES SITUADOS ANTES DO MEDIDOR	DISTÂNCIA MÍNIMA NA RETILÍNEA	
	SEM ESTABILIZADOR	COM ESTABILIZADOR
REGISTRO	20D	8D
PLACA DE ORIFÍCIO	20D	8D
BOMBA CENTRÍFUGA	15D	0
TÊ	12D	0
1 CURVA	12D	0
2 CURVAS	20D	0
TÊ E CURVA	20D	0
FILTRO	15D	0

5.0 BANCADAS DE AFERIÇÃO PORTÁTIL

A aferição inicial do volume de água de um poço subterrâneo, pode ser efetuado com bancada portátil, obtendo-se uma precisão em torno de 2%.

Apresentamos a seguir, uma bancada de aferição utilizando hidrômetro Woltmann vertical. (figura 16).

Este aparelho pode ser instalado, com aparelho de registro instantâneo e registrador de gráfico, dando opção a conseguir-se a vazão instantânea também. No momento os registradores de corte ainda são importados pela inexistência de fabricante nacional.

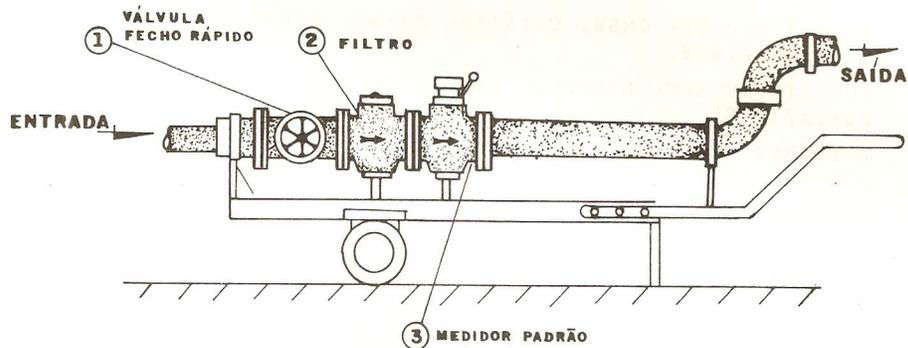


FIG. 16 - Bancada de aferição portátil, modelo L.A.O. São Paulo.

6.0 A EXPERIÊNCIA DA COMPESA

A COMPESA tem utilizado com sucesso macromedidores permanentes em poços.

Estes aparelhos de fabricação nacional têm elevado grau de precisão e manutenção prática e econômica. A sua operação pode ser feita perfeitamente por operadores de pouca instrução, pois a leitura é ciclométrica (direta).

Na foto apresentada na figura 17, apresenta-se um dos hidrômetros instalado em um poço de Recife.



7.0 CONCLUSÕES

Os hidrômetros representam a adequada para a implantação de macro medição, em poços de água subterrânea.

Este equipamento hoje utilizado largamente por vários países, pro pícia um acentuado grau de precisão. Pela simplicidade de opera ção, adequa-se perfeitamente ao nível da mão de obra normalmente disponível.

A manutenção e aferição pode ser efetuada a baixo custo pelas ofi cinas de hidrômetros existentes nas Empresas de Saneamento Bási co.

Pela experiência hoje existente no Brasil com tal medidor, acredi tamos ser na atualidade a melhor opção de macromedição.

8.0 BIBLIOGRAFIA

- . BOPP J REUTHER GMBH, Catálogo Geral, Mannheim Alemanha/1978.
- . COMPUTEURS SCHLUMBERGER, Catálogo Geral Paris/1978.
- . HIDROMET TECNOBRÁS, Catálogo Geral São Paulo/1980.
- . H.MEINECKE AG, catálogo Geral Hannover/1979
- . LÍCEU DE ARTES E OFÍCIOS DE SÃO PAULO, catálogo Geral São Paulo/1980.
- . MARTINS, GERALDO- Pesquisa de Perdas na cidade de Recife COMPESA, Recife/1980
- . TEDESCO, GUIDO - Hidrômetros WOLTMANN'S Rio de Janeiro/1976.
- . PINHO, JOÃO HAROLDO - "Macromedição-Medidor de Derivação uma solução para os sistemas de pequeno e médio porte" - Revista Engenharia Sanitária - Rio de Janeiro-jul/set/1979.