

**Objetivos da segunda aula da unidade 6**

**Introduzir a classificação da perda de carga em uma instalação hidráulica.**

**Caracterizar as condições para ocorrer à perda de carga distribuída e a perda de carga singular (ou localizada).**

**Definir perda de carga distribuída e a perda de carga singular (ou localizada).**

**Introduzir os conceitos de Linha Piezométrica e Linha de Energia**

**Exemplificar a perda localizada.**

**Introduzir as expressões para o cálculo da perda de carga distribuída e perda de carga localizada.**

**Exercícios: 6.9 a 6.11**

## **6.3 Classificação das Perdas de Carga**

### **6.3.1 Perda de Carga Distribuída → $h_f$ ou $\Delta H$**

A perda de carga distribuída é devida a fricção das partículas fluidas entre si e das partículas fluidas com a parede interna do tubo.

O estudo da perda de carga distribuída ( $h_f$  ou  $\Delta H$ ) é realizado nas seguintes condições:

- a - trecho da tubulação formado só pelo tubo de área de seção transversal constante;
- b - comprimento do tubo não desprezível;
- c - tubo considerado sem nenhuma obstrução e sem mudanças de direção.

A figura 6.1 representa um trecho de uma instalação, onde entre as seções (1) e (2) só ocorre à perda de carga distribuída. Instalamos, em cada uma destas seções, um piezômetro que permite a leitura de suas cargas de pressão.

Unindo-se os pontos (A) e (B) por uma reta, temos o que denominamos de **linha piezométrica** (LP), que é o lugar geométrico que representa a soma das cargas de pressão e potencial.

Aplicando a equação de energia entre (1) e (2) da figura 6.1, temos:

$$h_f = \frac{p_1}{\gamma} - \frac{p_2}{\gamma} \quad \text{equação 6.1}$$

A equação 6.1, permite afirmar que a diferença entre dois pontos da LP representa a perda de carga distribuída no trecho compreendido entre eles.

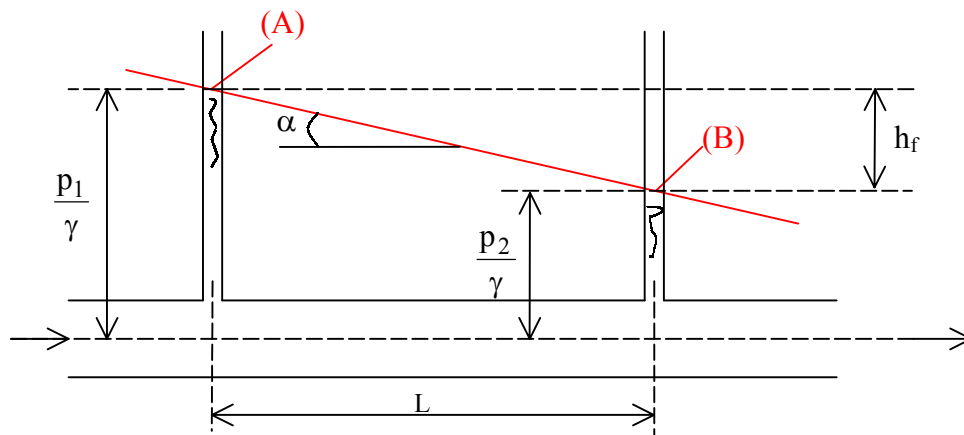


Figura 6.1

Considerando L, como sendo o comprimento do tubo compreendido entre as seções (1) e (2) e  $\alpha$  como sendo o ângulo de inclinação da **linha piezométrica** (L.P), podemos escrever que:

$$\text{tg}\alpha = \frac{h_f}{L} = J \quad \text{equação 6.2}$$

#### Notas:

1. Em trechos de instalações hidráulicas análogas ao representado pela figura 6.1, podemos afirmar que a linha piezométrica é decrescente no sentido do escoamento.
2. Evocando o conceito da **linha de energia** (L.E), que é o lugar geométrico que representa a carga total das seções do escoamento, podemos afirmar que a diferença entre a cota da L.E e a cota da L.P nos fornece sempre a carga cinética da seção considerada.

### 6.3.2 Perda de Carga Localizada, ou Singular ( $h_s$ )

Não somente a extensão da tubulação, o diâmetro, a velocidade de circulação e a rugosidade, causam perdas no escoamento de fluidos; qualquer acessório que perturbe a velocidade de circulação dele; tais como, o aumento ou diminuição de turbulência, a mudança de direção a variação de velocidade propiciam também uma perda de carga.

Este tipo de perda de carga, que ocorre em um comprimento desprezível em relação ao comprimento da tubulação é denominado de perda de carga localizada, ou singular.

A figura 6.2 mostra a perda de carga que ocorre em uma válvula gaveta.

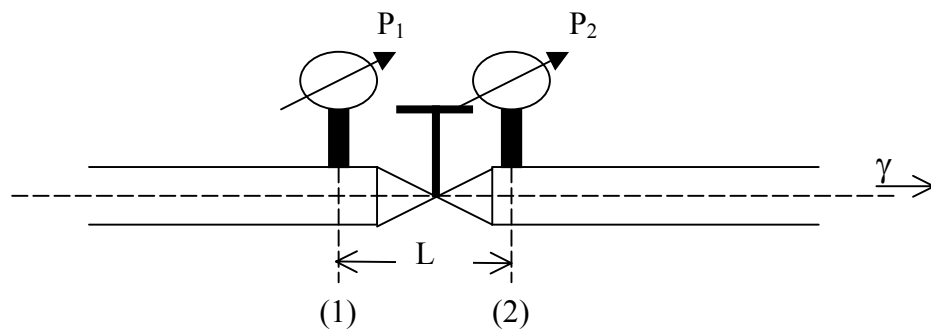
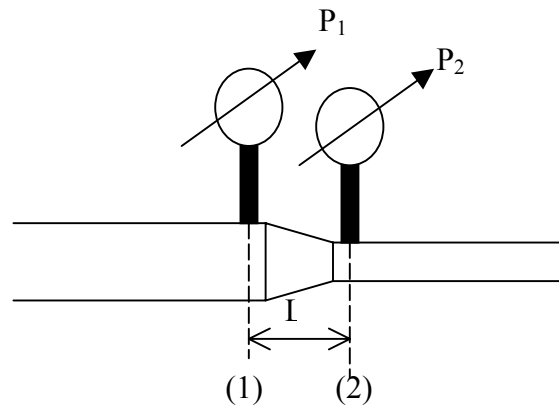


Figura 6.2

Entre as seções (1) e (2), como o  $L$  é desprezível, podemos afirmar que só ocorre  $h_s$ , portanto aplicando a equação da energia, temos:

$$h_s = \frac{P_1}{\gamma} - \frac{P_2}{\gamma} \quad \text{equação 6.3}$$

A figura 6.3 representa uma redução de seção, onde também ocorre a perda de carga singular.



**Figura 6.3**

Novamente sabendo que o  $L$  é desprezível e aplicando a equação da energia, temos:

$$h_S = \frac{p_1 - p_2}{\gamma} + \frac{v_1^2 - v_2^2}{2g} \quad \text{equação 6.4}$$

**Nota:** Na equação 6.4 consideramos que, tanto na seção (2), como na seção (1), o escoamento é turbulento, ou seja  $\alpha_1 = \alpha_2 \sim 1,0$ .



**foto 1<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Na foto, o laboratorista Manoel Luiz da Silva, no laboratório de Mecânica dos Fluidos da Faculdade de Engenharia Indústria (FEI), mostra trechos onde ocorrem a perda de carga distribuída e a perda de carga localizada.

## 6.4 Cálculo Perda de Carga Distribuída ( $h_f$ ou $\Delta H$ )

Apresentamos o cálculo da perda de carga distribuída pela chamada fórmula universal, que é originada da análise dimensional (exercício 4.14.23), isto pelo fato da mesma ser válida para qualquer escoamento incompressível e ainda ser reconhecida pela ABNT.

**Nota:** No apêndice 6.1 mostramos outra maneira comumente usada para a determinação da perda de carga distribuída, que é através da fórmula de Hazen-Williams.

A equação 6.5, representa a fórmula universal.

$$h_f = f \times \frac{L}{D_H} \times \frac{v^2}{2g} \quad \text{equação 6.5}$$

onde:

$f$  → coeficiente de perda de carga distribuída

$L$  → comprimento do tubo de área de seção transversal constante

$D_H$  → diâmetro hidráulico

$v$  → velocidade média do escoamento

$g$  → aceleração da gravidade, comumente considerada igual a  $9,8 \text{ m/s}^2$

## 6.5 Cálculo da Perda de Carga Localizada ou singular ( $h_s$ )

A expressão representada pela equação 6.6<sup>2</sup> é usada para o cálculo da perda de carga localizada (singular):

$$h_s = K_s \cdot \frac{v^2}{2g} \quad \text{equação 6.6}$$

---

<sup>2</sup> Para projetos de instalações hidráulicas muitas vezes não utilizamos esta expressão para o cálculo da perda de carga localizada, mas sim o conceito de comprimento equivalente como mostraremos mais adiante.

onde:

$K_S$  → coeficiente de perda de carga singular

$V$  → velocidade média do escoamento

$g$  → aceleração da gravidade ( $9,8 \text{ m/s}^2$ )

**Nota:** No cálculo de  $h_S$  em mudança de seção, geralmente trabalhamos com a velocidade média da seção transversal menor.

#### **Nascimento**

**Ao vê-lo nascer  
nasce em mim a  
responsabilidade  
de continuar lutando  
pela construção de um mundo  
melhor.**

**Ainda que não consiga ver  
este mundo onde a felicidade  
deixa de ser privilégio,  
continuo sonhando  
em viabilizá-lo pelo amor.**

**Amor pela vida  
amor que representa a  
conquista.  
Amor pela ida  
para uma nova batalha  
vencida**



**Foto 2<sup>3</sup>**

---

<sup>3</sup> Na foto o Marcus Vinícius (meu neto), que fez renascer energias para continuar a luta pela construção de um mundo melhor.