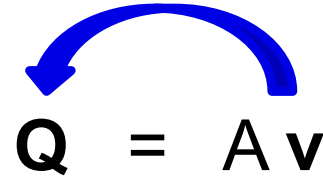


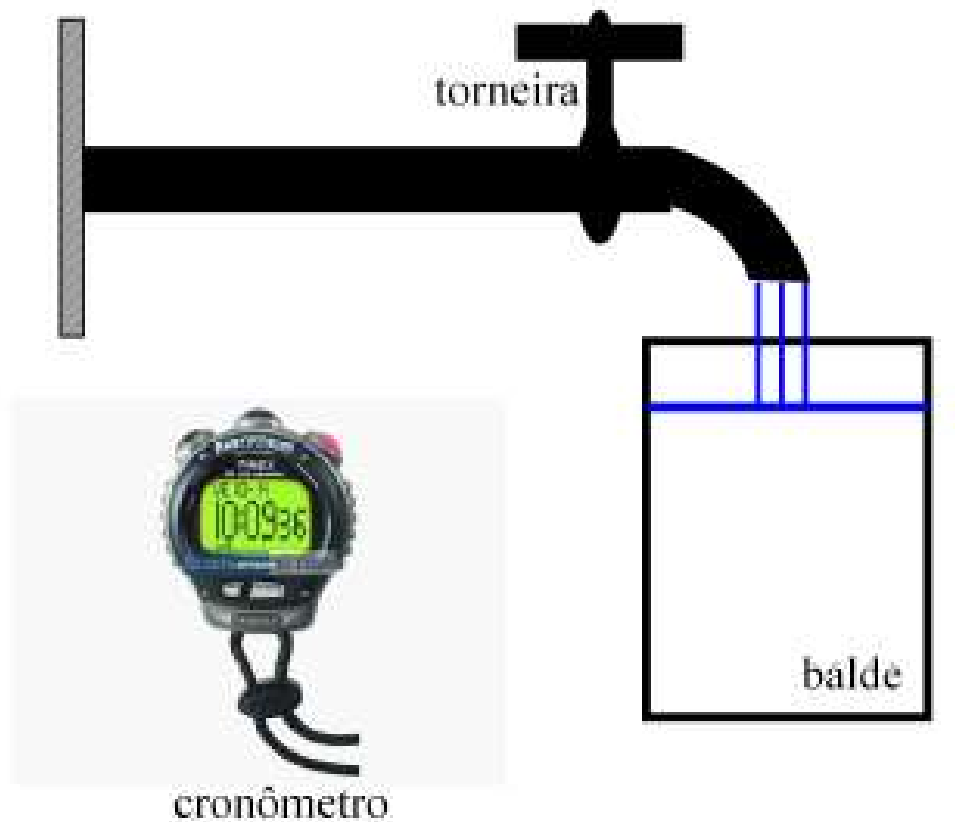
Medições de caudal em escoamentos sob pressão


$$Q = A v$$

Factores a ter em conta na escolha de medidores de caudal

- custo
- precisão garantida para a gama de caudais a medir
- condicionalismos para a instalação
- condições de exploração e manutenção

Método volumétrico



$$Q = \frac{V}{t}$$

t deve ser > 1 min

- método mais rigoroso
- só aplicável a pequenos caudais

Aspersores



Pivots



Rega localizada



Medição de caudal em escoamentos sob pressão

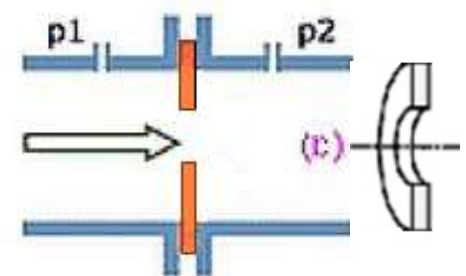
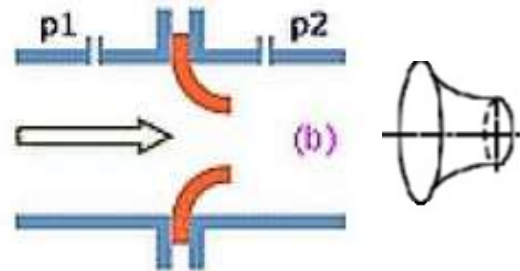
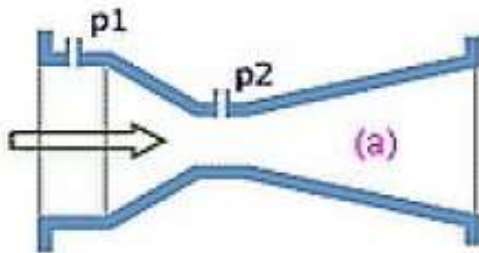
- medição da velocidade a partir da medição de Δp
(orifícios, tubo de Venturi)
- medidores ultra-sónicos
- contadores volumétricos
- medidores de área variável

Medições em escoamentos sob pressão

- Medição da velocidade a partir da diferença de pressões

- tubo de Pitot
- tubo de Venturi
- bocais
- orifícios

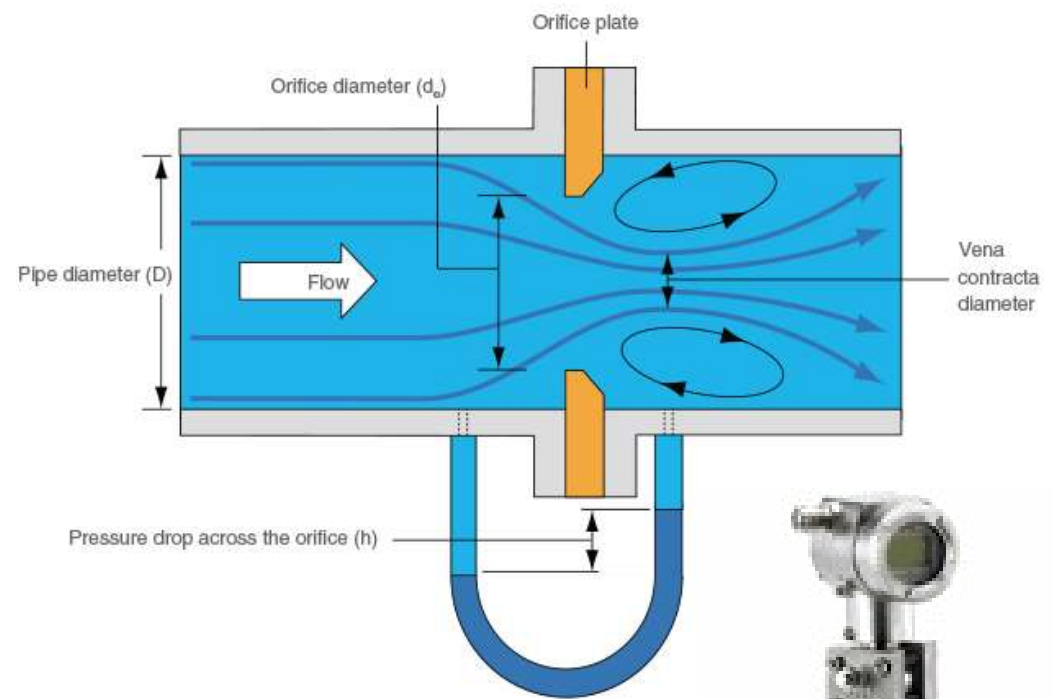
Perda de carga



Orifícios

$$Q = cA_o \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho(1 - A_o^2/A^2)}}$$

$$c \sim 0.60$$



Vantagens

- barato e fácil instalação
- pode ser instalado em tubos de grande diâmetro

Desvantagens

- o comprimento da “vena contracta” depende do gume do orifício e rugosidade do tubo → pode ser difícil fazer medição na zona adequada
- perdas de carga elevadas (40 – 90% de Δh)
- pode ser obstruído por partículas em suspensão
- corrosão, uso → precisão altera-se com o tempo

Tubo de Venturi

$$Q = cA_o \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho(1 - A_o^2/A^2)}}$$

$$c \sim 0.98$$

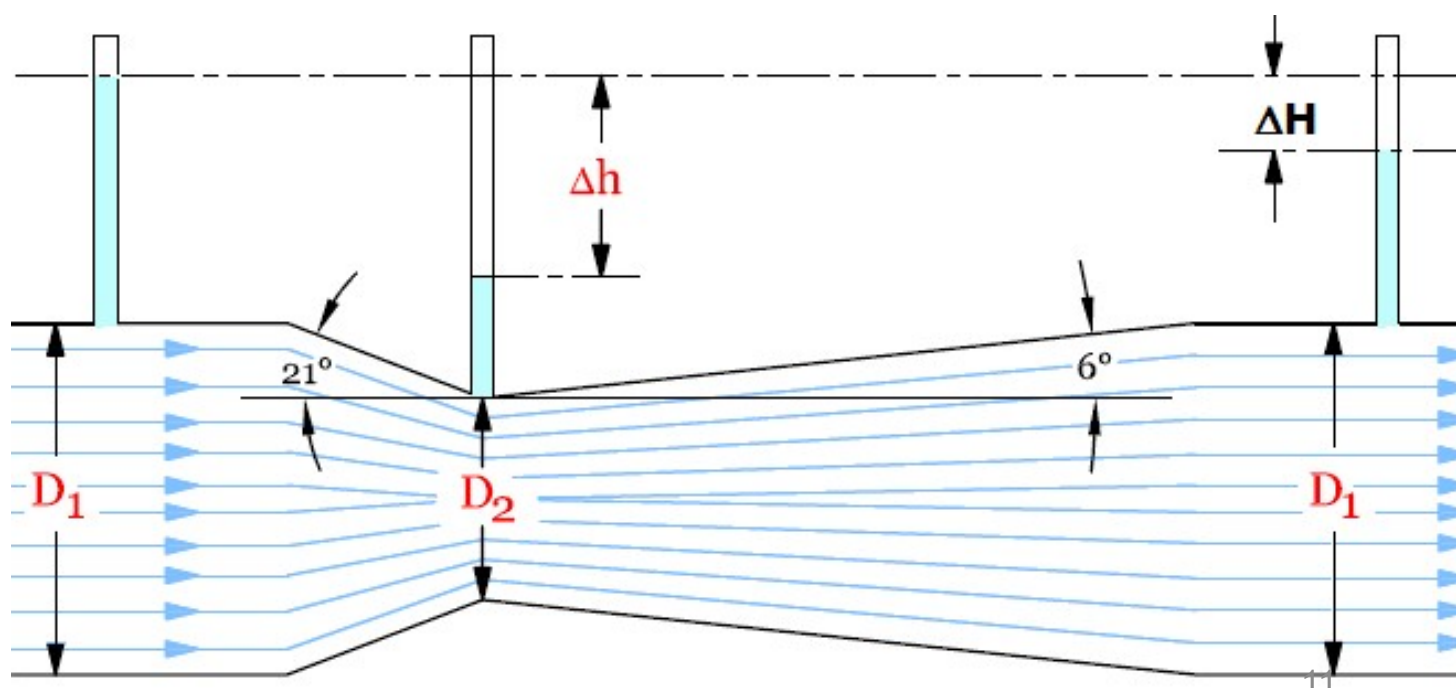
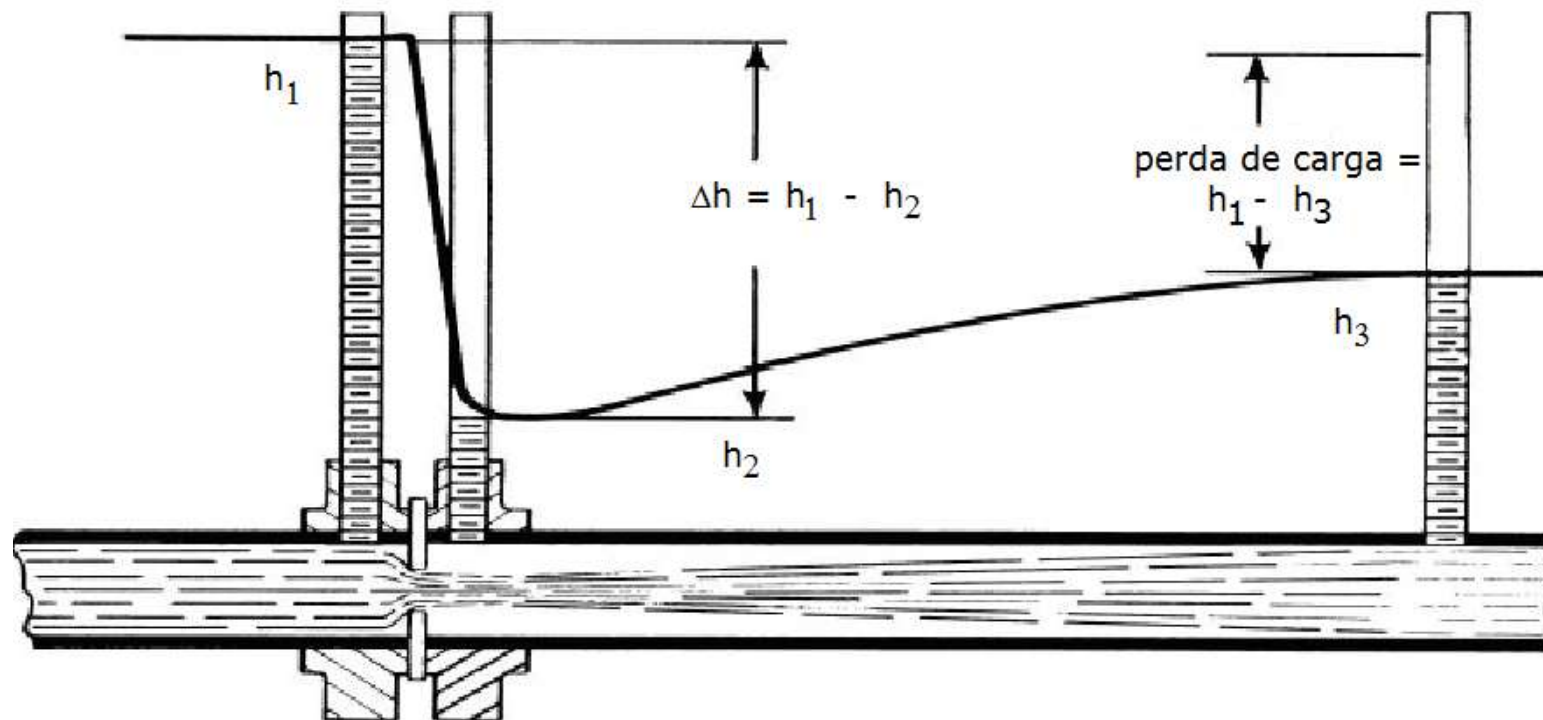


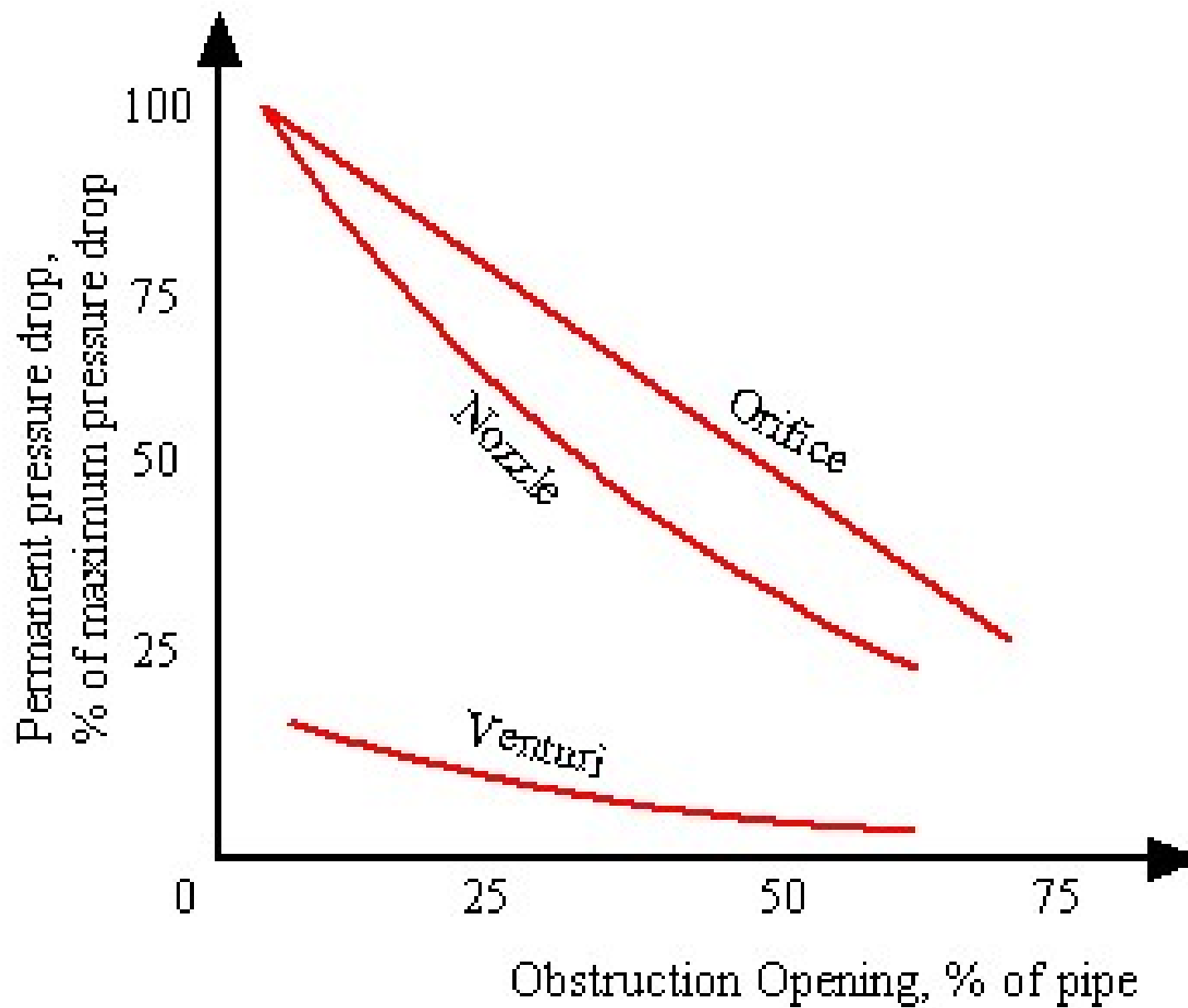
Vantagens

- elevada precisão (1 - 3%)
- barato e fácil utilização
- não têm partes móveis → baixa manutenção e alta durabilidade
- baixa perda de carga

Desvantagens

- peso e tamanho → não adequados a tubos com grande diâmetro e/ou a locais com limitações de espaço





- **Medidores ultra-sónicos**

Classificação segundo o tipo de instalação

- **Clamp-on (externos):** os sensores são fixados **do lado de fora do tubo**.
 - não é necessário cortar o fluxo para serem instalados
 - não causam perda de carga
 - usados em **medições temporárias** ou **monitorização não intrusiva**.
- **Inline:** O sensor é instalado **dentro do tubo**, em contacto direto com o fluido.
 - oferece **maior precisão**, mas requer **instalação física** no sistema.

Classificação segundo o princípio de medição

- tempo de trânsito (ou de percurso)
- efeito Doppler

- **Medidores ultra-sónicos**

Vantagens

- ✓ não causam perda de carga (sem partes móveis ou obstruções)
- ✓ instalação simples
- ✓ funcionam em líquidos limpos e sujos (dependendo do tipo)
- ✓ elevada durabilidade e baixa manutenção
- ✓ adequados para tubos de grandes diâmetros

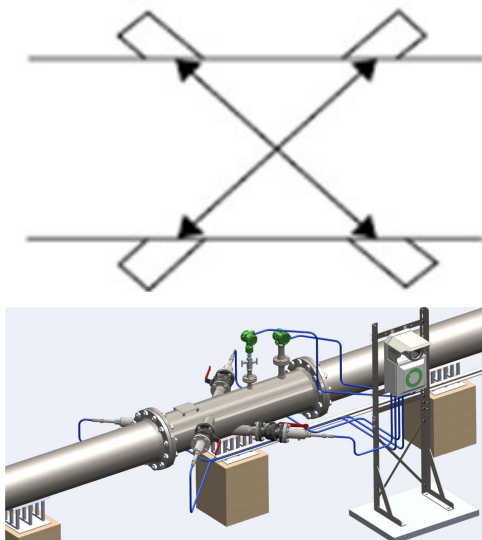
Desvantagens

- ✗ requerem perfil de escoamento estável (troços rectilíneos antes e depois do sensor)
- ✗ a precisão depende da homogeneidade do fluido e da instalação correta

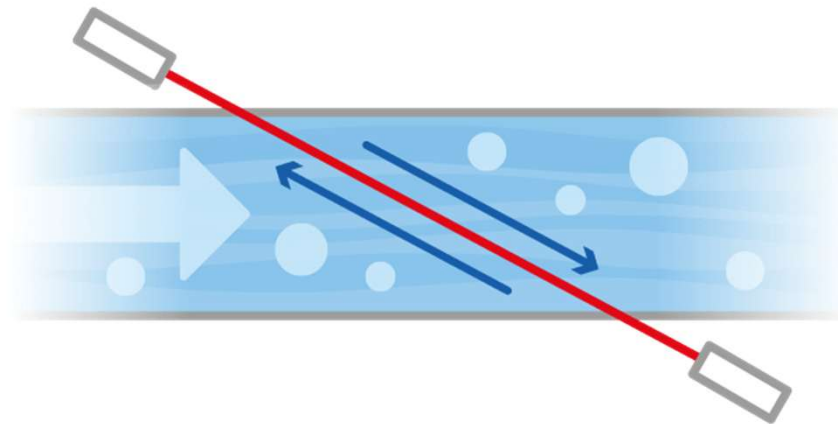
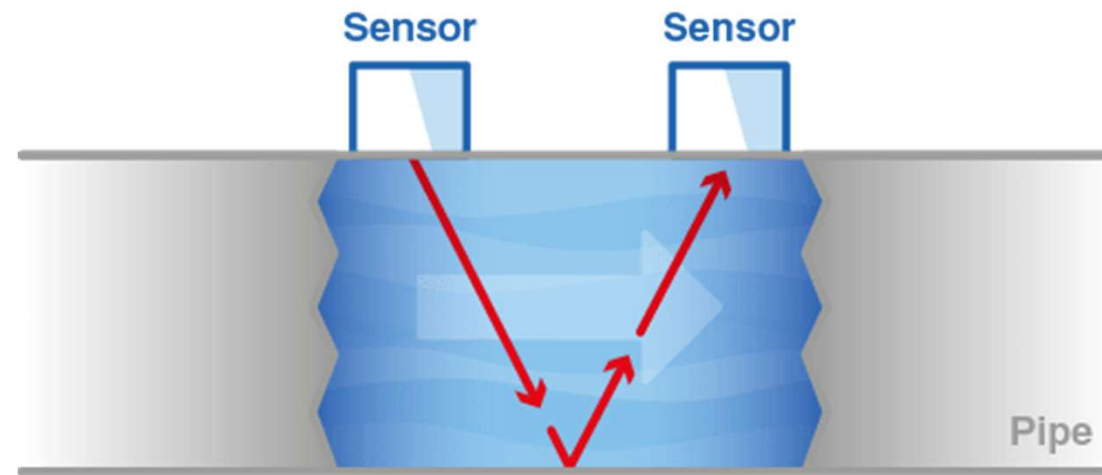
• Medidores ultra-sónicos

➔ baseados no tempo de percurso

- dois sensores são colocados em lados opostos do tubo
- um envia um sinal sonoro para jusante (a favor do fluxo) e outro para montante (contra o fluxo)
- o tempo de percurso do sinal acústico emitido para montante é superior ao tempo de percurso quando emitido para jusante. Medindo-se o tempo levado pelos 2 sinais, pode-se calcular a velocidade média do som e, a partir daí, a velocidade do fluido

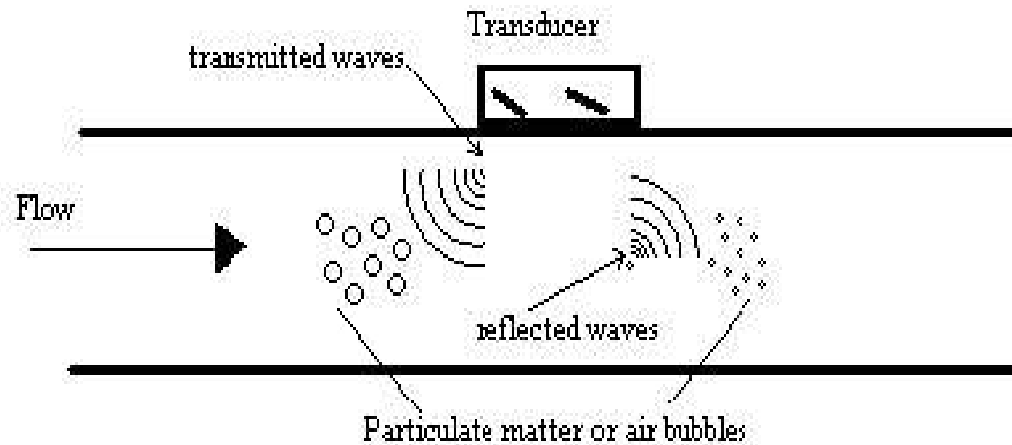


**Para líquidos limpos (sem partículas em suspensão ou bolhas de ar)
(água potável, água de rega)**





➡ baseados no efeito Doppler



Os sinais acústicos emitidos são reflectidos pelas partículas ou bolhas de ar em suspensão . Como estas partículas têm movimento relativamente ao emissor, o sinal acústico sofre efeito de Doppler (alteração da frequência). A medição da variação da frequência do som permite determinar a velocidade

Adequado para líquidos com partículas em suspensão ou bolhas de ar (águas residuais, lamas)

Precisão

- **tempo de percurso:** 1 - 2%
- **efeito Doppler:** 2 - 5%, dependendo da concentração e homogeneidade de distribuição de partículas

- **Contador volumétrico**

**Vantagens:**

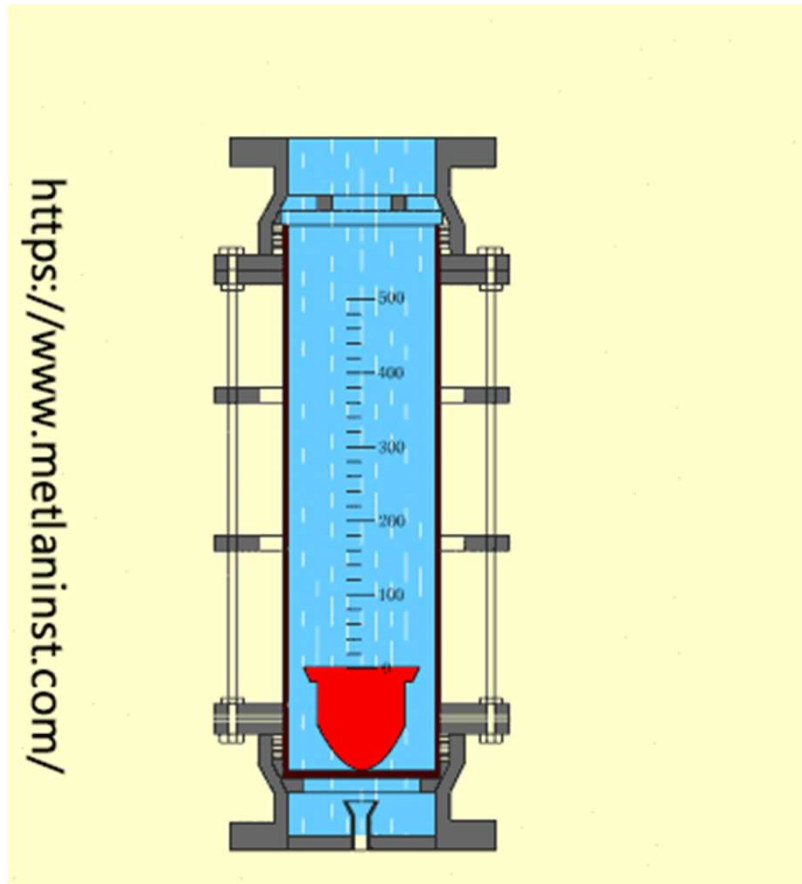
- ✓ baratos
- ✓ boa precisão em líquidos limpos
- ✓ resposta rápida a variações de caudal

Desvantagens:

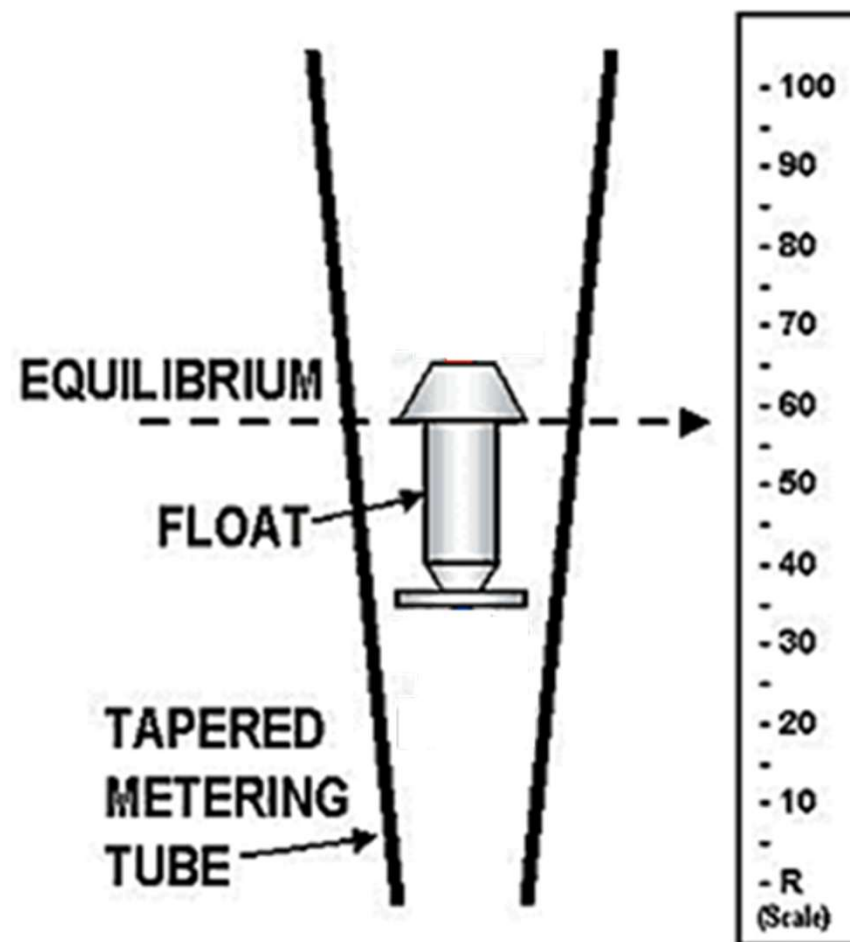
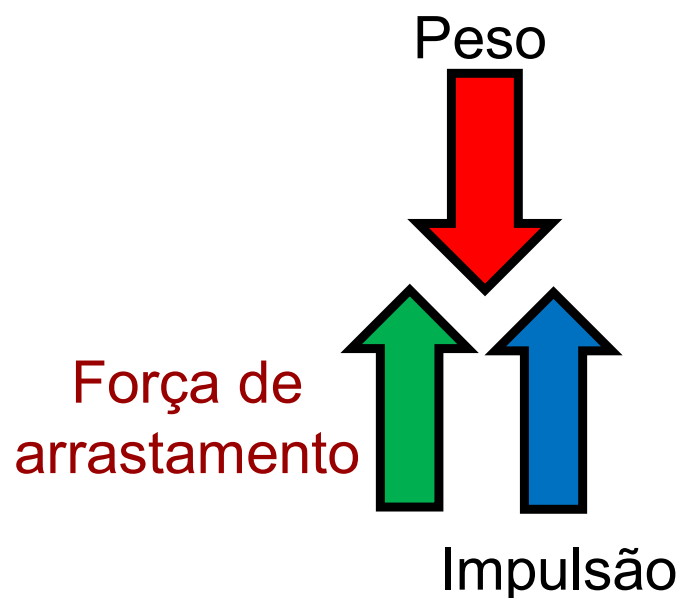
- ✗ requerem fluido limpo

- **Medidores de área variável (= rotâmetro)**

Possuem um flutuador que sobe e desce num tubo cónico, dependendo do caudal.



O tubo cónico é mais largo na parte superior do que na parte inferior, pelo que à medida que o flutuador sobe, a área à sua volta aumenta, permitindo a passagem de mais fluido.



O caudal é lido diretamente a partir de uma escala no tubo, tornando os rotâmetros simples e fáceis de utilizar.

Vantagens

- ✓ custo baixo
- ✓ são simples de instalar, operar e manter
- ✓ versatilidade de construção e aplicações
- ✓ não necessitam de qualquer fonte de energia externa
- ✓ o caudal pode ser facilmente lido directamente na escala

Desvantagens

- ✗ precisão limitada, particularmente para baixos caudais
- ✗ a precisão pode ser afetada por alterações na densidade e viscosidade do fluido devidas a variações na temperatura
- ✗ a perda de carga causada pode ser significativa
- ✗ têm que ser instalados em troços de tubagem verticais e fluxo ascendente
- ✗ não permitem automatização

