



Felipe Alexander Julio

Gabriela Nunes

Marcus Bruno Fernandes Silva

Petrus Damasceno

## **DETERMINAÇÃO DA PERDA DE CARGA POR ACESSÓRIOS**

**LAVRAS – MG**

**2017**



FELIPE ALEXANDER JULIO  
GABRIELA NUNES  
MARCUS BRUNO FERNANDES SILVA  
PETRUS DAMASCENO

**DETERMINAÇÃO DA PERDA DE CARGA POR ACESSÓRIOS**

Projeto entregue e apresentado à Professora Renata  
de A. B. L. Corrêa como requisito da disciplina  
GNE334.

Professora Renata de A. B. L. Corrêa  
Orientadora

**LAVRAS – MG**

**2017**

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>Introdução . . . . .</b>	<b>3</b>
<b>1.1</b>	<b>Referencial Teórico . . . . .</b>	<b>3</b>
<b>1.2</b>	<b>Aplicabilidade . . . . .</b>	<b>5</b>
<b>1.3</b>	<b>Objetivos . . . . .</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Descrição do Projeto . . . . .</b>	<b>7</b>
<b>2.1</b>	<b>Materiais Utilizados . . . . .</b>	<b>7</b>
<b>2.2</b>	<b>Montagem . . . . .</b>	<b>7</b>
<b>2.3</b>	<b>Adaptações Realizadas em Relação ao Projeto Proposto . . . . .</b>	<b>8</b>
<b>2.4</b>	<b>Dificuldades Encontradas . . . . .</b>	<b>9</b>
<b>3</b>	<b>Procedimento Experimental . . . . .</b>	<b>11</b>
<b>4</b>	<b>Resultados e Discussão . . . . .</b>	<b>13</b>
<b>4.1</b>	<b>Cálculo da vazão . . . . .</b>	<b>13</b>
<b>4.2</b>	<b>Cálculo da velocidade do fluido . . . . .</b>	<b>14</b>
<b>5</b>	<b>Conclusão . . . . .</b>	<b>15</b>
	<b>REFERÊNCIAS . . . . .</b>	<b>17</b>

## 1 INTRODUÇÃO

### 1.1 Referencial Teórico

Segundo Munson, Young e Okiish (2004) “a mecânica dos fluidos é a parte da mecânica aplicada que se dedica à análise do comportamento dos líquidos e gases, tanto em equilíbrio quanto em movimento. Obviamente, o escopo da mecânica dos fluidos abrange um vasto conjunto de problemas.”

Na análise do escoamento de fluidos é necessário o balanço de massa e de momento para desenvolvimento de equações apropriadas aos fenômenos a serem analisados (Cremasco 2014). A descrição matemática da fluidodinâmica é dada pelas equações de massa (1.1) e equações do movimento (1.2).

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \vec{\nabla} \cdot \rho \mathbf{u} = 0 \quad (1.1)$$

$$\rho \left( \frac{\partial \rho}{\partial t} + \mathbf{u} \cdot \vec{\nabla} \rho \mathbf{u} \right) = \rho \vec{\nabla} \varphi - \vec{\nabla} P + \vec{\nabla} \cdot \tau \quad (1.2)$$

onde  $\rho$  é a massa específica do fluido,  $\mathbf{u}$  é a sua velocidade,  $\vec{\nabla} \varphi$  é o vetor intensidade do campo,  $\vec{\nabla} P$  é o gradiente de pressão e  $\tau$  é a tensão extra, dinâmica ou viscosa.

Ao manipular as equações (1.1) e (1.2), considerando que o fluido se encontra em regime permanente, é invíscido e incompressível, chega-se a equação simplificada para a energia mecânica:

$$\left( z + \frac{P}{\rho g} + \frac{u^2}{2g} \right)_1 = \left( z + \frac{P}{\rho g} + \frac{u^2}{2g} \right)_2 + h_L \quad (1.3)$$

onde os subíndices 1 e 2 indicam dois pontos de escoamento distintos, e  $h_L$  é a perda de carga dada em unidades de comprimento.

Conforme Cremasco (2014), um fluido em um sistema de escoamento que apresente acessórios estará sujeito a uma perda de carga, uma vez que, segundo o

autor, quando o fluido entra em contato com um acessório ocorre a separação de uma camada do escoamento, formando correntes turbulentas que dissipam energia mecânica. Essa energia dissipada representa a conversão irreversível de energia mecânica em energia térmica não desejada e a perda de energia por transferência de calor (Fox, McDonald e Pritchard 2014).

A perda de carga oriunda de um acessório em um sistema de escoamento é definida por meio da equação:

$$h_L = k_f \frac{u^2}{2g} \quad (1.4)$$

onde  $k_f$  é o coeficiente de perda de carga localizada característico do acessório,  $u$  é a velocidade média do fluido e  $g$  é a aceleração local da gravidade.

Ainda conforme o autor,  $k_f$  é constante apenas em regime turbulento. Podem ser encontradas na literatura tabelas que apresentam os valores de  $k_f$  para válvulas e acessórios específicos.

De acordo com Potter, Wiggert e Ramadan (2015), o regime turbulento é caracterizado pelo movimento aleatório das partículas do fluido na trajetória do escoamento. Tal regime pode ser previsto por um número adimensional denominado por número de Reynolds, o qual é calculado, para tubulações cilíndricas, conforme:

$$Re = \frac{uD}{\nu} \quad (1.5)$$

onde  $D$  é o diâmetro característico da tubulação e  $\nu$  é a viscosidade cinemática do fluido.

Ainda conforme Potter, Wiggert e Ramadan (2015), valores para o número de Reynolds acima de 2000 são características de um escoamento em regime turbulento, sendo este o valor mínimo usado na maioria das aplicações em engenharia. Entretanto, tal valor pode variar em decorrência da geometria e da rugosidade das paredes da tubulação.

Portanto, além do cálculo adimensional, pode ser realizada uma análise qualitativa por meio do despejo de partículas corantes na corrente de escoamento, avaliando se ocorre uma mistura imediata, ou não. Caso não, o regime é laminar.

## **1.2 Aplicabilidade**

O cálculo da perda de carga é necessário em qualquer tipo de planejamento e instalação de tubulações, uma vez que o mesmo está relacionado diretamente com o material utilizado e as características da tubulação.

Algumas situações que requerem uma análise da perda de carga podem ser exemplificadas como: possível cavitação em bombas, danos à tubulação de edifícios, insuficiência na captação de água e/ou esgoto para tratamento e controle de fluxo em reatores e outros equipamentos da indústria química.

## **1.3 Objetivos**

O objetivo desse projeto é determinar a perda de carga e o coeficiente de perda de carga localizada em um tubo conectado a dois reservatórios com um fluxo de água constante através de acessórios (individualmente) como registros e cotovelos a partir da variação de pressão entre os pontos anterior e posterior aos acessórios.





## 2 DESCRIÇÃO DO PROJETO

### 2.1 Materiais Utilizados

Tabela 2.1 – Custos

Material	Valor (R\$)
Adaptador (conexão entre balde e cano)	1,00 - 5,00
Baldes	20,00 - 30,00
Canos PVC	25,00 - 50,00
Cola Durepoxi	10,00 - 20,00
Cotovelos 90°	1,00 - 5,00
Cronômetro	10,00 - 20,00
Registro rosqueável	30,00 - 50,00
Suportes para a estrutura (madeira)	20,00 - 50,00
Trena	10,00 - 15,00
Tubos transparentes (manômetro)	15,00 - 20,00
Válvula esférica	30,00 - 50,00
<b>TOTAL</b>	<b>172,00 - 315,00</b>

### 2.2 Montagem

A estrutura se inicia com um recipiente posicionado a uma elevação considerável do nível convencionado como  $z = 0$ . Esse recipiente é um balde de 20 litros, o qual possui um “ladrão” na sua cota máxima, afim de evitar-se transbordamento do fluido excedente e também está ligado, em sua parte inferior, à tubulação de PVC através de um adaptador, e após essa conexão foi instalado um registro para controle da saída do fluido. Os tubos de PVC possuem diâmetro de 20 milímetros, então todos os acessórios são correspondentes a esse diâmetro. A seguir, a tubulação faz uma curva de 90°, descendo até o nível  $z = 0$ , onde faz uma nova curva de 90° e prossegue reta até o local onde é acoplada uma válvula esférica. Para a análise da perda de carga nessa válvula, é necessário medir a diferença de pressão antes e depois dela, com o auxílio de um manômetro.

Manômetros são instrumentos utilizados para determinação da diferença de pressão entre dois pontos de um fluido através da diferença de elevação entre estes dois pontos. Dessa forma, o manômetro é constituído de dois tubos transparentes acoplados ao tubo de PVC, um deles um pouco antes da válvula e o outro um pouco depois. Nesses tubos serão medidas as colunas do fluido, aqui, a água.

Em seguida, a estrutura termina com a tubulação despejando o fluido em um outro recipiente de 15 litros e a medição da vazão será feita cronometrando-se o tempo necessário para que se alcance um volume conhecido desse balde.

### **2.3 Adaptações Realizadas em Relação ao Projeto Proposto**

Uma vez que a estrutura universitária não conta com módulos didáticos relacionados ao aprendizado prático da mecânica dos fluidos, houve a necessidade da adaptação de um aparato experimental que viabilizasse o estudo e a coleta dos dados necessários à avaliação do coeficiente de perda de carga localizada para uma válvula esférica.

Das adaptações necessárias, citam-se:

- Utilização de um refratário superior com vazão secundária (ladrão) a fim de promover o estabelecimento do escoamento do regime estacionário;
- Adaptação de um manômetro a fim de avaliar a perda de carga relacionada às diferenças de altura de pressão;
- Utilização de um refratário graduado, também adaptado, para a coleta da descarga do sistema de tubulação para a avaliação da vazão do sistema;
- Utilização de suportes a fim de igualar as alturas entre os pontos de análise;
- Utilização de suporte total para o aparato experimental completo.

## 2.4 Dificuldades Encontradas

As dificuldades encontradas no percurso do presente projeto podem ser relacionadas à própria montagem experimental, oriundas das necessárias adaptações ao aparato, conforme descrito na seção 2.3, como também durante a coleta de dados e, por fim, na disponibilidade de dados na literatura para comparação dos valores encontrados.

Das dificuldades relacionadas à execução e coleta de dados, citam-se:

- A dificuldade no controle da altura do fluido no refratário (balde) superior para a garantia de regime estacionário;
- Adaptações realizadas na instalação do manômetro, cujas paredes de seus tubos conectados à tubulação, ainda que, minimamente, para garantia da sustentação, vieram a interferir no escoamento (tal qual um acessório);
- A dificuldade em garantir a diferença de altura nula entre os pontos de análise;
- A dificuldade na vedação da junção tubo (manômetro) - tubulação, acarretando em pequenas variações no tempo da altura do fluido, dificultando a coleta de dados;
- Local de trabalho pouco adequado.



### 3 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Inicialmente, antes das medições, o fluxo de água da torneira foi controlado de modo que o regime de escoamento se tornasse estacionário, ou seja, não houvesse variação no tempo. Após isso, foram feitas várias medições para cada abertura da válvula esférica, sendo elas: totalmente aberta e uma abertura de 45 graus. Essas aberturas foram calculadas com o auxílio de um transferidor, acoplado à válvula.

Para realização do experimento, foram realizadas, simultaneamente, a medição da vazão e da diferença de pressão causada pela válvula. Para a vazão, foram demarcados em um balde de 15L níveis correspondentes a volumes de 8 e 12 litros; também foi coletado o tempo necessário para que a água que deixa a tubulação preencha os respectivos volumes, com auxílio de cronômetros. Com o intuito de minimizar erros, foram utilizados dois cronômetros e, posteriormente, calculou-se a média aritmética dos tempos obtidos. Já para aquisição dos dados de diferença de pressão, mediu-se, com trenas, as alturas de coluna de água em cada uma das mangueiras.

O procedimento supracitado foi repetido cinco vezes, para cada abertura da válvula, afim de garantir maior precisão nos resultados. Os dados obtidos serão tratados no capítulo 4.



## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Cálculo da vazão

Conforme procedimento experimental, apresenta-se a tabela 4.1, cuja qual relaciona para cada amostragem os tempos de preenchimento dos volumes analisados pela tazon volumétrica do fluido de trabalho – água.

Tabela 4.1 – Tempos amostrais de preenchimento.

Tempo para preenchimento (s)				
	0°		45°	
Amostra	8L	12L	8L	12L
1	38,780	55,500	84,455	126,570
2	47,570	71,000	85,290	127,245
3	46,140	70,520	85,980	127,050
4	47,185	71,155	85,175	127,205

As vazões obtidas para cada amostragem foram calculadas considerando os tempos necessários para que o volume ocupado pelo fluido no recipiente refratário utilizado alcançasse 8 e 12L. Portanto, utilizando-se dos dados constantes na tabela 4.1, apresenta-se a tabela seguinte, cuja qual relaciona a vazão do sistema para cada amostra.

Tabela 4.2 – Vazão amostral por ângulo de abertura.

Vazão ( $m^3/s$ )						
	0°			45°		
Amostra	8L	12L	Média	8L	12L	Média
1	2,06292E-04	2,16216E-04	2,11254E-04	9,47250E-05	9,48092E-05	9,47671E-05
2	1,68173E-04	1,69014E-04	1,68594E-04	9,37976E-05	9,43063E-05	9,40519E-05
3	1,73385E-04	1,70164E-04	1,71775E-04	9,30449E-05	9,44510E-05	9,37479E-05
4	1,69545E-04	1,68646E-04	1,69090E-04	9,39243E-05	9,43359E-04	9,41301E-05
5	1,68315E-04	1,69803E-04	1,69059E-04	9,48148E-05	9,42840E-04	9,45494E-04

#### **4.2 Cálculo da velocidade do fluido**

A partir dos dados da tabela 4.2, calculou-se as respectivas velocidades do fluido no sistema para cada amostra. Tais velocidades foram consideradas constantes em todo o sistema, pois o fluido de trabalho foi a água no estado líquido, portanto incompressível e a área da seção transversal do escoamento interno manteve-se constante (tubo rígido). Tais velocidades estão relacionadas às respectivas amostragens, conforme a seguinte tabela.



## 5 CONCLUSÃO

Diante do exposto e da análise dos resultados obtidos supracitada, conclui-se que a determinação experimental do coeficiente de perda de carga localizada requer condições laboratoriais adequadas de modo que as adaptações necessárias sejam mínimas a fim de maximizar a acurácia dos resultados. No que tange o propósito didático à compreensão dos mecanismos físicos da mecânica dos fluidos, avalia-se de modo satisfatório, uma vez que a execução do presente projeto proporcionou a aplicabilidade da teoria, como também fomentou o raciocínio à solução de problemas reais de um engenheiro.



## REFERÊNCIAS

- 1 MUNSON, B. R.; YOUNG, D. F.; OKIISHI, T. H. **Fundamentos da Mecânica dos Fluidos**. 4. ed. São Paulo: Blucher, 2004.
- 2 CREMASCO, M. A. **Operações Unitárias em Sistemas Particulados e Fluidomecânicos**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2014.
- 3 FOX, R. W.; MCDONALD, A. T.; PRITCHARD, P. J. **Introdução à Mecânica dos Fluidos**. 8. ed. São Paulo: LTC, 2014.
- 4 POTTER, M. C.; WIGGERT, D. C.; RAMADAN, B. H. **Mecânica dos Fluidos**. 4. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2015.