

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

ALUNO : Flávio de Queiroz Costa
ORIENTAÇÃO : Eduardo Eneas de Figueiredo

CAMPINA GRANDE / PB

Julho de 1992



Biblioteca Setorial do CDSA. Maio de 2021.

Sumé - PB

Í N D I C E

		Página
1.	INTRODUÇÃO	03
2.	PERDA DE CARGA LINEAR EM CONDUTOS FORÇADOS	04
2.1	Introdução	04
2.2	Desenvolvimento Teórico	04
2.3	Desenvolvimento Prático	07
2.4	Resultados e discussão	08
3.	AFERIÇÃO DE DIAFRAGMA	13
3.1	Introdução	13
3.2	Desenvolvimento Teórico	13
3.3	Desenvolvimento Prático	16
3.4	Resultados e Discussão	17
4.	MEDIÇÃO DE VELOCIDADE EM CANAIS COM MICRO MOLINETE	19
4.1	Introdução	19
4.2	Desenvolvimento Teórico	19
4.3	Desenvolvimento Prático	21
4.4	Resultados e Discussão	23
5.	DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE DESCARGA DE UM VERTEDOR DELGADO	25
5.1	Introdução	25
5.2	Desenvolvimento Teórico	25
5.3	Desenvolvimento Prático	30
5.4	Resultados e Discussão	30
6.	DETERMINAÇÃO DA VAZÃO USANDO VERTEDORES DE SOLEIRA DELGADA E ESPESSA	35
6.1	Introdução	35
6.2	Desenvolvimento Teórico	35
6.3	Desenvolvimento Prático	36
6.4	Resultados e Discussões	36
7.	CHAMINÉ DE EQUILÍBRIO	39
7.1	Introdução	39
7.2	Desenvolvimento Teórico	39
7.3	Desenvolvimento Prático	40
7.4	Resultados e Discussões	41
8.	CONCLUSÃO	42
	BIBLIOGRAFIA	43

O presente relatório refere-se as atividades desenvolvidas, em caráter de estágio supervisionado, durante a implantação e realização de 6 (seis) experiências ligadas à disciplina de Hidráulica do Curso de Engenharia Civil do Centro de Ciências e Tecnologia da UFPb, consolidando o ensino da mesma no âmbito da formação profissional qualificada.

Foram implantadas e desenvolvidas as seguintes experiências:

- 1) Perda de carga linear em condutos forçados
- 2) Aferição de diafragma
- 3) Medição de velocidade em canais com micro-molinete
- 4) Determinação do coeficiente de descarga de um vertedor delgado
- 5) Determinação da vazão usando :
 - Vertedor de soleira delgada (retangular e triangular)
 - Vertedor de soleira espessa
- 6) Chaminé de equilíbrio (válvula de alívio)

Através deste relatório são apresentados os fundamentos teóricos necessários à realização de cada experimento, bem como a metodologia para a realização dos mesmos, dando também, a este relatório o caráter de apostilha.

Os resultados obtidos em cada experimento são apresentados e discutidos, para melhor compreensão do experimento.

2. PERDA DE CARGA LINEAR EM CONDUTOS FORÇADOS

2.1 Introdução

Tem-se por objetivo deste experimento a determinação do fator de atrito (f) de uma tubulação a partir da perda decarga linear em tubulações sob pressão. O estudo é realizado em uma tubulação de ferro galvanizado com 1/2" de diâmetro 6 metros de comprimento, onde estão instaladas quatro tomadas de pressão (figura 2.1). A descarga no final da tubulação é controlada através de um registro de gaveta. Os resultados obtidos são mostrados e discutidos.

2.2 Desenvolvimento Teórico

Nos escoamentos de fluidos em canalizações sob pressão, ocorre uma perda de carga (energia perdida) devido aos fenômenos que ocorrem no interior da massa líquida em movimento, como os esforços tangenciais originados pelo atrito entre duas camadas de líquido, pelas diferentes velocidades dos filetes líquidos ou pelas perdas de energia decorrentes dos choques recíprocos das partículas. O atrito entre o líquido e as paredes do conduto só indiretamente contribuem para a perda de energia.

Os filetes líquidos deslocam-se com maior ou menor velocidade dependendo da relação entre as forças inerciais e viscosas, quantificada pelo número de Reynolds (equação 2.1).

Dois regimes distintos caracterizam o escoamento nas canalizações sobre pressão: o laminar, que possui número de Reynolds inferior a 2000, característico de pequenas velocidades, pequenos diâmetros e líquidos densos, e outro apresentando número de Reynolds superior a 4000, caracterizado por grandes velocidades e diâmetros e fluidos com baixa viscosidade, chamado regime turbulento. Há uma faixa do número de Reynolds que está entre 2000 e 4000 que não é característica de nenhum regime de escoamento, faixa esta denominada de transição, na qual nada pode-se afirmar a respeito do escoamento.

No regime laminar as perdas têm grande influência do atrito entre as camadas líquidas enquanto que no regime turbulento considera-se também os efeitos dos choques das partículas, muito influenciados pela rugosidade do conduto, que quanto maior for, maior será a turbulência.

O número de Reynolds permite conhecer o regime do escoamento, dado pela relação adimensional:

Figura 2.1 -

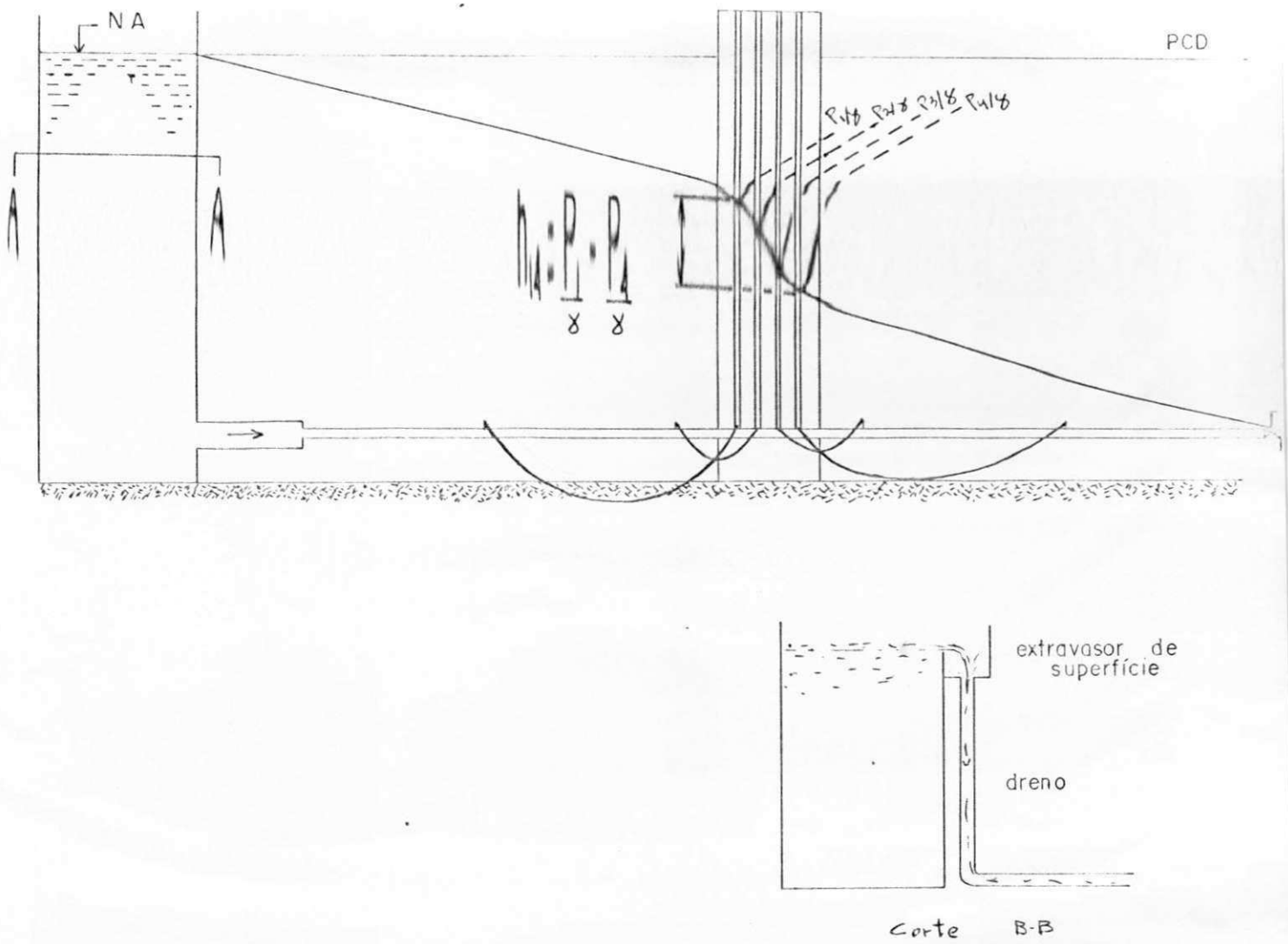


figura 2.1

$$N_r = VD / \nu$$

(2.1)

onde:

V = velocidade média de escoamento

D = dimensão linear, característica do conduto
(diâmetro)

ν = viscosidade cinemática

A perda de carga pode ser calculada a partir da equação universal da perda de carga, desde que se conheça o fator de atrito (f) do tubo, o comprimento considerado (L) e a energia cinética de escoamento. O processo de determinação do fator de atrito a partir da equação universal implica no conhecimento das cotas piezométricas entre dois pontos e da vazão. De acordo com a equação universal:

$$f = h_p D 2g / LV^2 \quad (2.2)$$

onde:

f = fator de atrito;

h_p = perda de carga no conduto;

L = comprimento da tubulação entre as tomadas de pressão;

D = diâmetro da tubulação;

V = velocidade média do escoamento.

g = aceleração da gravidade

Pela equação da energia (figura 2.1), as perdas por unidade de peso são dadas por :

$$(z_1 - z_2) + (p_1/\gamma - p_2/\gamma) + (v_1^2/2g - v_2^2/2g) = h_{12} \quad (2.3)$$

onde os índices 1 e 2 indicam o local onde se calcula a energia disponível, γ é o peso específico do fluido e:

Z = energia potencial por unidade de peso;

p/γ = energia de pressão por unidade de peso;

$v^2/2g$ = energia cinética por unidade de peso.

Para escoamento uniforme, $V_1 = V_2$, logo:

$$h_{12} = (Z_1 + p_1/\gamma) - (Z_2 + p_2/\gamma) \quad (2.4)$$

Onde constata-se que a perda de carga entre duas seções é igual a diferença das cotas piezométricas. Para uma tubulação horizontal em que $Z_1 = Z_2$, a perda de carga é dada por :

$$h_{12} = (p_1 - p_2)/\gamma \quad (2.5)$$

Substituindo-se a equação (2.5) na equação (2.2) pode-se determinar o fator de atrito (f) conhecendo-se a pressão entre dois pontos distantes L entre si e a vazão pela relação:

$$f = 12,1(p_1/\gamma - p_2/\gamma) D^5 / LQ^2 \quad (2.6)$$

2.3 Desenvolvimento Prático

O experimento sobre perdas de carga em condutos forçado é realizado em um sistema com as características descritas abaixo.

O sistema de abastecimento é composto por um reservatório cilíndrico, que é constantemente alimentado por um conjunto motor bomba que recalca água de um tanque central; o nível do tanque cilíndrico é controlado por um extravasor na superfície permitindo uma carga fixa de 1,57 m em relação a tubulação.

A tubulação é de ferro galvanizado, tem diâmetro de 1/2", e é conectada ao reservatório onde estão instaladas quatro tomadas de pressão distantes 1 m entre si (Figura 2.1). As cargas piezométricas são lidas num painel graduado, diretamente em m.c.a. No fim da tubulação encontra-se um registro para controle de vazão, que é medida a partir de um balde aferido volumetricamente, cronometrando-se o tempo para o seu enchimento. O balde possui um piezômetro instalado lateralmente onde já se conhece a relação entre a leitura e o volume (1 cm = 165,4 ml). O balde possui um volume inicial, relativo ao zero do piezômetro, que deve ser computado no cálculo do volume final para a determinação da vazão. O volume final, em litros, é dado por:

$$\text{Vol} = L * (165,4) + 772 / 1000 \quad (2.7)$$

onde L é a leitura do piezômetro.

O procedimento deste experimento segue os seguintes passos:

a) Estabilização do sistema de alimentação que consiste no estabelecimento da vazão constante.

b) Abertura parcial do registro, previamente estabelecida para que se possa realizar seis medições diferentes intercalando-se as aberturas em intervalos de 20 minutos necessários para a estabilização do sistema de alimentação.

c) Registrar as leituras piezométricas e colher a água no balde acionando simultaneamente o cronômetro para o cálculo da vazão pela relação:

$$Q = \text{Vol}/\text{tempo} \quad (2.8)$$

2.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados do experimento estão apresentados na Tabela 2.1.

A tabela 2.2 abaixo resume os resultados obtidos do fator de atrito usado a equação (2.6) para as vazões ensaiadas no laboratório.

Tabela 2.1 - Perda de Carga Linear em Condutos Forçados

L (cm)	tempo (s)	Q (l/s)	\bar{Q} (l/s)	N_r (-)	$P_1/\&$ (cm)	$P_2/\&$ (cm)	$P_3/\&$ (cm)	$P_4/\&$ (cm)
9,9	20,63	0,1168						
10,1	20,94	0,1166	0,1167	10620	142,9	129,0	118,2	111,3
9,7	20,33	0,1169						
8,4	12,69	0,1703						
10,0	14,31	0,1695	0,1691	15350	130,3	102,0	79,5	65,5
10,4	14,88	0,1675						
9,0	12,03	0,1879						
9,3	12,31	0,1877	0,1878	1700	124,3	89,2	61,4	44,0
9,1	12,12	0,1879						
9,5	11,84	0,1979						
9,0	11,50	0,1965	0,1962	17900	121,5	83,0	52,6	33,6
9,7	12,22	0,1944						
10,3	12,40	0,1996						
11,3	13,16	0,2000	0,1972	18000	120,3	80,3	48,8	-
10,1	12,72	0,1920						
10,7	12,63	0,2010						
10,3	12,31	0,2010	0,2000	18200	120,0	80,0	48,3	-
9,7	11,85	0,2000						

L = Leitura do balde

Tabela 2.2 - Resumo dos Resultados

Q_r (l/s)	$N_r (*10^{-4})$ (-)	Fator de atrito			
		Perda de carga			
		L = 1m. h=P ₁ -P ₂	L = 2m h=P ₁ -P ₃	L = 3m h=P ₁ -P ₄	e/D = 0,00295
0,1167	1,062	0,041	0,036	0,031	0,036
0,1691	1,535	0,040	0,036	0,030	0,034
0,1878	1,700	0,040	0,036	0,030	0,034
0,1962	1,790	0,040	0,036	0,030	0,034
0,1972	1,800	0,041	0,036	-	0,033
0,2000	1,820	0,040	0,036	-	0,033
0,2040*	1,860	0,040	0,035	-	0,032

(*) Vazão medida sem registro na tubulação
e = 0,15 mm (valor da literatura para ferro galvanizado)

Foram obtidos três valores para o fator de atrito: o primeiro, para P entre as tomadas de pressão 1 e 2, a segunda, entre as tomadas 1 e 3 e finalmente a terceira, entre as tomadas 1 e 4, obtendo-se valores de f maiores nas tomadas mais distantes do registro de gaveta.

Com a rugosidade relativa da tubulação, estimada pela literatura e os números de Reynolds, obteve-se através do diagrama de Moddy (Figura 2.2) os valores para o fator de atrito, em cada vazão ensaiada. Comparando-se estes valores com aqueles obtidos através do ensaio, percebe-se que para P entre as tomadas 1 e 4, mais próxima do registro de gaveta, os valores obtidos em laboratório diferem dos obtidos através do diagrama de Moddy. Isto ocorre devido a influência do registro de gaveta nas tomadas de pressão, sendo necessária uma correção do fator de atrito para obtermos uma perda real caso sejam usadas estas tomadas de pressão.

Sugere-se que o fator de atrito neste caso seja corrigido de 0,89 , valor este obtido através da média dos valores calculados pela relação entre os fatores para $P = P_1/\& - P_3/\&$ e $P = P_1/\& - P_4/\&$. Comparando-se os valores de f do diagrama de Moody, verifica-se que não há grande variação entre os mesmos e aqueles obtidos para $P = P_1/\& - P_3/\&$.

Deve-se observar, entretanto que o fator de correção sugeridos só se aplicam ao sistema ensaiado. Para outro sistema diferente, com posicionamento do registro mais afastado ou mais próximo da última tomada os resultados seriam diferentes. Contudo, a metodologia descrita pode ser adotada para a determinação de novos coeficientes.

Por outro lado, partindo-se do fator de atrito médio calculado pela tabela acima ($f = 0,036$) e número de Reynolds médio ($N_r = 16520$), obtem-se, a partir do Diagrama de Moody, a rugosidade relativa $e/D = 0,008$, resultando numa rugosidade absoluta $e = 0,10$ mm, no que difere daquela indicada pela literatura.

Figura 2.2 - Diagrama de Moody

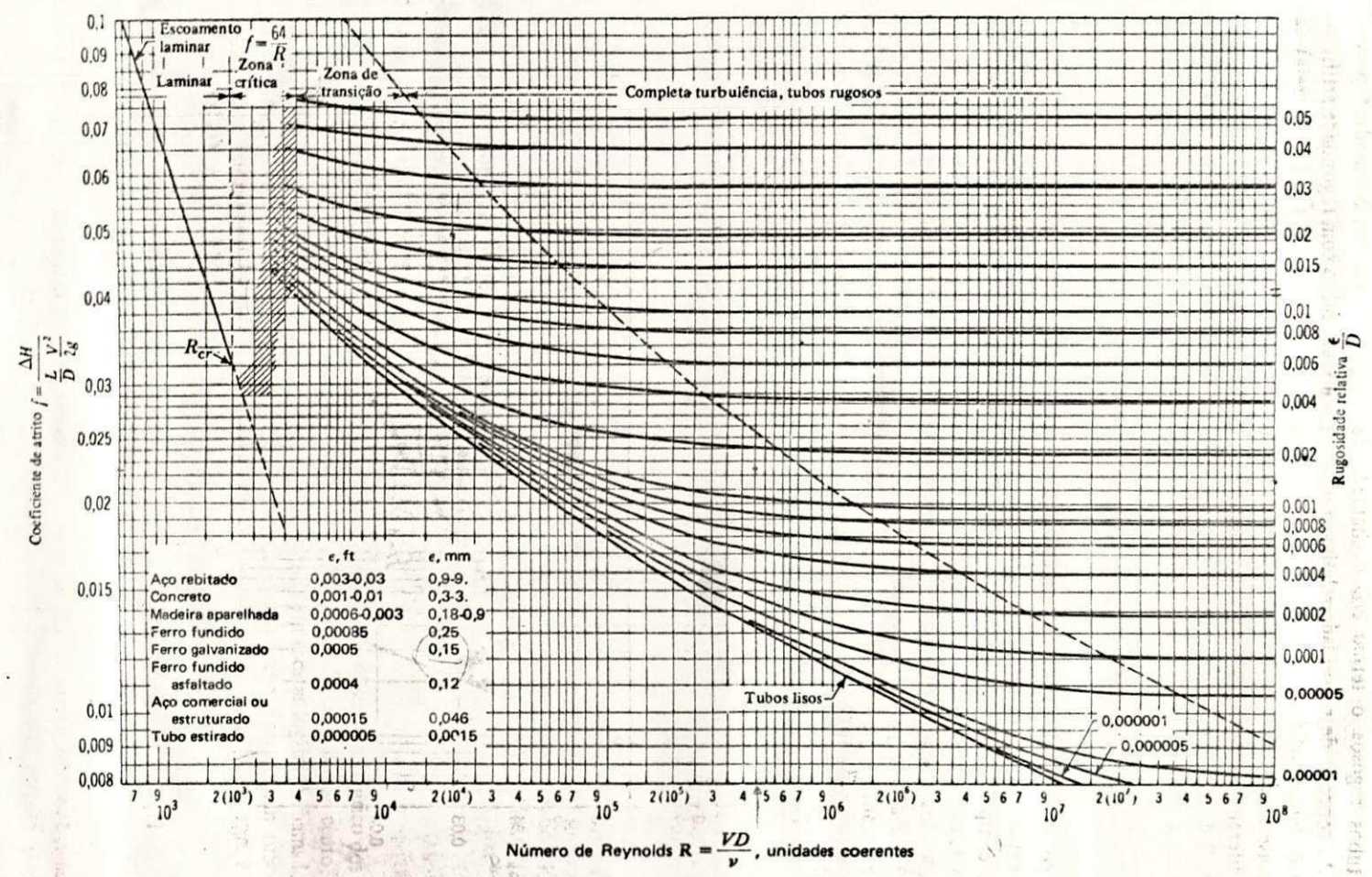


Figura 5.32 Diagrama de Moody.

3. AFERIÇÃO DE DIAFRAGMA

3.1 Introdução

O objetivo do presente experimento é a aferição de um diafragma que possui diâmetro de 2" e é instalado em uma tubulação de 4" com diâmetros concêntricos. O valor a determinar neste estudo é o coeficiente de correção entre a vazão real e a teórica. O diafragma foi confeccionado em PVC e instalado no ponto médio (figura 3.1) da tubulação ; a descarga na tubulação é controlada através de um registro de gaveta.

3.2 Desenvolvimento Teórico

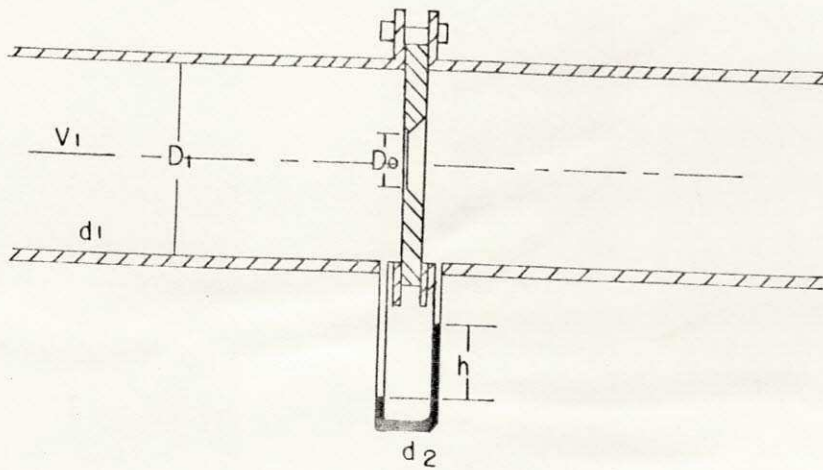
Os diafragmas são dispositivos utilizados para medição de vazão em condutos sobre pressão e consiste em uma chapa com um furo concêntrico ao da tubulação e tomadas de pressão à montante e jusante do mesmo para a medida das pressões. O diâmetro do orifício (D_o) deve estar entre 30% e 80% do diâmetro da canalização (D); a tomada de montante deverá ficar a uma distância correspondente a um diâmetro (D) da face do orifício e a de jusante é inserida a uma distância $D/2$.

O orifício deve ser instalado em trechos retilíneos sem que haja qualquer perturbação próxima; a literatura recomenda as distâncias mínimas apresentadas na tabela 3.1, assim como a diferença de pressão produzida não deve exceder a 2.5 m .

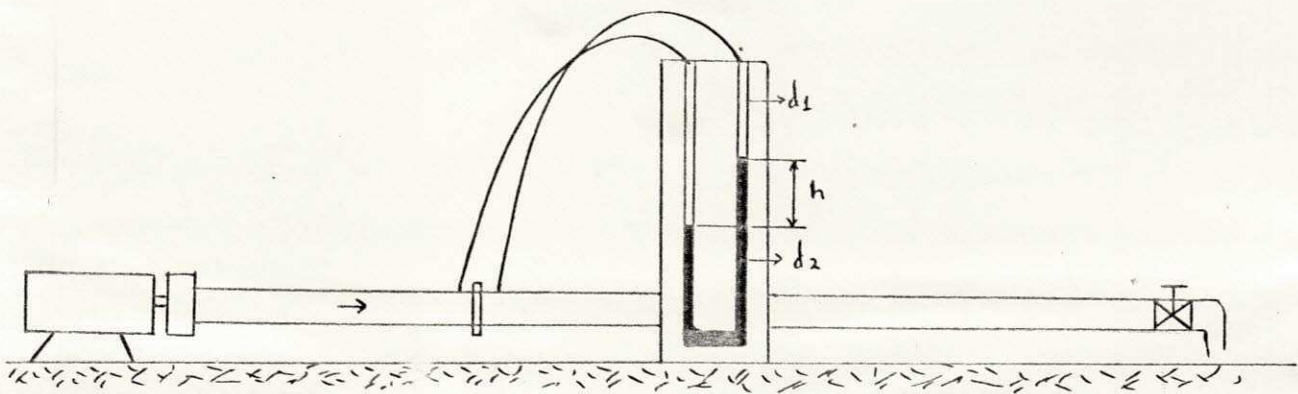
Tabela 3.1 - Distâncias livres mínimas

D/D_o	Comprimento a montante	Comprimento a jusante
1,25	20 * D	5 * D
1,50	12 * D	4 * D
2,00	7 * D	3,5 * D
3,00	3 * D	3 * D

Figura 3.1



Detalhe do Diafragma



Para se obter a vazão teórica a partir da diferença de pressão h entre os pontos (1) e (2), (figura 3.1) aplica-se a equação de Bernoulli aos pontos considerados, obtendo-se a seguinte expressão:

$$P_1/\rho - P_2/\rho = v_2^2/2g - v_1^2/2g \quad (3.1)$$

onde

v_1 = velocidade média do escoamento na tubulação

v_2 = velocidade média da veia líquida no orifício

Pela equação da continuidade, $S_1 v_1 = S_2 v_2$, onde S denota a área de secção transversal, obtém-se para a taquicarga (energia cinética por unidade de peso):

$$(v_2)^2/2g = (v_1 D^2/D_o d^2)^2/2g \quad (3.2)$$

Substituindo-se a equação 3.2 na equação 3.1 obtém-se:

$$v_1 = (2g (P_1/\rho - P_2/\rho))^{1/2} / ((D/D_o)^4 - 1)^{1/2} \quad (3.3)$$

A variação de pressão é determinada analisando-se o manômetro U na figura 3.1, obtendo-se:

$$P_1/\rho - P_2/\rho = (d_2/d_1 - 1)h \quad (3.4)$$

onde h é a leitura no manômetro e d_1 e d_2 são as densidades dos fluidos escoando ($d_1 = 1$ para a água e $d_2 = 13,6$ para o mercúrio) e manométrico respectivamente.

Obtem-se para a vazão teórica, após substituir a equação (3.4) na equação (3.3) combinada com a equação da

continuidade:

$$Q_t = 3,48D_o^2 ((d_2/d_1 - 1)h)^{1/2} / ((D_1/D_o)^4 - 1)^{1/2} \quad (3.5)$$

A relação entre a vazão teórica e a vazão real define o coeficiente de descarga do diafragma de modo que:

$$C_d = Q_r/Q_t \quad (3.6)$$

onde Q_r é a vazão real.

3.3 Desenvolvimento Prático

O experimento é realizado em um sistema alimentado por um conjunto motor-bomba, conjunto motor-bomba que recalca água de um reservatório inferior no Laboratório.

Para controle da vazão é recorre-se a um registro de gaveta instalado logo após a bomba, sendo as vazões reais medidas através de um reservatório com capacidade de 125,5 litros, registrando-se o tempo para o seu enchimento.

O diafragma possui duas tomadas de pressão instaladas à montante e à jusante do orifício ligadas a um manômetro em coluna de mercúrio, que mede a diferença de pressão produzida pelo orifício.

O procedimento para a realização do experimento segue os seguintes passos:

a) Funcionamento do sistema de abastecimento com 20 minutos de espera para a estabilização do mesmo.

b) Abertura pré-fixada do registro de gaveta garantindo um número satisfatório de descargas que são colhidas no reservatório no fim do sistema registrando-se o tempo para o enchimento do mesmo. Para as vazões muito pequenas, pode-se medir as mesmas usando-se o mesmo procedimento explicado no item 2.3 deste relatório. Nestes casos a vazão flui por um extravasor de fundo no final do sistema.

O tempo é cronometrado durante a coleta, obtendo-se assim a vazão em diversas aberturas do registro de gaveta. Em

cada nova posição de abertura do registro, é coletada a diferença de pressão no manômetro.

3.4 Resultados e Discussão

Os resultados do experimento estão apresentados na tabela 3.2

A tabela 3.3 abaixo mostra um resumo dos resultados do experimento, no qual é apresentado o valor do coeficiente de correção do diafragma, obtido através da relação entre a vazão real e teórica.

Tabela 3.3 - Coeficiente de Descarga do Diafragma

Q_r (l/s)	Q_t (l/s)	C (-)	N_r (* 10^{-4})
6,116	10,410	0,590	7,000
9,733	15,926	0,610	11,000
11,370	18,769	0,610	13,000
12,374	20,188	0,610	14,000
13,236	21,004	0,625	15,000

O valor obtido para o coeficiente de correção da vazão teórica está mostrado graficamente na Figura 3.2 onde se correlaciona os coeficientes com o número de Reynolds correspondente a cada vazão real.

O gráfico da Figura 3.2 permite cacular-se a vazão real a partir da vazão teórica pela equação 3.6.

Embora não se tenha um diafragma padronizado, os resultados obtidos condizem com aqueles da literatura, não diferindo significativamente.

Tabela 3.2 - Aferição de Diafragma

tempo (s)	Volume da Caixa ou balde (l)	Q (l/s)	\bar{Q} (l/s)	P (cm Hg)	L (cm)
10,0	Eq. 2.7	0,508			26,1
10,0	idem	0,510	0,511	1,0	26,2
10,0	idem	0,515			26,5
59,6		2,100			
60,5	125,5	2,070	2,070	11,0	
61,2		2,050			
34,0		3,690			
34,4	125,5	3,650	3,670	34,0	
34,2		3,670			
22,6		5,550			
23,0	125,5	5,450	5,500	75,0	
22,8		5,500			
17,4		7,210			
17,6	125,5	7,130	7,170	126,0	

L = leitura do balde (só para pequenas vazões)

4. MEDIÇÃO DE VELOCIDADE EM CANAIS COM MICRO-MOLINETE

4.1 Introdução

A presente experiência tem por objetivo a medição da vazão em um canal retangular (figura 4.1) com fundo móvel através da distribuição das velocidades na seção transversal do mesmo, usando para isto o micro-molinete como aparelhagem.

4.2 Desenvolvimento Teórico

Os filetes líquidos que atravessam uma determinada seção transversal de um canal são afetados pela resistência devido a viscosidade, pela rugosidade das paredes e pela superfície livre, onde ocorre a resistência do ar.

A velocidade varia de um filete para outro tendo maior velocidade os mais distantes da parede e do fundo. A variação da velocidade em uma seção transversal segue aproximadamente o contorno da seção (figura 4.2).

Em uma vertical as velocidades dos filetes líquidos seguem uma distribuição que se assemelha a uma parábola, conforme figura 4.3.

Os resultados práticos, conforme se encontra na literatura, mostram que:

a) A velocidade máxima numa vertical se encontra entre 0,05 e 0,3 da profundidade de fluxo, abaixo da superfície, geralmente entre 0,2 e 0,3 da profundidade;

b) A velocidade média numa vertical encontra-se a uma profundidade de 0,6 h abaixo da superfície, podendo-se calcular a mesma pela média das velocidades dos filetes situados a 0,2 e 0,8 da profundidade;

c) A velocidade média varia entre 0,75 e 0,95 da velocidade superficial.

A determinação da vazão relativa a cada vertical, é obtida pelo produto da área de influência de cada vertical pela velocidade média da vertical, isto é:

$$q = \bar{v} * A \quad (4.1)$$

Figura 4.1 -

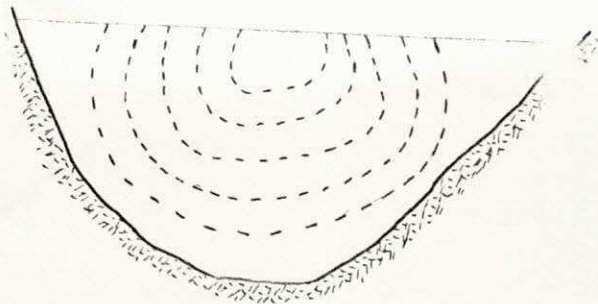
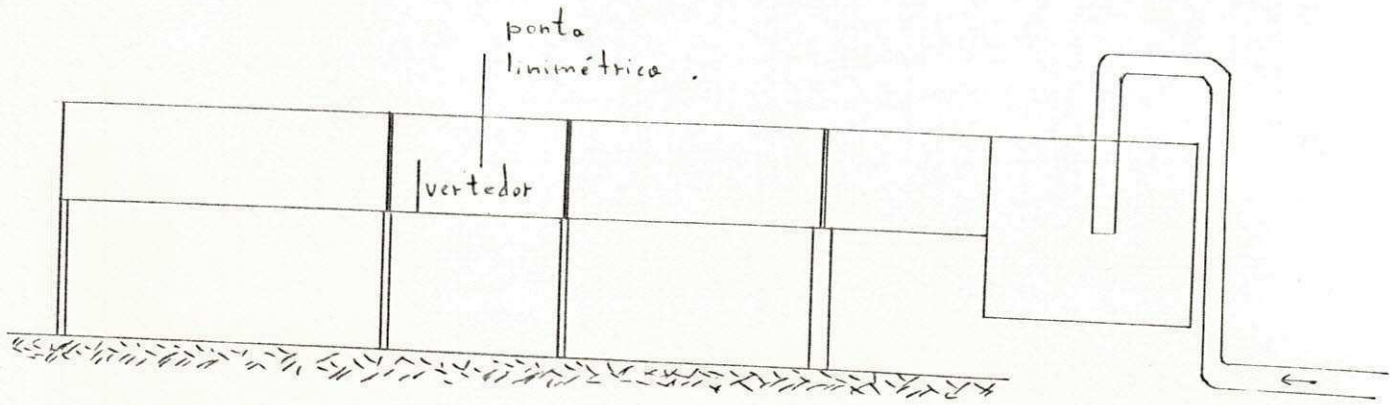


figura 4.2

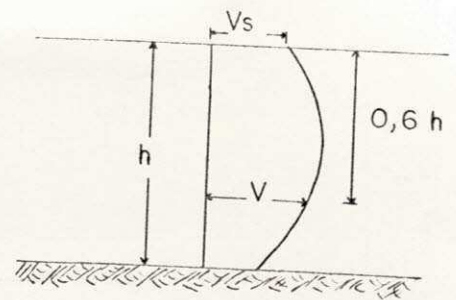


figura 4.3

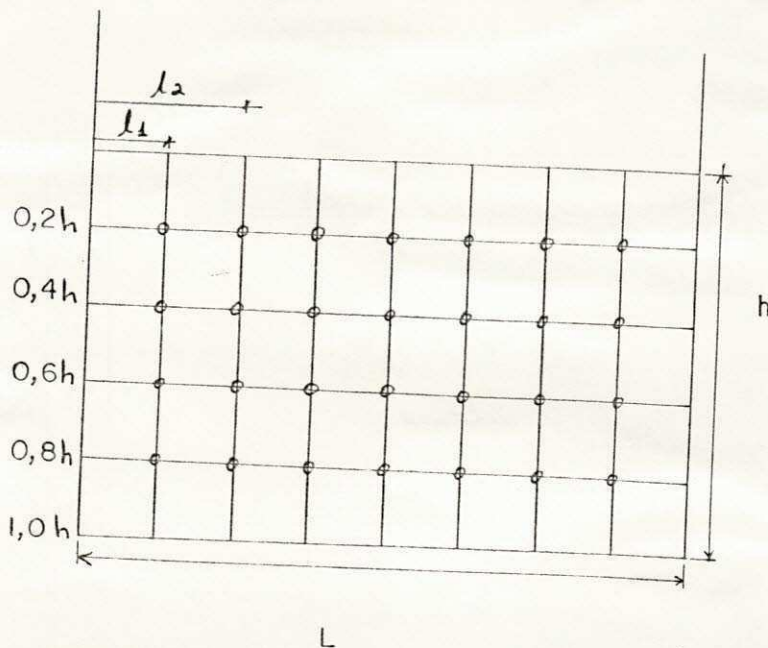


figura 4.4

onde:

q = vazão que atravessa o elemento A

\bar{v} = velocidade média do escoamento no elemento A
calculada por:

$$\bar{v} = v_{0,6} \text{ ou } v_{0,2} + v_{0,8}/2 \quad (4.2)$$

onde:

$v_{0,6}$ = velocidade do filete a 0,6 da profundidade

$v_{0,8}$ = velocidade do filete a 0,8 da profundidade

Computando-se todas as vazões elementares, obtem-se a vazão em toda a seção transversal, ou seja:

$$Q = \sum q_i \quad (4.3)$$

O procedimento para a determinação da velocidade de um filete líquido é apresentado no item seguinte.

4.3 Desenvolvimento Prático

A realização do experimento para a determinação da vazão pela exploração do campo de velocidades dá-se em um canal retangular com 16 metros de comprimento, fundo móvel, largura de 40 cm e altura de 50 cm sendo abastecido por um conjunto motor-bomba que alimenta o canal em uma caixa de estabilização com o objetivo de manter o fluxo do canal sem turbulências significativas. O canal possui uma comporta na extremidade para controle do nível d'água.

A aparelhagem usada para medir o campo de velocidade em uma seção é o micromolinete, dotado de uma hélice que recebe os movimentos do líquido girando-o juntamente com um contador de

giros eletrônico, para o cálculo da velocidade do filete. A seção escolhida está a 9 metros da caixa de estabilização; este ponto é escolhido devido o mesmo ser considerado um local onde ocorre o mínimo de influência das turbulências na entrada do canal.

O micromolinete é um dispositivo com uma hélice de pás helicoidais colocado no sentido contrário a corrente d'água; esta hélice a cada volta irá completar uma rotação em seu eixo de apoio, a qual será computada em um dispositivo eletrônico. Este dispositivo irá marcar o número de rotações exercidas durante um certo intervalo de tempo determinado pelo operador do experimento. Para cada hélice há uma equação para o cálculo da velocidade linear, fornecida pelo fabricante, em função da velocidade angular, que é obtida dividindo-se o número de rotações pelo tempo.

A hélice usada em nosso experimento foi a de número 6, que tem a seguinte equação:

$$v = 0,1033 w + 0,024 \quad (4.4)$$

onde w é a velocidade angular em rotações por segundo.

O experimento foi realizado com duas profundidades de fluxo no canal, 30 cm e 20 cm.

Para a utilização do micromolinete, divide-se a seção transversal a ser realizada o experimento numa série de faixas elementares, conforme mostrado na Figura (4.4).

Para a profundidade de 30 cm divide-se o canal em 5 intervalos horizontais, cada um com um com 6 cm; para a profundidade de 20 cm há o mesmo número de intervalos foi adotado, cada um com 4 cm.

Sete verticais, cada um com 5 cm, foram considerados para a medição das velocidades.

A área de influência de cada vertical é tomada 50% a direita e 50% a esquerda da vertical em estudo. As duas verticais junto as paredes laterais do canal, têm a área de influência ligeiramente maior, de modo que no cálculo da vazão toda a seção foi tomada em consideração.

Por razões físicas, a velocidade na superfície não pode ser medida com o micromolinete, considerando-se a mesma conforme a literatura, ou seja 20% da velocidade média.

4.4 Resultados e Discussão

Os resultados obtidos estão apresentados na tabela 4.1, onde se indica todo o processo de cálculo da vazão total atravessando o canal.

Para efeito de comparação, foi feita uma medição volumétrica da vazão, no fim do canal, com uma caixa de 125,5 litros, registrando-se um tempo médio de enchimento, em três medições, de 14,00 segundos, resultando numa vazão medida de 8,965 l/s. Comparando-se este resultado com a média das vazões determinadas pelo micromolinete (9,068 l/s), observa-se uma variação percentual entre as mesmas de apenas 1,15%.

Canal : Retangular (Fundo Móvel)														Controle de Lâmina : Comporta																																																																					
Equipamento: Micro-Molinete														Hélice : 06														Equação da Velocidade: $v = 0,1033 w + 0,024$														Tempo: 60 segundos														Leitura do Nível D'água : 225 mm														Leitura do Fundo : 23 mm													
L ₁ = 5 cm				L ₂ = 10 cm				L ₃ = 15 cm				L ₄ = 20 cm				L ₅ = 25 cm				L ₆ = 30 cm				L ₇ = 35 cm																																																											
Vertical = S ₁				Vertical = S ₂				Vertical = S ₃				Vertical = S ₄				Vertical = S ₅				Vertical = S ₆				Vertical = S ₇																																																											
Prof. (cm)	n (-)	w rps	v m/s	\bar{v} m/s	A _i m ²	Q m ³ /s	n (-)	w rps	v m/s	\bar{v} m/s	A _i m ²	Q m ³ /s	n (-)	w rps	v m/s	\bar{v} m/s	A _i m ²	Q m ³ /s	n (-)	w rps	v m/s	\bar{v} m/s	A _i m ²	Q m ³ /s	n (-)	w rps	v m/s	\bar{v} m/s	A _i m ²	Q m ³ /s	n (-)	w rps	v m/s	\bar{v} m/s	A _i m ²	Q m ³ /s																																															
0			0,1185						0,1285							0,1204						0,1158																																																													
4	56	0,2333	0,1204				58	0,2667	0,1238				49	0,2167	0,1204					55	0,2167	0,1187				54	0,2000	0,1169																																																							
8	58	0,2500	0,1221				59	0,2833	0,1257				53	0,2833	0,1152					53	0,2833	0,1158				53	0,2833	0,1159																																																							
12	55	0,2167	0,1187	0,1126	0,1015	0,001629	59	0,2833	0,1257	0,1221	0,1010	0,001444	58	0,2667	0,1233	0,1144	0,1010	0,001418	55	0,2167	0,1187	0,1118	0,1010	0,001418	49	0,2167	0,1163	0,1158	0,1010	0,001418	48	0,2000	0,1169	0,1066	0,1010	0,001418																																															
16	48	0,2833	0,1209				56	0,2833	0,1206				56	0,2833	0,1206					47	0,2833	0,1204				46	0,2667	0,1204																																																							
20			0,0244						0,0215							0,0238																																																																			
q _i	0,001689				0,001221				0,001144				0,001118				0,001100				0,001066				0,001560																																																										
Q	0,008898 m ³ /s																																																																																		

Canal : Retangular (Fundo Móvel)														Controle de Lâmina : Comporta																																																																					
Equipamento: Micro-Molinete														Hélice : 06														Equação da Velocidade: $v = 0,1033 w + 0,024$														Tempo : 60 segundos														Leitura do Nível D'água : 225 mm														Leitura do Fundo : 23 mm													
L ₁ = 5 cm				L ₂ = 10 cm				L ₃ = 15 cm				L ₄ = 20 cm				L ₅ = 25 cm				L ₆ = 30 cm				L ₇ = 35 cm																																																											
Vertical = S ₁				Vertical = S ₂				Vertical = S ₃				Vertical = S ₄				Vertical = S ₅				Vertical = S ₆				Vertical = S ₇																																																											
Prof. (cm)	n (-)	w rps	v m/s	\bar{v} m/s	A _i m ²	Q m ³ /s	n (-)	w rps	v m/s	\bar{v} m/s	A _i m ²	Q m ³ /s	n (-)	w rps	v m/s	\bar{v} m/s	A _i m ²	Q m ³ /s	n (-)	w rps	v m/s	\bar{v} m/s	A _i m ²	Q m ³ /s	n (-)	w rps	v m/s	\bar{v} m/s	A _i m ²	Q m ³ /s	n (-)	w rps	v m/s	\bar{v} m/s	A _i m ²	Q m ³ /s																																															
0			0,075						0,0867							0,075																																																																			
6	34	0,5667	0,0825				33	0,5500	0,0809				30	0,5000	0,0756					29	0,4833	0,0739				30	0,5000	0,0756																																																							
12	33	0,5500	0,0809				34	0,5667	0,0825				33	0,5500	0,0809					31	0,5167	0,0774				32	0,5333	0,0791																																																							
18	34	0,5667	0,0825	0,0790	0,0225	0,001477	34	0,5667	0,0825	0,0790	0,0250	0,001485	35	0,5833	0,0842	0,0790	0,0250	0,001477	33	0,5500	0,0809	0,0782	0,0250	0,001477	32	0,5333	0,0791	0,0756	0,0250	0,001434	29	0,4833	0,0739	0,0250	0,001434																																																
24	30	0,5000	0,0756				33	0,5500	0,0809				34	0,5667	0,0825					33	0,5500	0,0809				33	0,5500	0,0809																																																							
30			0,0599						0,0606				34	0,5667	0,0825					33	0,5500	0,0809				31	0,5167	0,0774																																																							
q _i	0,001477				0,001212				0,00125				0,001173				0,001173				0,001134				0,001584																																																										
Q	0,009238 m ³ /s																																																																																		

5. DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE DESCARGA DE UM VERTEDOR DELGADO

5.1 Introdução

O objetivo deste experimento consiste na determinação do coeficiente de descarga de dois vertedores de soleira delgada: um triangular de 90 graus e outro retangular livre de contrações, instalados, individualmente, em um canal retangular (ver capítulo 4) através do qual pode-se medir volumetricamente as vazões de descarga por uma caixa de volume conhecido.

Os resultados práticos encontrados serão comparados com os resultados teóricos, obtendo-se o coeficiente de descarga de cada um dos vertedores.

5.2 Desenvolvimento Teórico

Entende-se por vertedor as aberturas ou entalhes na parte superior de uma parede pelas quais o líquido escoar. Diz-se que o vertedor é uma obstrução que faz com que o fluido escoar sobre ou através da mesma e sua principal utilização é na medição da vazão das canalizações abertas, sendo necessário, para um cálculo analítico uma correção.

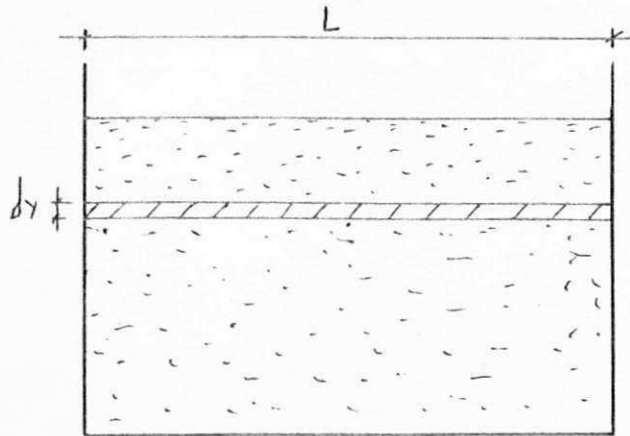
A carga do vertedor é a altura d'água sobre a soleira, medida suficientemente a montante para que não haja a influência do rebaixamento da superfície no vertedor. Se o vertedor for construído a partir de chapas metálicas ou de outro material, de modo que a veia líquida passe livremente ao deixar a face de montante, é chamado de vertedor de soleira delgada; os vertedores de soleira espessa (que será analisado no capítulo seguinte) mantêm o escoamento numa direção longitudinal.

a) VERTEDOR RETANGULAR

A velocidade de descarga do filete líquido mostrado na figura 5.1 é dado por:

$$v = (2gy)^{1/2} \quad (5.1)$$

Figura 5.1



A vazão teórica atravessando toda a seção é obtida integrando-se $v(dy)$ entre 0 e H, onde $da=L(dy)$, obtendo-se para a vazão teórica:

$$Q_t = 2/3 (2g)^{1/2} L H^{3/2} \quad (5.2)$$

Quando o vertedor não ocupa toda a largura do canal, diz-se que o vertedor é com contrações laterais, sendo necessária uma correção para a vazão, obtida subtraindo-se $0,1 H$ da largura L do vertedor, para cada contração. Assim:

$$Q_t = 2/3 (2g)^{1/2} (L - 2H/10)H^{3/2} \quad (5.3)$$

Na equação 5.3 não foram consideradas a perda de carga e a velocidade de aproximação, de modo que a vazão real deve ser corrigida do coeficiente de descarga. A vazão teórica é:

$$Q_r = 2/3 (L - 2H/10)H^{3/2} (2g)^{1/2} \quad (5.4)$$

A equação que leva em conta a velocidade da água no canal de acesso é a seguinte :

$$Q = 2/3 (2g)^{1/2} (L-2H/10) ((H+V^2/2g)^{3/2} - (V^2/2g)^{3/2}) \quad (5.5)$$

onde V é a velocidade de aproximação do fluxo.

Em muitos casos da prática, essa influência é desprezada; ela deve ser considerada nos casos em que a velocidade de chegada da água é elevada, nos trabalhos em que se requer grande precisão e sempre que a seção do canal de acesso for inferior a seis vezes a área de escoamento no vertedor.

O coeficiente de descarga do vertedor é obtido pela relação entre a vazão real e a vazão teórica (Equação 3.6).

Quando admite-se $C = 0,622$ na equação 5.2, obtém-se a equação de Francis para o cálculo da vazão.

b) VERTEDOR TRIANGULAR

Os vertedores triangulares possibilitam maior precisão no cálculo das pequenas vazões, podendo-se determinar a vazão pelo mesmo procedimento do vertedor retangular. De acordo com a figura 5.2, obtém-se para a vazão teórica:

$$Q_t = 8/15 \operatorname{tg} B (2g)^{1/2} H^{5/2} \quad (5.6)$$

onde B é o ângulo entre a profundidade H e a hipotenusa do vertedor (Figura 5.2).

Obtem-se a vazão real (Q_r) corrigindo-se a equação 5.6 do coeficiente de descarga do vertedor, isto é:

$$Q_r = C 8/15 \operatorname{tg} B (2g)^{1/2} H^{5/2} \quad (5.7)$$

De acordo com Tompson o coeficiente se é da ordem de 0,59.

O vertedor retangular de soleira delgada (figura 5.1), apresenta uma aresta horizontal onde o jorro contrai-se em cima e em baixo como mostrado, se as contrações forem desprezadas pode-se deduzir uma equação para a vazão. O escoamento sem contrações aparece na figura 5.2. O jorro tem linhas de correntes paralelas com a pressão atmosférica em todos os pontos.

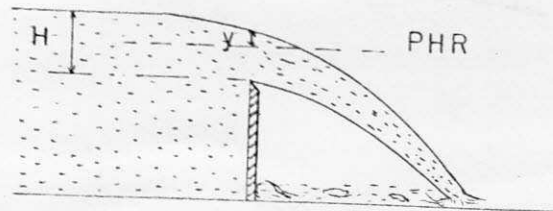
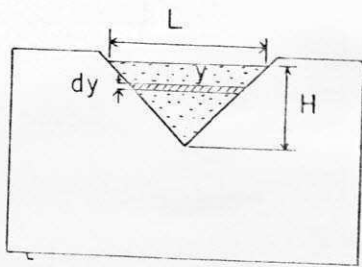
A equação de Bernoulli aplicada em 1 e 2 é:

$$H + 0 + 0 = v^2/2g + H - y + 0$$

na qual a carga de velocidade na seção 1 é desprezada. Resolvendo em relação a velocidade v de aproximação tem-se:

$$v = (2gy)^{1/2}$$

Figura 5.2



A vazão teórica Q_t é:

$$Q_t = 2/3 (2g)^{1/2} L H^{3/2}$$

onde L é a largura do vertedor. A experiência mostra que o expoente de H está correto, mas que o coeficiente é muito grande. As contrações e perdas reduzem a vazão real a mais ou menos 60% da teórica, ou a :

$$Q = 2,95 L H^{3/2}$$

5.3 Desenvolvimento Prático

O experimento realiza-se no mesmo canal utilizado para medição da vazão através do campo de velocidade. O vertedor é instalado no centro do canal para minimizar os efeitos da turbulência da água no vertedor durante a realização do experimento. É feita a leitura do nível d'água na soleira do vertedor e a montante do mesmo através de uma ponta linimétrica.

O canal é abastecido de forma que a sua vazão seja estável para cada leitura na ponta linimétrica, proporcionando assim vazões progressivas reguladas pelo registro de gaveta instalado na tubulação que abastece o canal.

5.4 Resultados e Discussão

a) Vertedor Retangular

Os resultados do ensaio encontram-se na Tabela 5.1. Um resumo dos resultados é mostrado na Tabela 5.2 abaixo.

A obtenção do coeficiente de correção para a vazão teórica foge significativamente do valor indicado pela literatura que é de 0,62 segundo Thompson. O valor médio obtido para o experimento ficou na faixa de 0,687 apresentando uma variação de aproximadamente 10%, o que é considerada alta.

Atribui-se estas diferenças, provavelmente ao fato de não se levar em conta a velocidade de aproximação.

Tabela 5.1 - Vertedor Retangular sem Contração

tempo (s)	Volume da Caixa (l)	Leitura da Pta. Lini-met. (mm)	Q_r (l/s)	\bar{Q}_t (l/s)
52,88	87,4	241,0	1,65	2,55
14,29		264,0	6,11	9,40
8,98		276,0	9,73	13,99
7,68		281,0	11,37	16,06
7,06		284,0	12,37	17,34
6,60		286,0	13,23	18,21

OBS.: Leitura da ponta na soleira do vertedor = 224,0 mm

Tabela 5.2 - Coeficiente de Descarga do Vertedor Retangular

Q_r (l/s)	Q_t (l/s)	c (-)	\bar{c} (-)
1,65	2,62	0,629	
6,12	9,40	0,651	
9,73	13,99	0,695	0,687
11,37	16,06	0,708	
12,37	17,34	0,713	
13,24	18,22	0,726	

b) Vertedor Triangular

Os resultados obtidos estão apresentados na tabela 5.3

Na tabela 5.4 apresenta-se um resumo dos resultados da tabela 5.3 , onde é obtido o valor do coeficiente de correção do vertedor em função das vazões real e teórica.

Os resultados obtidos para o coeficiente de descarga do vertedor triangular, apresentam-se condizentes com aqueles indicados na literatura, que mostram que o coeficiente de descarga destes vertedores, quando o ângulo é de 90 graus é varia entre 0,59 e 0,62.

De acordo com a tabela 5.4, o coeficiente médio é de 0,618.

Tabela 5.3 - Vertedor Triangular

tempo (s)	Volume da Caixa (l)	Leitura da Pta. Lini-met. (mm)	Q_r (l/s)	\bar{Q}_t (l/s)
10,00	5,110	265,0	0,511	0,804
60,40	125,500	297,0	2,07	3,400
34,20		316,0	3,67	6,060
22,80		331,0	5,50	8,847
17,50		343,0	7,17	11,540

OBS.: Leitura da ponta na soleira do vertedor = 224,0 mm

O volume de 5,11 l foi medido pelo balde (eq. 2.7).

Tabela 5.4 - Coeficiente de Descarga do Vertedor Triangular

Q_r (1/s)	Q_t (1/s)	c (-)	\bar{c} (-)
0,51	0,804	0,635	
2,07	3,400	0,610	
3,67	6,060	0,606	0,618
5,50	8,847	0,622	
7,17	11,540	0,621	

6. DETERMINAÇÃO DA VAZÃO USANDO VERTEDOR DE SOLEIRA ESPESSA

6.1 Introdução

Neste experimento usa-se um vertedor de soleira espessa para a determinação da vazão num canal retangular.

É determinada a vazão real do canal através de medição volumétrica, sendo os resultados mostrados e analisados.

6.2 Desenvolvimento Teórico

O vertedor é considerado de soleira espessa, quando a largura da crista é maior que $H/2$, isto é, quando a soleira é suficientemente espessa para que na veia aderente se estabeleça o paralelismo dos filetes, implicando numa variação da pressão sobre o vertedor segundo lei hidrostática.

Quando a espessura da soleira é grande (espessura maior do que três vezes a carga hidráulica) a superfície da água sofre um rebaixamento (figura 6.1). Tomando-se os filetes líquidos paralelos à mesma, a descarga teórica é calculada considerando-se a pressão hidrostática sobre o vertedor.

De acordo com a figura 6.1, a velocidade na profundidade y no líquido é dada por:

$$v = (2g(H-y))^{1/2} \quad (6.1)$$

A vazão na seção definida por y , para uma largura L do vertedor, é dada por:

$$Q = L y (2g(H-y))^{1/2} \quad (6.2)$$

Devido o vertedor, a velocidade média à montante do mesmo é reduzida atingindo o seu valor normal após o mesmo. Entre estas velocidades ocorre a velocidade crítica

(máxima) sobre o vertedor, a uma profundidade $y = 2/3 H$ (ver demonstração na literatura), que corresponde a vazão máxima.

Assim, substituindo-se $y = 2/3 H$ na equação (6.2), obtém-se para a vazão teórica:

$$Q_t = (1/3)^{1/2} \cdot 2/3 \cdot (2g)^{1/2} L H^{3/2} \quad (6.3)$$

As experiências mostram que para bordos arredondados, à montante, a vazão real difere da teórica em apenas 2%, ou seja:

$$Q_r = 0,98 * 1,705 L H^{3/2} \quad (6.4)$$

6.3 Desenvolvimento Prático

Este experimento realiza-se no mesmo canal utilizado para medição da vazão através do campo de velocidades. O vertedor, de bordo arredondado, é colocado no centro do canal de modo a se minimizar os efeitos da turbulência do escoamento.

O sistema é inicialmente abastecido com uma vazão pequena. A altura da lâmina d'água sobre o vertedor é medida suficientemente a montante para não sofrer influência do mesmo. A carga sobre o vertedor é medida com a vazão estabilizada, tomando-se as leituras sobre a crista e sobre o nível d'água com uma ponta linimétrica. A vazão real é obtida no final do canal através de uma caixa calibrada volumetricamente e do tempo para o seu enchimento. O aumento da vazão é controlado pelo registro da bomba, repetindo-se o processo, sempre com cuidado para deixar haver a estabilização do sistema.

Para o vertedor de soleira espessa, além deste procedimento, determina-se a altura crítica, $Y = 2/3 H$ e a partir desta altura, verifica-se a que distância do início do vertedor a mesma se encontra.

6.4 Resultados e Discussão

Os resultados obtidos estão apresentados na tabela 6.1, a seguir.

Tabela 6.1 - Vertedor de Soleira Espessa

tempo (s)	Volume da Caixa (l)	Leitura da Prof.Criti ca (mm)	Leitura da Pta. Linim (mm)	Q_r (l/s)	Q_t (l/s)
25,73	40,7	286,0	292,0	1,58	1,65
14,13		291,3	300,0	2,88	3,03
8,80		298,7	311,0	4,62	4,85
6,00		304,0	319,0	6,78	6,95
4,87		308,7	326,0	8,36	8,56

A tabela 6.2 abaixo apresenta um resumo dos resultados do experimento, sendo obtido o coeficiente de correção do vertedor através das vazões real e teórica.

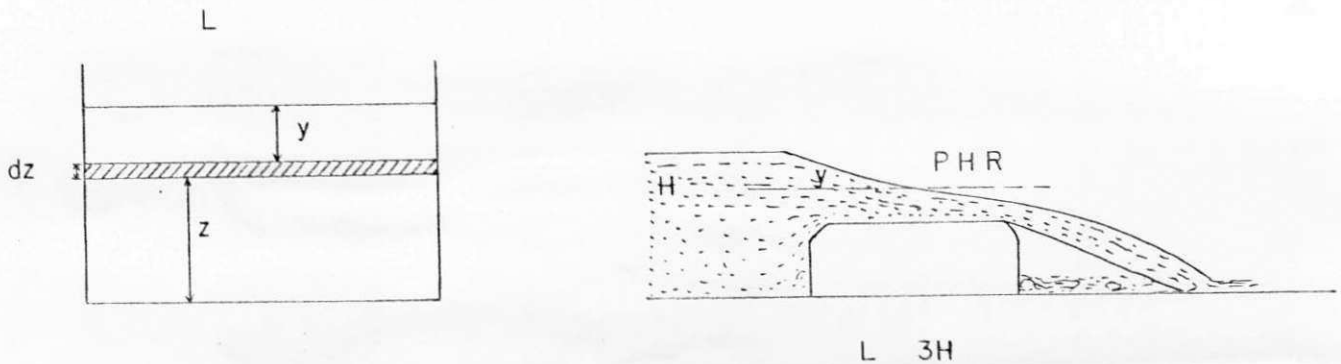
Tabela 6.2 - Coeficiente de Descarga do Vertedor de Soleira Espessa

Q_r (l/s)	Q_t (l/s)	c (-)	\bar{c} (-)
1,580	1,647	0,959	
2,879	3,026	0,951	
4,625	4,854	0,953	
6,783	6,949	0,976	0,967
8,363	8,558	0,977	
9,690	9,774	0,991	

O valor do coeficiente de descarga condiz com a literatura que diz ser a diferença da vazão real para a teórica em torno de 2% para vertedores com bordo arredondado a montante.

De acordo com a Tabela 6.2 o coeficiente médio apresenta um valor de 0,967, mostrando que a variação entre a vazão calculada e a medida é de 3%, não fugindo significativamente da indicação literária.

Uma análise da Tabela 6.1 mostra que a profundidade crítica observada, calculada pela diferença entre a leitura da ponta na posição da mesma corresponde aquela indicada pela teoria, ou seja $2H/3$.



7. CHAMINE DE EQUILÍBRIO (VÁLVULA DE ALÍVIO)

7.1 Introdução

O objetivo deste experimento é a determinação da sobrepressão do fluxo na tubulação, quando a mesma for submetida a um fechamento rápido de um registro ou válvula. Obtém-se a sobrepressão máxima real e teórica, sendo possível determinar a relação entre ambas.

7.2 Desenvolvimento Teórico

Denomina-se golpe de ariete ao choque violento que se produz sobre as paredes de um conduto forçado quando o movimento do líquido é modificado bruscamente. É a sobrepressão que as canalizações recebem quando, por exemplo, interrompendo-se um escoamento.

No caso de fechamento rápido de um registro, a força viva que a água estava animada poderá converter-se em trabalho, determinando nas paredes da tubulação pressões superiores a pressão inicial. O fechamento do registro sempre leva algum tempo, e a energia a ser absorvida transforma-se em esforços de compressão da água e deformação das paredes da tubulação.

A figura 7.1 mostra o sistema onde se realiza o experimento, sendo o mesmo dotado de uma chaminé e de uma válvula para o fechamento rápido do sistema. A alimentação é feita por um reservatório a nível constante e as vazões controladas por um registro no final da tubulação.

Considerando-se, ao longo da massa líquida, várias porções, que serão designadas por lâminas, verifica-se o seguinte:

a) Com o fechamento do registro r , a lâmina 1 comprime-se e a sua energia de velocidade (velocidade V) é convertida em pressão, ocorrendo, simultaneamente, a distensão do tubo e esforços internos na lâmina (deformação elástica). O mesmo acontecerá em seguida com as lâminas 2,3,4,...etc., propagando-se uma onda de pressão até a lâmina n junto ao reservatório.

b) A lâmina n , em seguida, devido aos esforços internos e a elasticidade do tubo, tende a sair da canalização em direção ao reservatório, com velocidade $-V$, o mesmo acontecendo sucessivamente com as lâminas $n-1$, $n-2$, ..., 4,3,2,1.

Enquanto isto, a lâmina 1 havia ficado com sobrepressão durante o tempo $t = 2L/C$, sendo t chamado fase ou período da canalização e C a velocidade de propagação da onda, geralmente denominada celeridade.

Há, então, essa tendência de a água sair da tubulação, pela extremidade superior. Como a extremidade inferior do tubo está fechada, haverá uma depressão interna. Nessas condições, $-V$ é convertida em uma onda de depressão.

c) Devido a depressão na canalização, a água tende a ocupa-la novamente, voltando as lâminas de encontro ao registro, dessa vez com a velocidade V e assim por diante.

Nas considerações feitas, foi desprezado o atrito ao longo da tubulação, que, na prática, contribui para o amortecimento dos golpes sucessivos (figura 7.2).

Os problemas para a tubulação são causados pelo excesso de pressão e pelo vácuo durante a depressão. A velocidade de propagação da onda pode ser calculada pela fórmula de Allievi. A sobrepressão máxima no extremo da linha, pode ser calculada pela expressão:

$$h_a = CV/g \quad (7.1)$$

onde C é a celeridade, V é a velocidade média da água e h_a o aumento de pressão em metros de coluna de água. Essa sobrepressão pode ser observada diretamente na chaminé.

A equação da celeridade é dada por:

$$C = 9900/(48,3 + k D/e)^{1/2} \quad (7.2)$$

7.3 Desenvolvimento Prático

O experimento desenvolve-se em um sistema que é composto por um reservatório cilíndrico, abastecido por um conjunto motor-bomba que permite a continuidade do abastecimento do mesmo. O controle do nível do reservatório é feito por um extravasor que limita a carga no reservatório, fixando-a em 1,48 m em relação ao eixo da tubulação.

Ao final da tubulação está instalada uma chaminé de equilíbrio, uma válvula de fecho rápido e um registro de gaveta,

o qual será gradualmente aberto permitindo assim um controle da vazão de descarga.

O nível do reservatório fica estabilizado e a chaminé de equilíbrio apresenta a mesma altura da carga hidrostática do reservatório.

É dada uma abertura no registro de gaveta e a altura da coluna de água na chaminé é reduzida, devido as perdas de carga na tubulação.

O sistema então é estabilizado e depois aciona-se a válvula de fecho rápido que está localizada antes do registro de gaveta. A chaminé de equilíbrio irá apresentar valores alternantes de sobrepressão e depressão durante um certo intervalo de tempo após o qual, será estabilizado novamente na altura anterior ao acionamento da válvula de fecho rápido. Esses valores máximos e mínimos são anotados, repetindo-se o mesmo processo para as demais vazões.

7.4 Resultados e discussão

A Tabela 7.1 apresenta os resultados obtidos no ensaio, para todas as vazões.

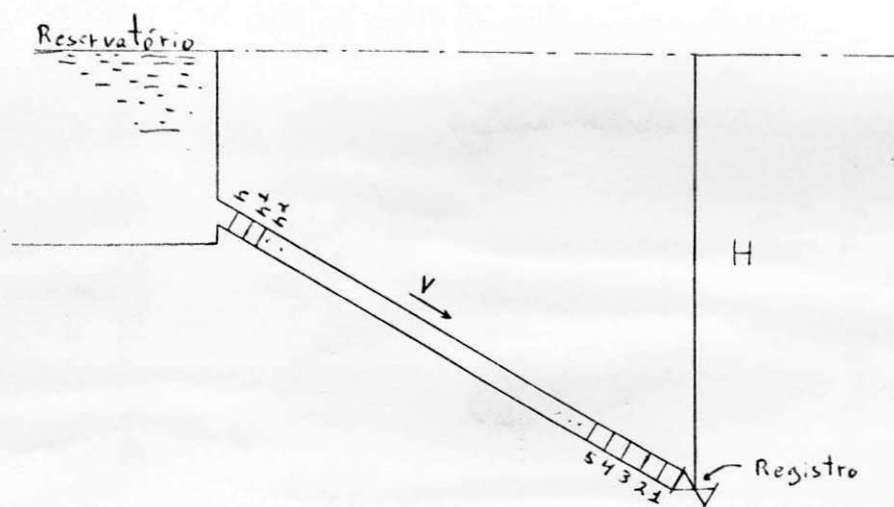


Figura 7.1

tempo (s)	leitura do balde (cm)	volume (l)	Q l/s	Q l/s	ha da sobres- pres.cm	ha da depres. (cm)	h inicial (cm)
10,0	23,3	4,62	0,46		157,0	146,0	
10,0	23,2	4,61	0,46	0,46	154,0	148,0	
10,0	23,3	4,62	0,46		152,5	149,0	146,0
					152,0	149,2	
					151,0	149,5	
5,0	33,7	6,34	1,27		159,5	144,0	
5,0	32,3	6,11	1,22	1,26	157,5	147,0	
5,0	34,5	6,48	1,29		153,5	148,0	117,0
					151,8	149,0	
					151,0	149,5	
3,0	28,3	5,45	1,82		161,0	144,0	
3,0	28,0	5,40	1,80	1,83	155,0	147,0	
3,0	29,5	5,65	1,88		153,0	148,5	84,0
					152,0	149,0	
					151,0	149,5	
3,8	34,4	6,46	1,70		160,0	144,0	
2,0	19,4	3,98	1,99	1,88	154,5	147,0	
2,0	18,8	3,88	1,94		152,8	148,0	68,0
					151,2	149,2	
					151,0	149,5	
3,5	35,6	6,66	1,90		161,0	144,0	
3,6	37,0	6,89	1,91	1,92	155,0	147,0	
3,5	36,8	6,86	1,96		152,8	148,2	60,0
					152,0	149,0	
					151,2	149,3	
3,4	35,8	6,69	1,96		161,0	144,0	
3,4	37,8	7,02	2,06	2,06	155,0	147,0	
3,2	37,0	6,89	2,15		153,0	148,0	55,2
					152,0	149,0	
					151,5	149,5	

Através do presente estágio, foram implantadas e desenvolvidas em Laboratório, 6 experiências da disciplina Hidráulica do Departamento de Engenharia Civil do Centro de Ciências e Tecnologia da UFPb.

Todos os resultados foram interpretados e analisados, de modo que os mesmos podem fornecer melhor subsídio ao aprendizado da disciplina.

O presente relatório tem o caráter, também, de apostilha facilitando a realização destes experimentos no futuro.

Sugere-se que o mesmo seja revisado e melhor adaptado para o desenvolvimento das práticas.

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

NETO, A. e ALVAREZ, G.A, Manuel de Hidráulica, Vol.1 e Vol.2, 7a. edição, 1982, Editora Edgard Blucher Ltda.

STREETER, V. L, Mecânica dos Fluidos, Editora McGraw-Hill do Brasil Ltda, 1974

NEVES, E. T., Curso de Hidráulica, Editora Globo , Oitava edição, 1960