

---

## PERDAS DE CARGA(hf), N° DE REYNOLDS(Re), VELOCIDADE DE ESCOAMENTO (V), DIÂMETROS DOS TUBOS, E ALTURA MANOMÉTRICA TOTAL (AMT)

---

**1. PERDAS DE CARGA (hf):** Denomina-se perda de carga de um sistema, o atrito causado pela resistência da parede interna do tubo quando da passagem do fluido pela mesma. As perdas de carga classificam-se em:

**CONTÍNUAS:** Causadas pelo movimento da água ao longo da tubulação. É uniforme em qualquer trecho da tubulação (desde que de mesmo diâmetro), independente da posição do mesmo. (Tabelas 6 e 8);

**LOCALIZADAS:** Causadas pelo movimento da água nas paredes internas e emendas das conexões e acessórios da instalação, sendo maiores quando localizadas nos pontos de mudança de direção do fluxo. Estas perdas não são uniformes, mesmo que as conexões e acessórios possuam o mesmo diâmetro. (Tabelas 7 e 9);

### 1.1 FATORES QUE INFLUENCIAM NAS PERDAS DE CARGA:

**A. Natureza do fluido escoado (peso específico, viscosidade):** Como as bombas **Schneider** são fabricadas basicamente para o bombeamento de água, cujo peso específico é de 1.000 Kgf/m<sup>3</sup>, não há necessidade de agregar-se fatores ao cálculo de perdas de carga, em se tratando desta aplicação;

**B. Material empregado na fabricação dos tubos e conexões (PAD, ferro) e tempo de uso:** Comercialmente, os tubos e conexões mais utilizados são os de PAD e Ferro Galvanizado, cujas diferenças de fabricação e acabamento interno (rugosidade e área livre) são bem caracterizadas, razão pela qual apresentam coeficientes de perdas diferentes, conforme as Tabelas 6, 7, 8 e 9;

**C. Diâmetro da tubulação:** O diâmetro interno ou área livre de escoamento, é fundamental na escolha da canalização já que, quanto maior a vazão a ser bombeada, maior deverá ser o Ø interno da tubulação, afim de diminuir-se as velocidades e, conseqüentemente, as perdas de carga. São muitas as fórmulas utilizadas para definir-se qual o diâmetro mais indicado para a vazão desejada. Para facilitar os cálculos, todas as perdas já foram tabeladas pelos fabricantes de diferentes tipos de tubos e conexões. No entanto, para efeito de cálculos, a fórmula mais utilizada para chegar-se aos diâmetros de tubos é a Fórmula de Bresse, expressa por:

$$D = K \sqrt{Q} ,$$

Onde: **D** = Diâmetro interno do tubo, em metros;

**K** = 0,9 - Coeficiente de custo de investimento x custo operacional. Usualmente aplica-se um valor entre 0,8 e 1,0;

**Q** = Vazão, em m<sup>3</sup>/s;

A Fórmula de Bresse calcula o diâmetro da tubulação de recalque, sendo que, na prática, para a tubulação de sucção adota-se um diâmetro comercial imediatamente superior;

**D. Comprimento dos tubos e quantidade de conexões e acessórios:** Quanto maior o comprimento e o n° de conexões, maior será a perda de carga proporcional do sistema. Portanto, o uso em excesso de conexões e acessórios causará maiores perdas, principalmente em tubulações não muito extensas;

**E. Regime de escoamento (laminar ou turbulento):** O regime de escoamento do fluido é a forma como ele desloca-se no interior da tubulação do sistema, a qual determinará a sua velocidade, em função do atrito gerado. No regime de **escoamento laminar**, os filetes líquidos (moléculas do fluido agrupadas umas às outras) são paralelos entre si, sendo que suas velocidades são invariáveis em direção e grandeza, em todos os pontos (figura 7). O regime laminar é caracterizado quando o n° de Reynolds (Re), for inferior a 2.000.

No regime de **escoamento turbulento**, os filetes movem-se em todas as direções, de forma sinuosa, com velocidades variáveis em direção e grandeza, em pontos e instantes diferentes (figura 8). O regime turbulento é caracterizado quando o n° de Reynolds (Re), for superior a 4.000

Obviamente, o regime de escoamento mais apropriado para um sistema de bombeamento é o **laminar** pois, acarretará menores perdas de carga por atrito em função do baixo número de interferências existentes na linha.

Fig. 7 – Escoamento Laminar



Fig. 8 – Escoamento Turbulento



2. **Nº DE REYNOLDS (Re)**: É expresso por:

$$Re = \frac{V \times D}{\nu}$$

Onde: **Re** = N° de Reynolds;

**V** = Velocidade média de escoamento, em m/s;

**D** = Diâmetro da Tubulação, em metros;

**ν** = Viscosidade cinemática do Líquido, em m<sup>2</sup>/s;

Para a água doce, ao nível do mar e a temperatura de 25°C, a viscosidade cinemática (ν) é igual a 0,000001007 m<sup>2</sup>/s;

O escoamento será: **Laminar** : **Re < 2.000**

**Turbulento** : **Re > 4.000**

Entre 2.000 e 4.000, o regime de escoamento é considerado crítico.

Na prática, o regime de escoamento da água em tubulações é sempre turbulento;

3. **VELOCIDADE DE ESCOAMENTO (V)**: Derivada da equação da continuidade, a velocidade média de escoamento aplicada em condutos circulares é dado por:

$$V = \frac{4 \times Q}{\pi \times D^2}$$

onde: **V** = Velocidade de escoamento, em m/s;

**Q** = Vazão, em m<sup>3</sup>/s;

**π(Pi)** = 3,1416, (constante);

**D** = Diâmetro interno do tubo, em metros;

Para uso prático, as velocidades de escoamento mais econômicas são:

Velocidade de Sucção ≤ 1,5 m/s (limite 2,0 m/s)

Velocidade de Recalque ≤ 2,5 m/s (limite 3,0 m/s)

#### 4. DIÂMETRO DOS TUBOS:

**A. Tubulação de Recalque:** Pelas Tabelas 6 e 8, podemos escolher o diâmetro mais adequado para os tubos de recalque, observando a linha grifada, em função da melhor relação custo benefício possível. (custo de investimento x custo operacional);

**Custo de Investimento** : Custo total dos tubos, bomba, conexões, acessórios, etc. Quanto menor o diâmetro dos tubos, menor o investimento inicial, e vice-versa;

**Custo Operacional:** Custo de manutenção do sistema. Quanto maior o diâmetro dos tubos, menor será a altura manométrica total (AMT), a potência do motor, o tamanho da bomba e o gasto de energia. Consequentemente, menor será o custo operacional, e vice-versa;

**B. Tubulação de Sucção:** Na prática, define-se esta tubulação usando-se o diâmetro comercial imediatamente superior ao definido anteriormente para recalque, analisando-se, sempre, o NPSH<sub>d</sub> do sistema.

5. **ALTURA MANOMÉTRICA TOTAL (AMT)**: A determinação desta variável é de fundamental importância para a seleção da bomba hidráulica adequada ao sistema em questão. Pode ser definida como a quantidade de trabalho necessário para movimentar um fluido, desde uma

determinada posição inicial, até a posição final, incluindo nesta “carga” o trabalho necessário para vencer o atrito existente nas tubulações por onde desloca-se o fluido. Matematicamente, é a soma da altura geométrica (diferença de cotas) entre os níveis de sucção e descarga do fluido, com as perdas de carga distribuídas e localizadas ao longo de todo o sistema (altura estática + altura dinâmica).

Portanto:

$$H_{man} = H_{geo} + h_f$$

A expressão utilizada para cálculo é:

$$AMT = AS + AR + \text{Perdas de Cargas Totais (} h_{fr} + h_{fs} \text{)}$$

**NOTA:** Para aplicações em sistemas onde existam na linha hidráulica, equipamentos e acessórios (irrigação, refrigeração, máquinas, etc.) que requeiram pressão adicional para funcionamento, deve-se acrescentar ao cálculo da AMT a pressão requerida para o funcionamento destes equipamentos.