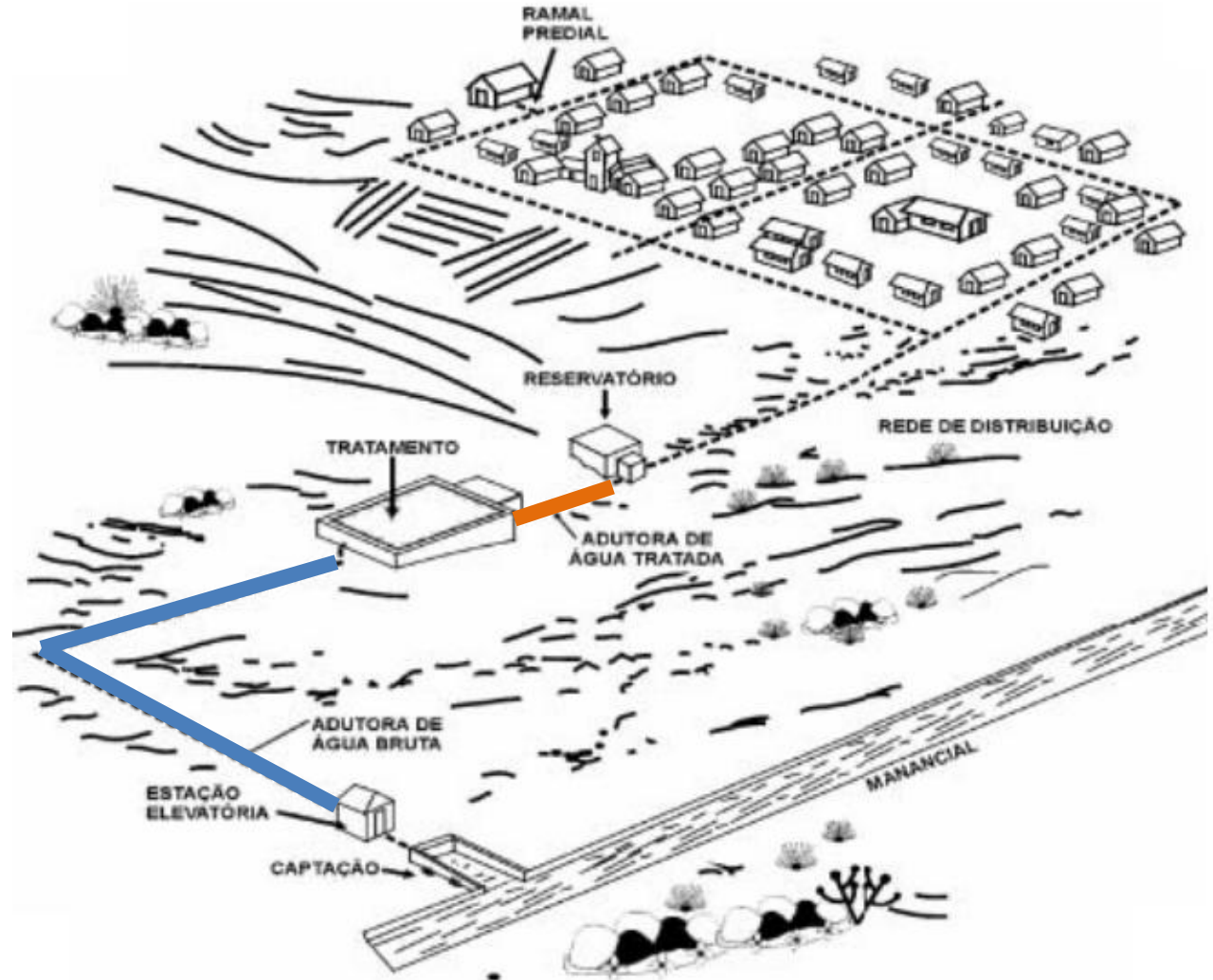


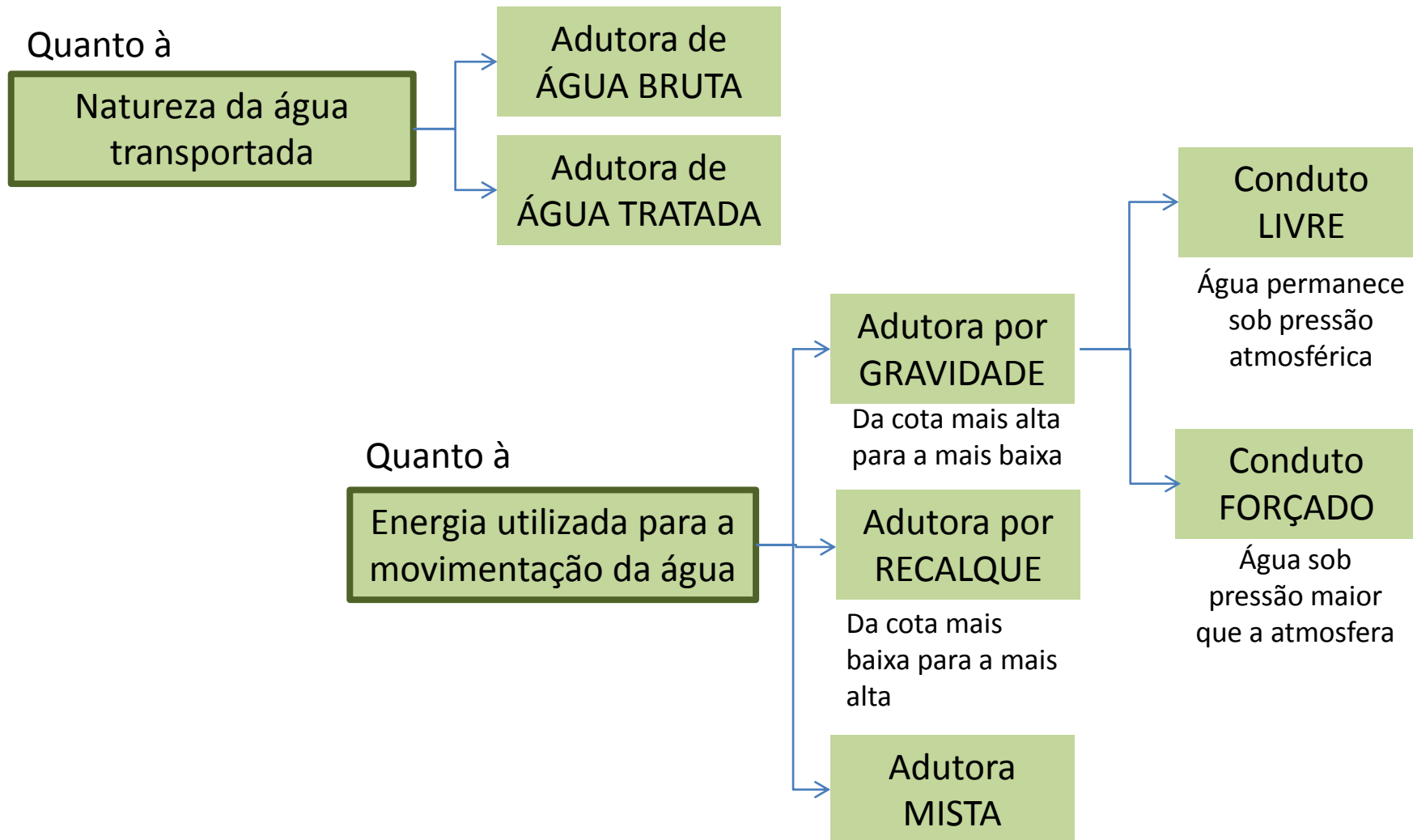
6 – Adutoras

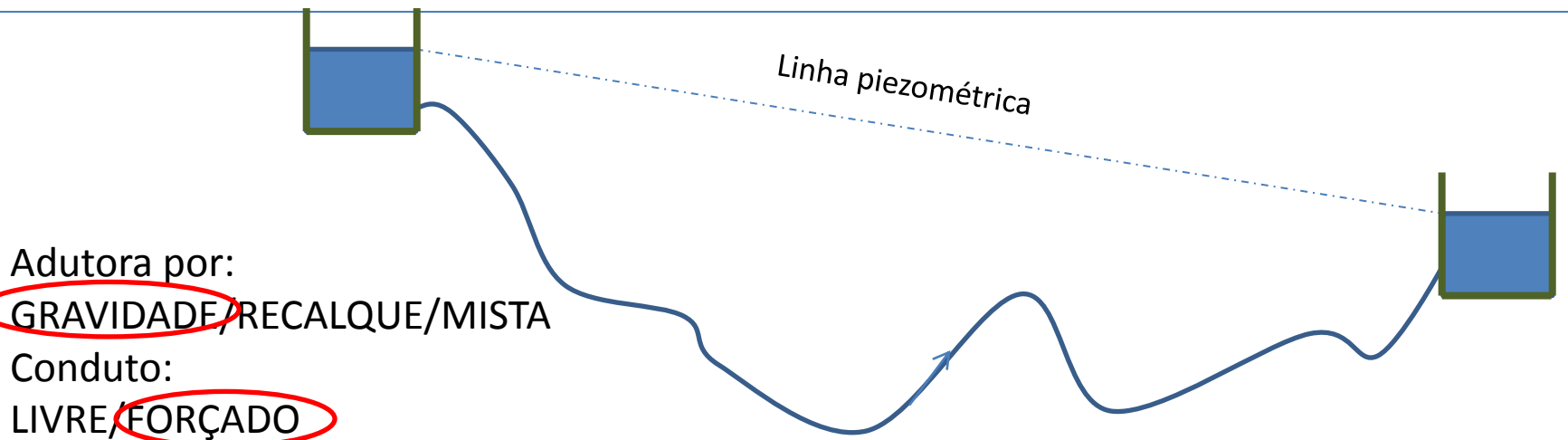
Canalizações do sistema de abastecimento de água que interligam as unidades (captação, ETA, reservatório) que precedem a distribuição

IMPORTANTE:
Análise do traçado (planta e perfil) para correta colocação dos órgãos acessórios e ancoragens



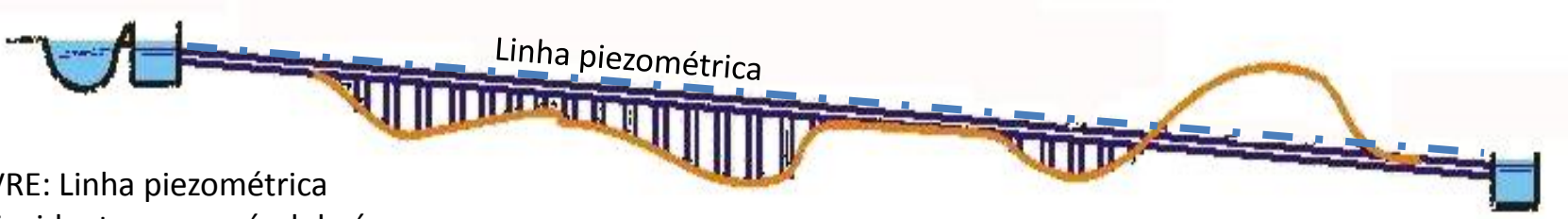
6.1 - Classificação das adutoras



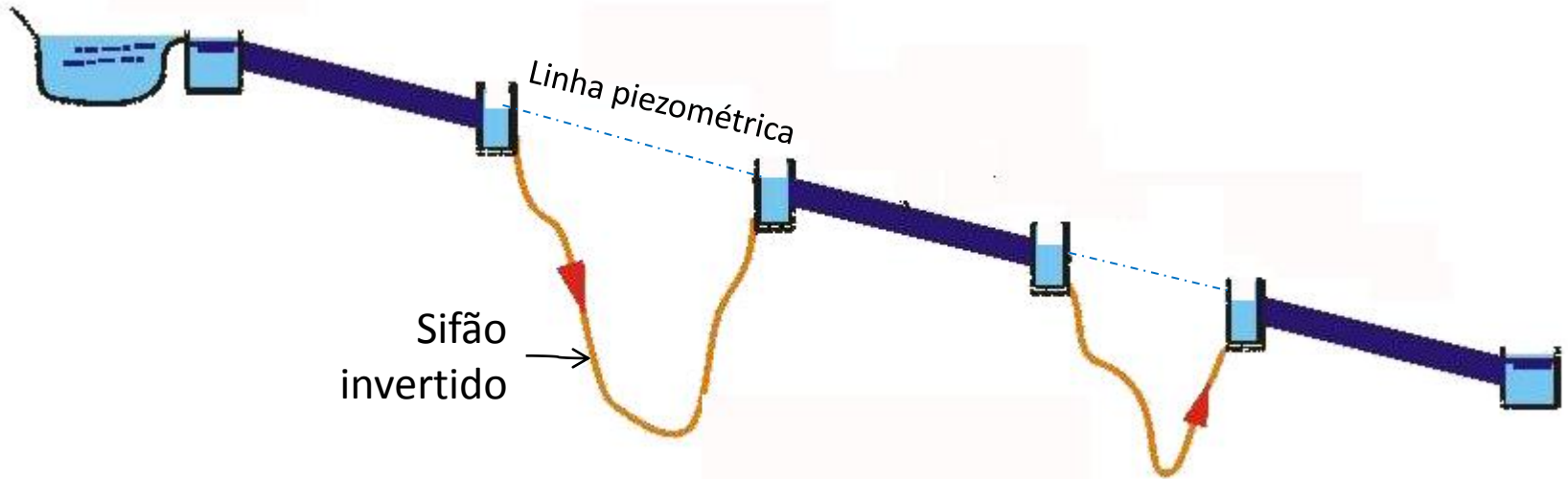


Adutora por:
 GRAVIDADE/RECALQUE/MISTA
 Conduto:
 LIVRE/FORÇADO

Adutora por:
 GRAVIDADE/RECALQUE/MISTA
 Conduto:
 LIVRE/FORÇADO



LIVRE: Linha piezométrica
 coincidente com o nível de água

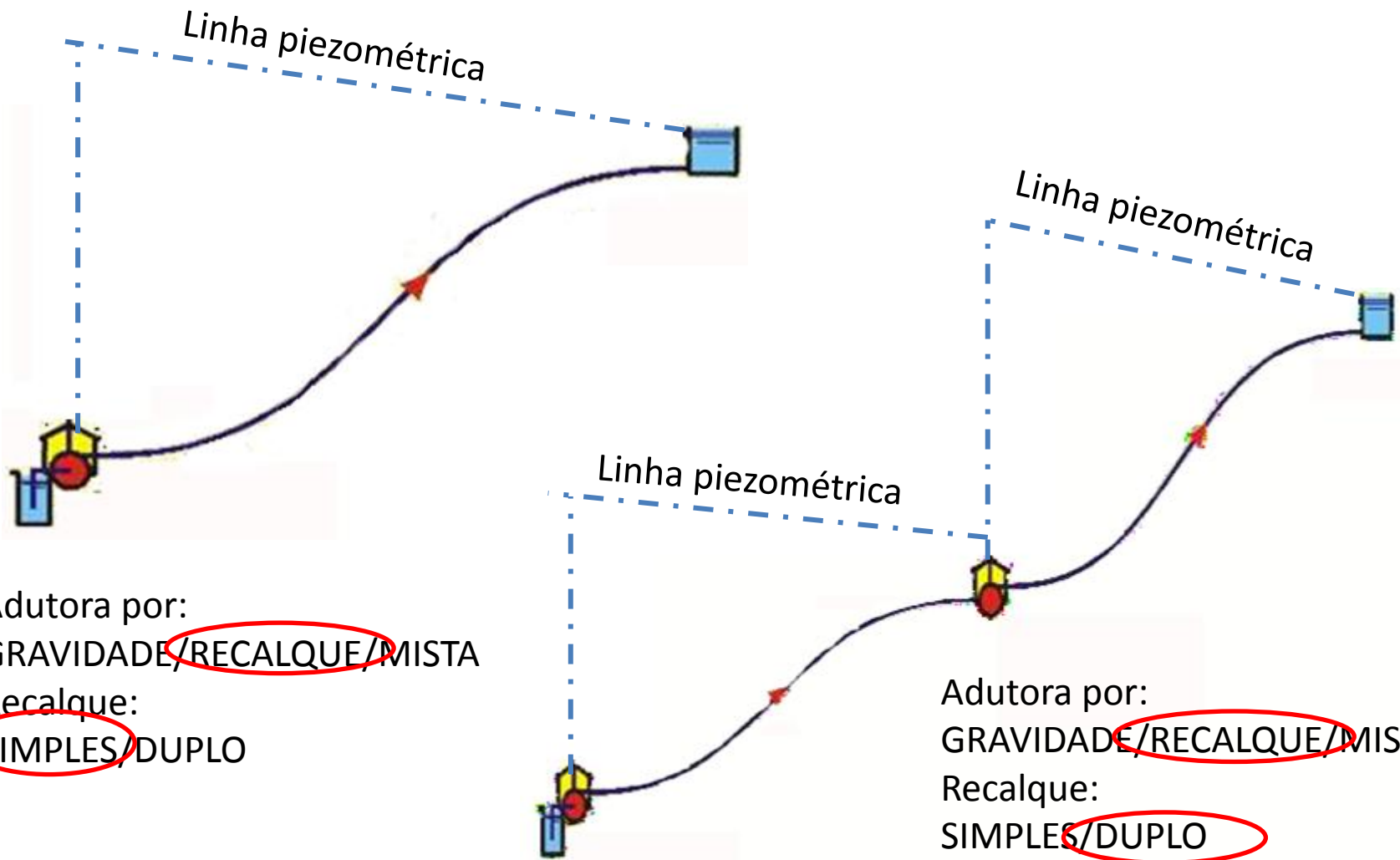


Adutora por:

GRAVIDADE/RECALQUE/MISTA

Conduto:

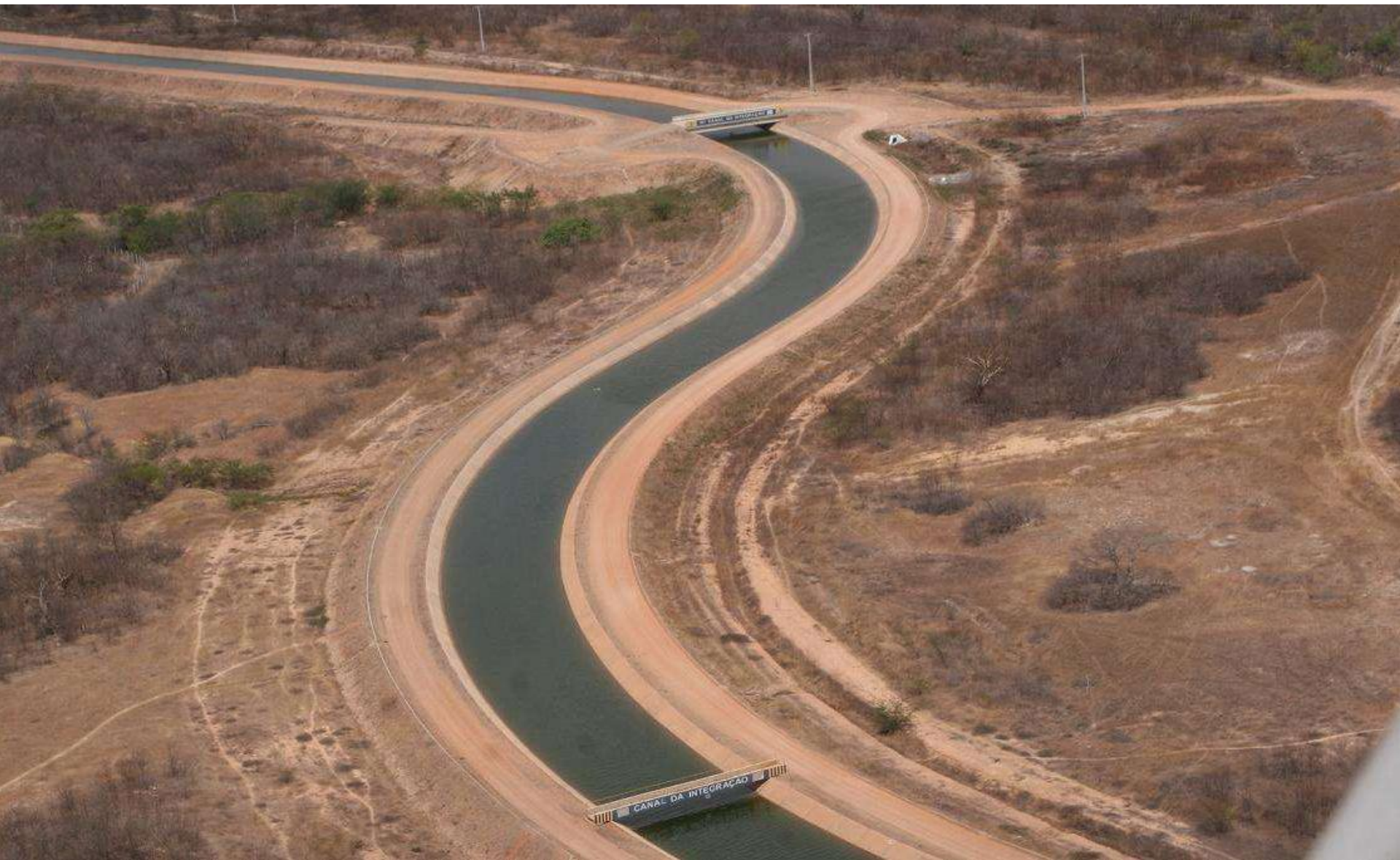
LIVRE/FORÇADO





Fonte: EPUSP – PHD2412 -
http://200.144.189.97/phd/default.aspx?id=28&link_uc=disciplina

Canal da Integração Eixão das Águas

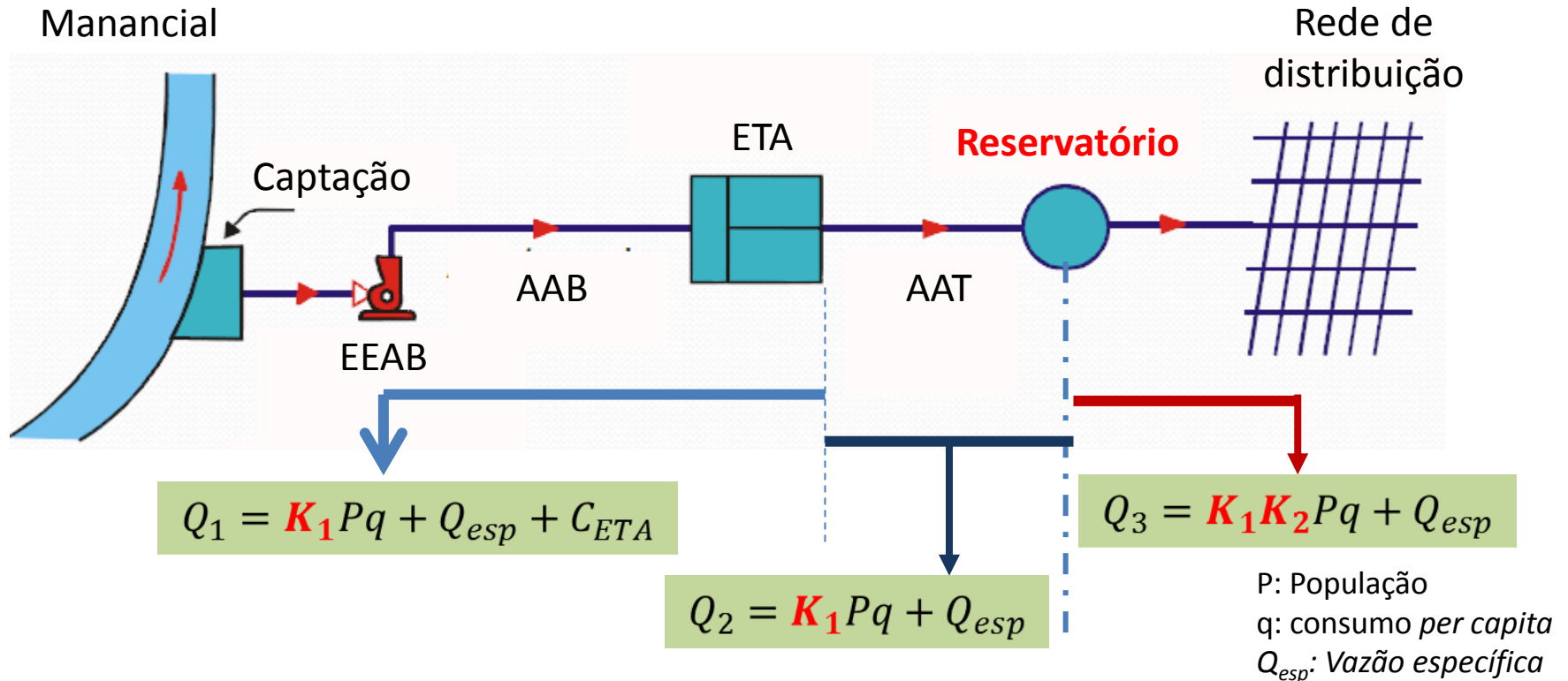




Fonte: EPUSP – PHD2412 -
http://200.144.189.97/phd/default.aspx?id=28&link_uc=disciplina

6.2 – Vazões de dimensionamento x Período de funcionamento da adução

A - Período de funcionamento da adução: 24h/d



B - Período de funcionamento da adução: < 24h/d → Q maiores

Aduções por recalque: 16-20 h/d

Bombeamento fora do horário de pico → ↓ consumo de energia → ↓ \$

6.3 – Hidráulica para adutoras

Para dimensionamento de adutoras, considera-se em geral:

ESCOAMENTO EM REGIME PERMANENTE E UNIFORME

Equação da continuidade $Q = V_1 A_1 = V_2 A_2 = VA = \text{constante}$

Equação de energia (Equação de Bernoulli)

The diagram illustrates the Bernoulli equation for pipe flow, showing the relationship between energy components at two points (1 and 2) and the resulting head loss. The equation is presented as:

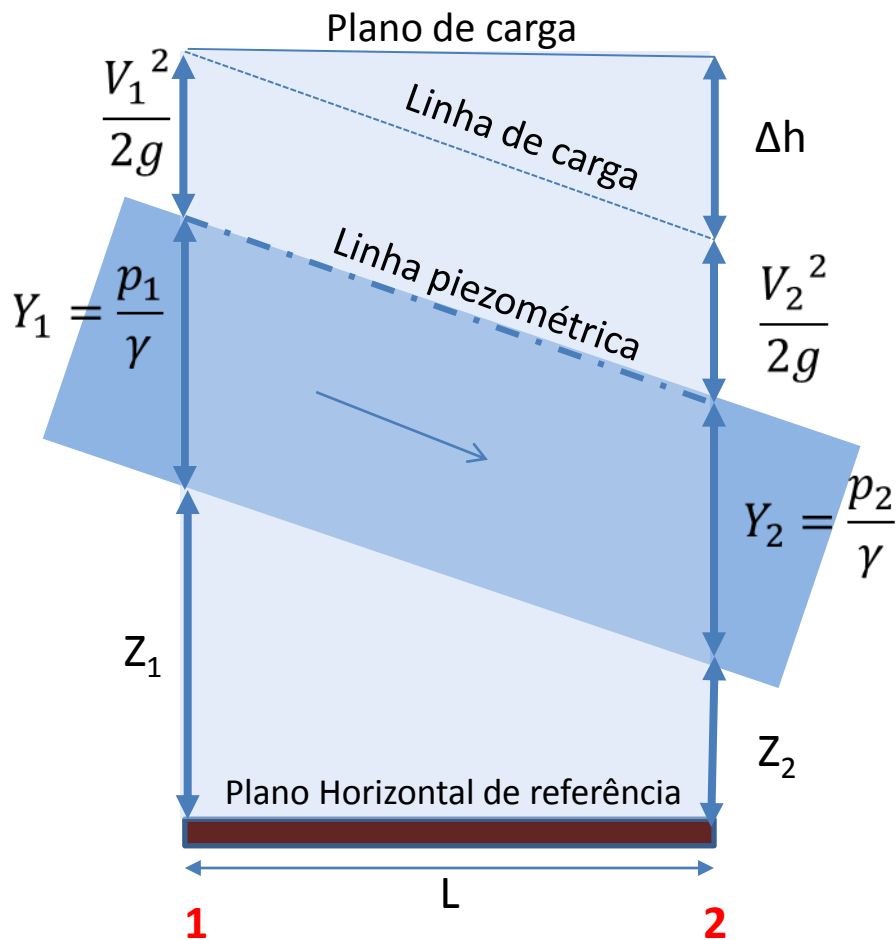
$$Z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + \Delta h$$

The terms are labeled as follows:

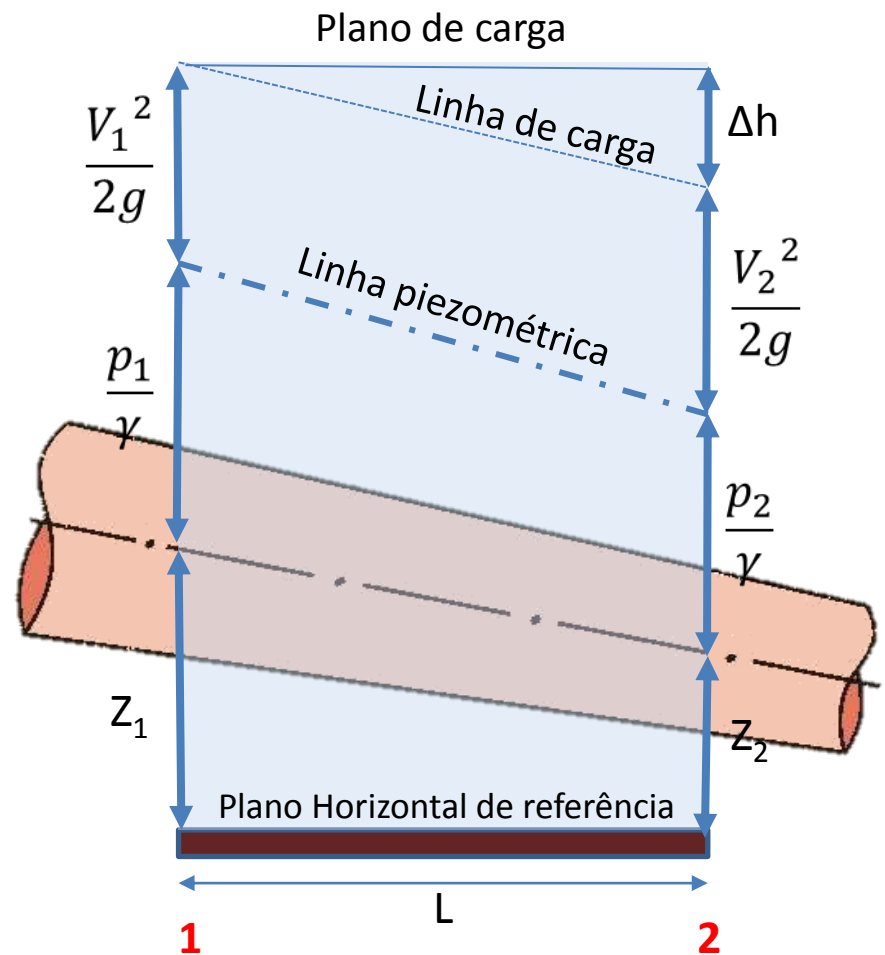
- Z_1 : Carga de posição (m) (Position head)
- $\frac{p_1}{\gamma}$: Carga de pressão (m) (Pressure head)
- $\frac{V_1^2}{2g}$: Carga cinética (m) (Velocity head)
- $Z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g}$: Plano de carga (Total head at point 2)
- Δh : Perda de carga (m) (Head loss)

The diagram also shows the graphical representation of these terms:

- Linha piezométrica**: Piezometric head line, representing the sum of position and pressure heads.
- Linha de carga**: Total head line, representing the sum of position, pressure, and velocity heads.



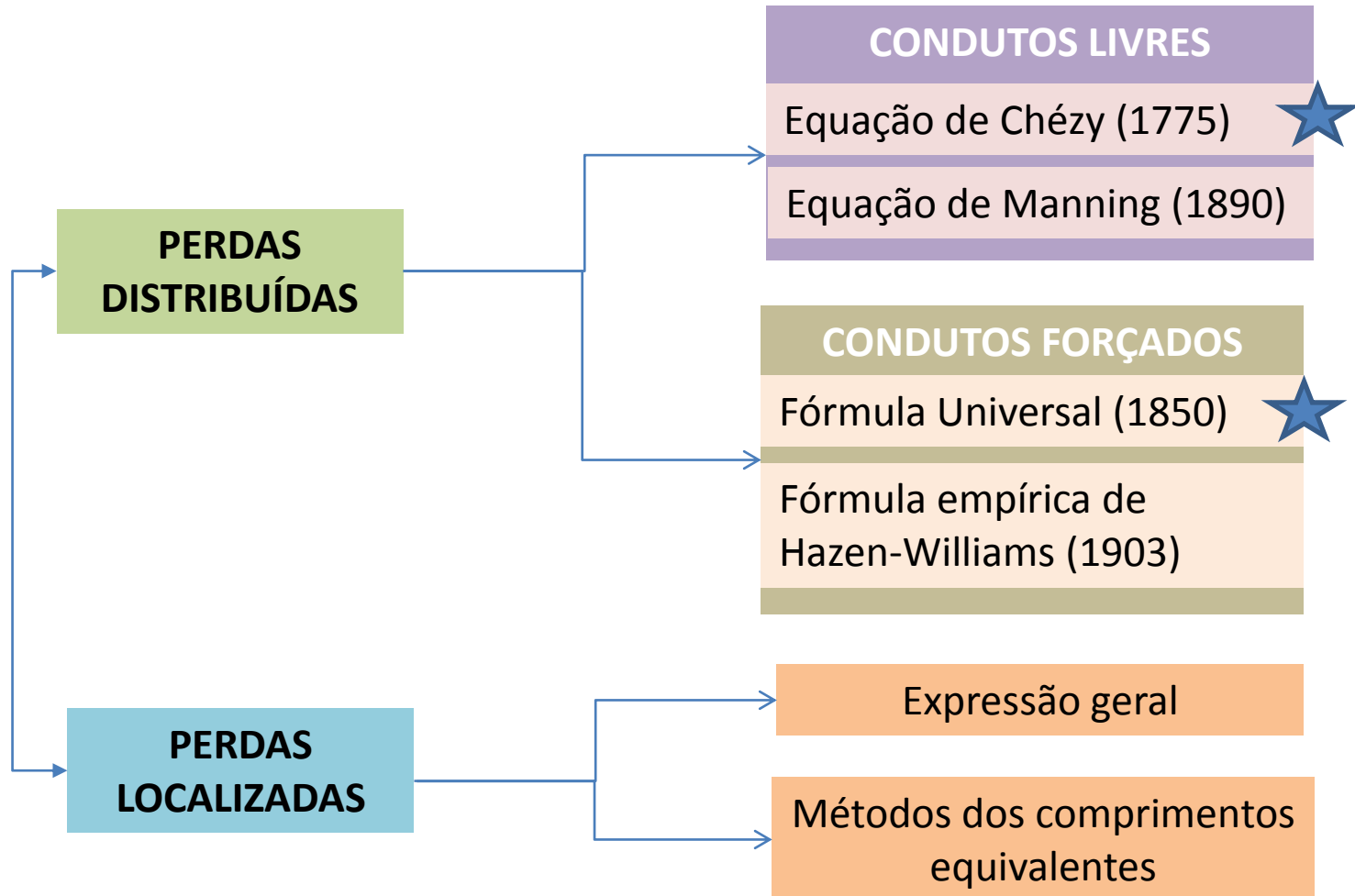
Escoamento em **conduto livre**



Escoamento em **conduto forçado**

Perdas de carga

Existem várias equações para cálculo das perdas de carga



Equação de Chézy (1775)

NBR
recomenda

Conduto livres Perdas distribuídas

$$V = C\sqrt{R_H I}$$

- V : Velocidade média do escoamento (m/s)
- R_H : Raio hidráulico (m)
- I : Declividade da linha de energia (m/m)
- C : Coeficiente de Chézy
Em função da natureza e estado das paredes do conduto, sua forma, declividade.

Equação de Manning (1890)

Condutos livres Perdas distribuídas

Coeficiente de resistência:

$$C = \frac{R_H^{1/6}}{n}$$

n : Coeficiente de rugosidade de Manning

Substituindo na Eq. Chézy:

$$V = \frac{1}{n} R_H^{2/3} I^{1/2}$$

Material dos condutos	n de Manning
Cerâmico; Concreto; Ferro fundido sem revestimento	0,013
Ferro fundido com revestimento	0,012
Cimento amianto; aço soldado; poliéster, polietileno	0,011
PVC	0,010

Fórmula Universal (1850)

NBR
recomenda

Condutos forçados Perdas distribuídas

Darcy, Weisbach e outros – perda de carga por atrito em condutos

Tubos circulares:

$$\Delta h = f \frac{L V^2}{D 2g} \quad \text{ou} \quad \Delta h = \frac{8fLQ^2}{\pi^2 g D^5}$$

Δh : Perda de carga (m)

f : coeficiente de atrito = φ (Re, K/D)

L : comprimento da tubulação (m)

V : Velocidade média do escoamento (m/s)

D : Diâmetro da tubulação (m)

g : Aceleração da gravidade (m/s²)

Q : Vazão (m³/s)

K/D : Rugosidade relativa

K : Altura da rugosidade interna da parede do tubo. Valor tabelado em função do material da tubulação

Escoamento laminar: Re < 2000

$$f = \frac{64}{Re}$$

Escoamento turbulento: Re > 4000

Colebrook & White:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{K}{3,7D} + \frac{2,51}{Re \sqrt{f}} \right)$$

$$Re = \frac{VD}{\nu}$$

Re: Número de Reynolds

ν : viscosidade cinemática da água

$\nu = 1,01 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ a $T=20^\circ\text{C}$

-
- Diagrama de Moody (1944)
 - Fórmulas explícitas (erro < 1% da Eq. Colebrook & White)

Swamee e Jain:

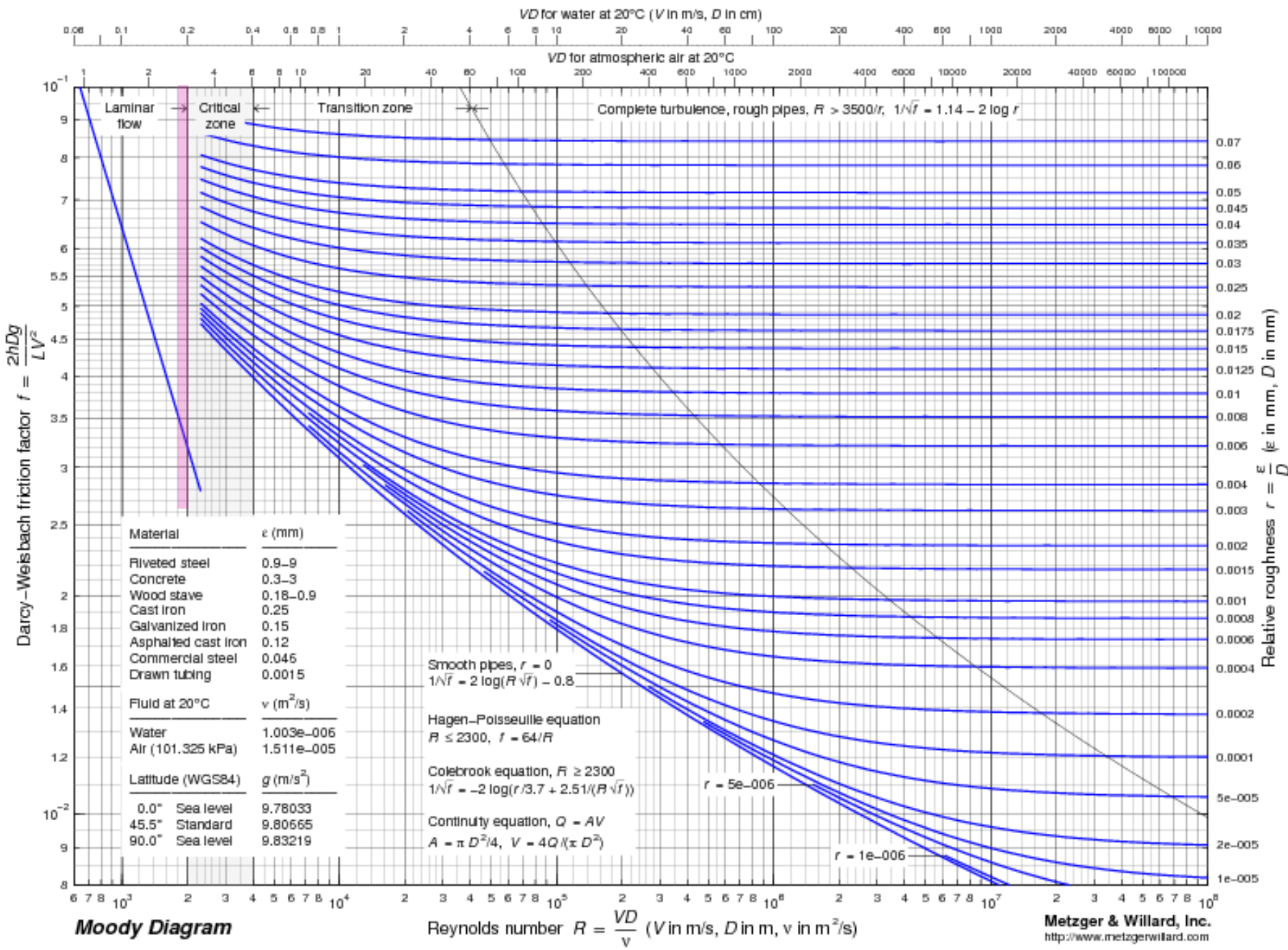
$$f = \frac{1,325}{\left[\ln \left(\frac{K}{3,7D} + \frac{5,74}{Re^{0,9}} \right) \right]^2}$$

Válida para
 $5 \cdot 10^3 \leq Re \leq 10^8$
 $10^{-6} \leq K/D \leq 10^{-2}$

Barr:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{K}{3,7D} + \frac{5,13}{Re^{0,89}} \right)$$

Válida para
 $Re > 10^5$



Propriedades físicas da água

Temperatura (°C)	Pressão de vapor (Pa)	Massa específica (kg/m ³)	Viscosidade cinemática (10 ⁻⁶ m ² /s)
0	611	999,8	1,793
5	872	999,9	1,519
10	1228	999,6	1,309
15	1704	999,0	1,141
20	2337	998,2	1,010
25	3166	997,0	0,896
30	4241	995,6	0,802
35	5622	993,9	0,727
40	7375	992,2	0,661
45	9584	990,2	0,604
50	12335	998,0	0,556

NBR 12215/92

Fórmula de Hazen-Williams (1903)

Condutos forçados Perdas distribuídas

$$J = 10,65 Q^{1,85} C^{-1,85} D^{-4,87}$$

$$Q = 0,279 C D^{2,63} J^{0,54}$$

$$V = 0,355 C D^{0,63} J^{0,54}$$

J : Perda de carga unitária (m/m)

Q : Vazão (m³/s)

D : Diâmetro da tubulação (m)

C : Coeficiente de rugosidade

V : Velocidade (m/s)

Tubos	Novos	Usados (~10 anos)	Usados (~20 anos)
Aço galvanizado roscado	125	100	-
Concreto acabamento comum	130	120	110
Tijolos, condutos bem executados	100	95	90
PVC	140	135	130

Perdas localizadas



Equação geral:

$$\Delta h_L = K_L \frac{V^2}{2g}$$

Δh_L : Perda de carga localizada (m)

K_L : coeficiente adimensional que depende da geometria da singularidade, do número de Reynolds, da rugosidade da parede e, em alguns casos, das condições de escoamento.

V : Velocidade média do escoamento (m/s)

g : Aceleração da gravidade(m/s²)

K_L - valor pode ser obtido experimentalmente ou tabela

Peça	K
Ampliação gradual	0,30*
Bocais	2,75
Comporta aberta	1,00
Controlador de Q	2,50
Cotovelo de 90°	0,90
Cotovelo de 45°	0,40
Curva de 90°	0,40
Curva de 45°	0,20
Junção	0,40
Válvula de globo aberta	10,00

Método do comprimento equivalente

Comprimento equivalente é um comprimento de tubulação que causa a mesma perda de carga que o acessório. Esses comprimentos equivalentes dos acessórios presentes na tubulação são adicionados ao comprimento físico L da tubulação, permitindo que o sistema de transporte do líquido seja tratado como se fosse um conduto retilíneo. Assim, o cálculo da perda de carga seria somente como distribuída.

Valores de comprimentos equivalentes de cada acessório pode ser determinado experimentalmente.

Existem tabelas dos principais componentes.

Tabelas

- Tipo de material da tubulação
- Diâmetro

Comprimento equivalente em metros das principais peças especiais, para os diâmetros comerciais mais usados para tubulações de **PVC**

Peça	Diâmetro comercial (mm)				
	20	25	32	...	160
Joelho de 90°	1,10	1,20	1,50	...	5,40
Registro de globo aberto	11,1	11,40	15,0	...	56,7
Registro de gaveta aberto	0,10	0,20	0,30	...	1,20
....

6.4 – Traçado da adutora

Critérios técnicos
e econômicos

Em função de:

- Características topográficas
- Localização e perfil da adutora
- Faixas de servidão e desapropriação

Diâmetro da tubulação (mm)	Largura da faixa (m)
Até 400 mm	2,00
Acima de 400 até 800 mm	3,00
Acima de 800 até 1500 mm	4,00
Acima de 1500 mm	Estudar cada caso

Fonte: Sabesp NTS 021 (1991)

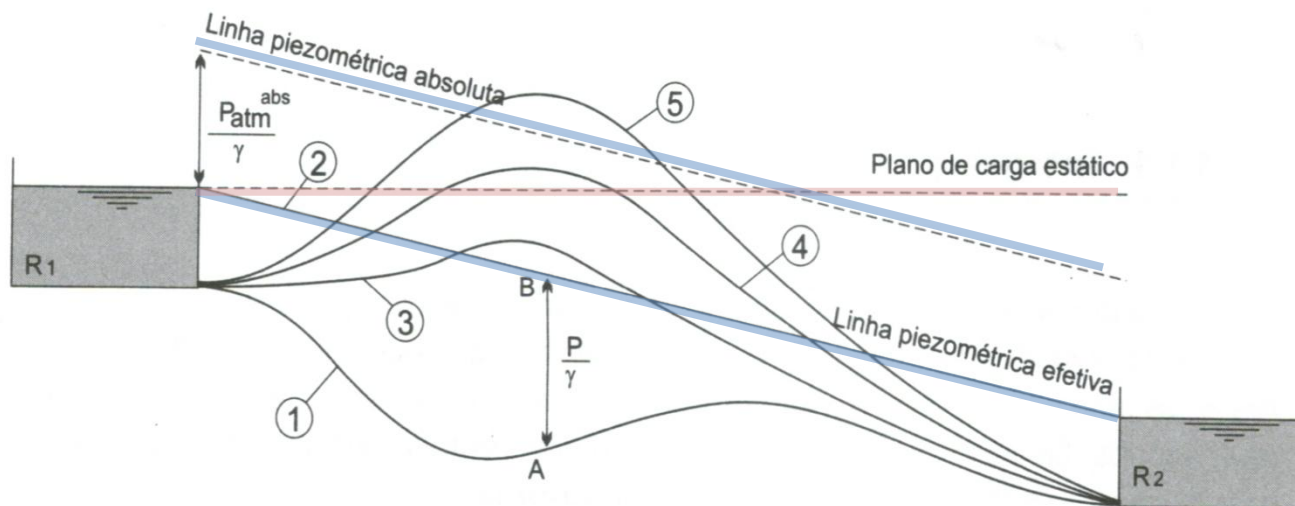
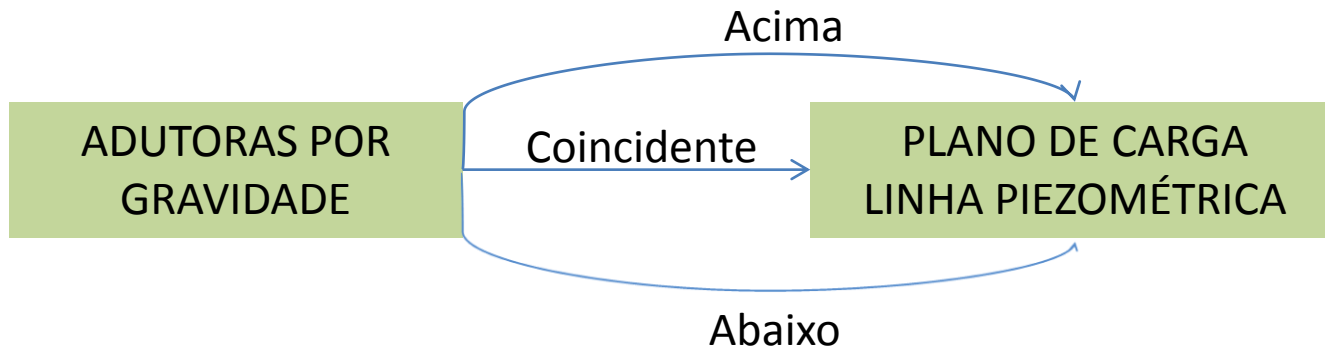
- Influência do plano de cargas e linha piezométrica

ADUTORA POR GRAVIDADE

Plano de carga:

Absoluto → considera pressão atmosférica

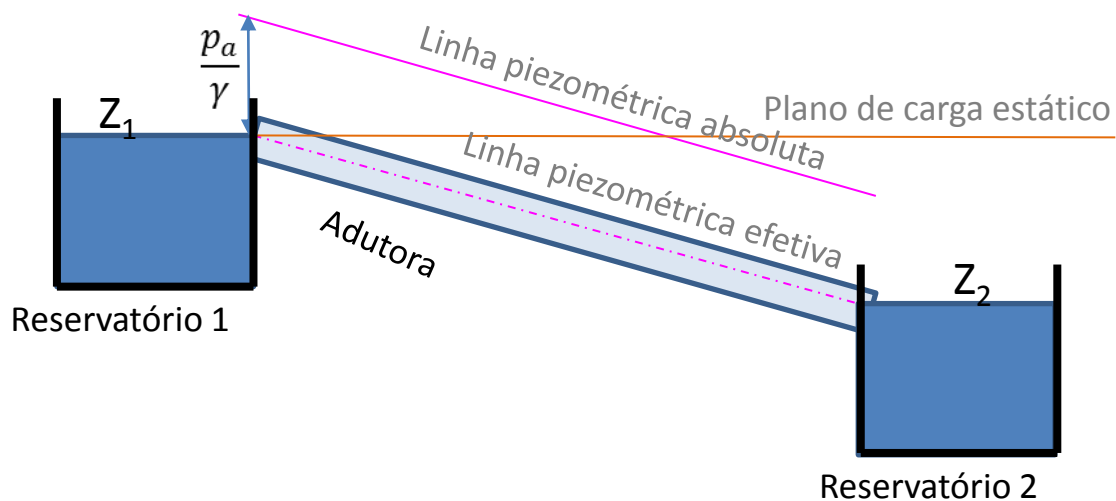
Efetivo → referente ao nível de montante



ADUTORAS POR GRAVIDADE

COINCIDE COM A LINHA PIEZOMÉTRICA EFETIVA

CONDUTO LIVRE

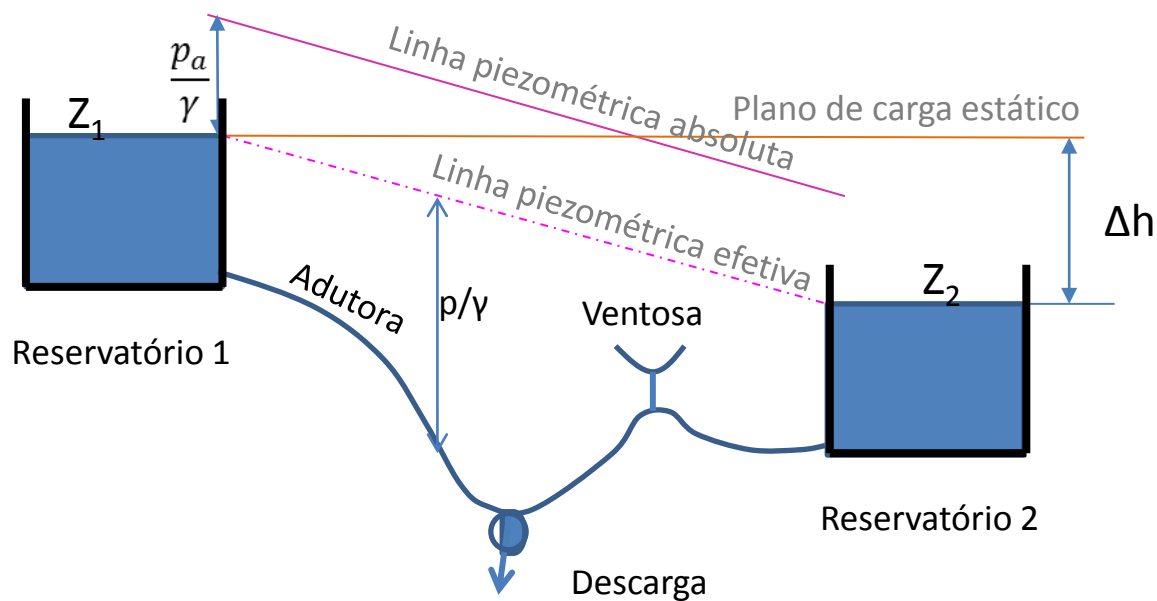


Perfil coincide com a LP efetiva → conduto tem escoamento livre, com pressão na superfície igual a pressão atmosférica

ADUTORAS POR GRAVIDADE

ABAIXO DA LINHA PIEZOMÉTRICA EFETIVA

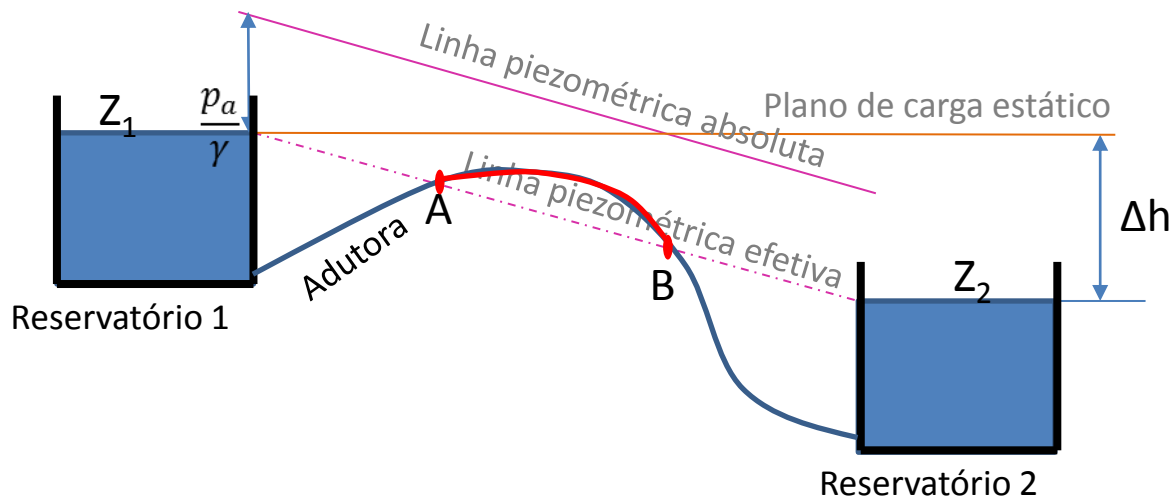
CONDUTO FORÇADO



- Adutora está totalmente abaixo da LP efetiva \rightarrow seções submetidas a carga de pressão positiva
- Ambos reservatórios mantidos com níveis constantes por longo $t \rightarrow$ despreza-se Δh_L
- $V = 1$ a 2 m/s \rightarrow carga cinética = $0,05$ a $0,20$ m \ll outras formas de energia \rightarrow Linhas de carga coincide com Linha piezométrica
- Perda de carga total = desnível geométrico entre os 2 reservatórios

ADUTORAS POR GRAVIDADE

ACIMA DA LINHA PIEZOMÉTRICA EFETIVA, PORÉM ABAIXO DA LP ABSOLUTA



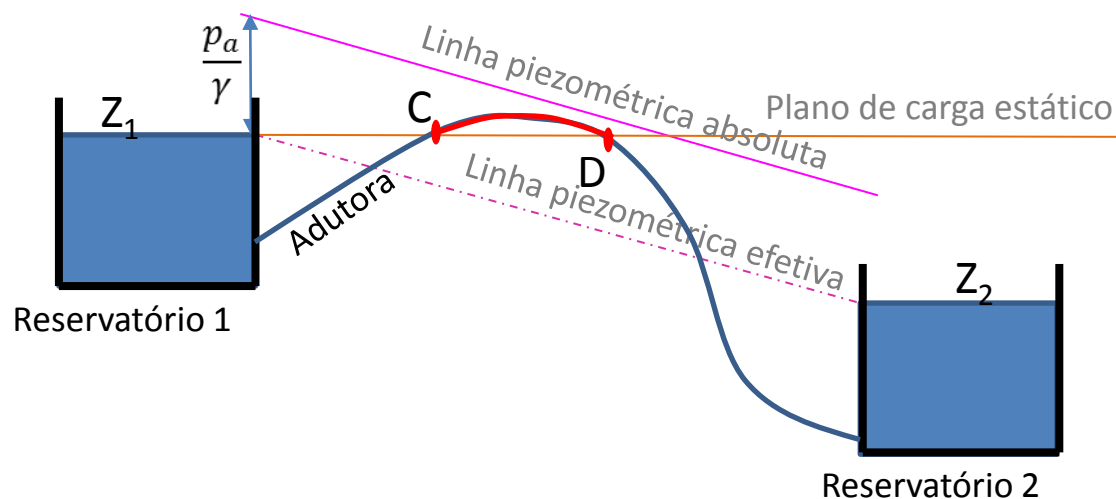
Entre A e B:

- Carga de pressão absoluta < pressão atmosférica local \rightarrow pressão negativa
- escoamento irregular devido acúmulo de ar $\rightarrow \downarrow Q$
- Prever dispositivo de retirada de ar
 - Não é recomendado uso de ventosas

Solução?

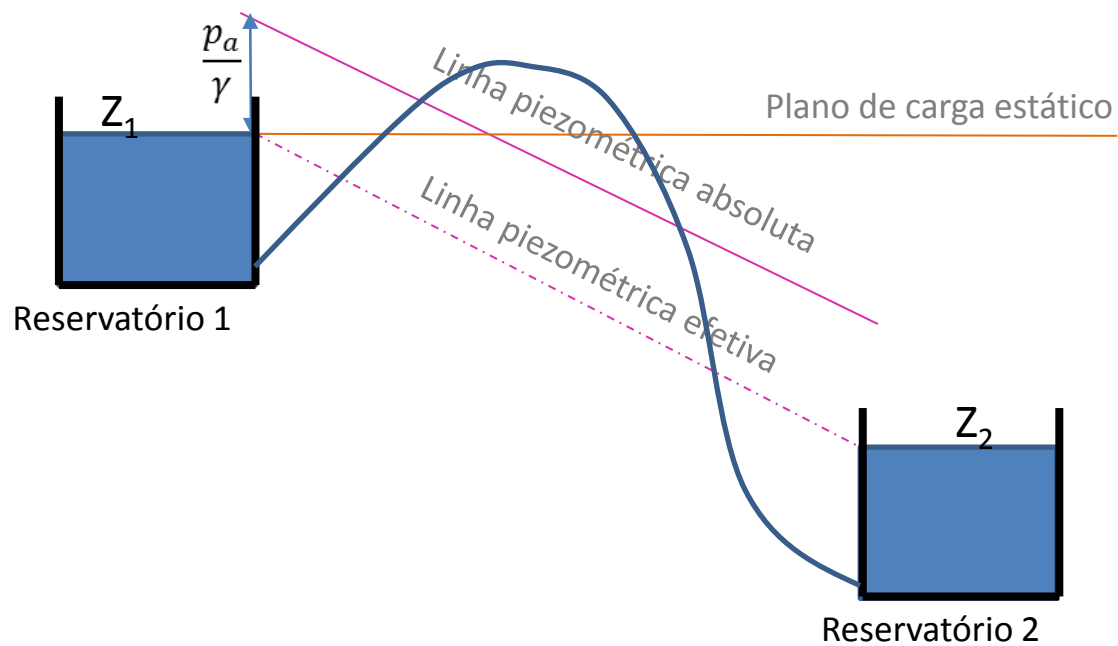
ADUTORAS POR GRAVIDADE

CORTA A LINHA PIEZOMÉTRICA EFETIVA E O PLANO DE CARGA EFETIVO, PORÉM ABAIXO DA LP ABSOLUTA



- **Sifão** (C-D) funcionando em condições precárias
- Necessidade de escorva frequente, sempre que entrar ar na tubulação

Solução?

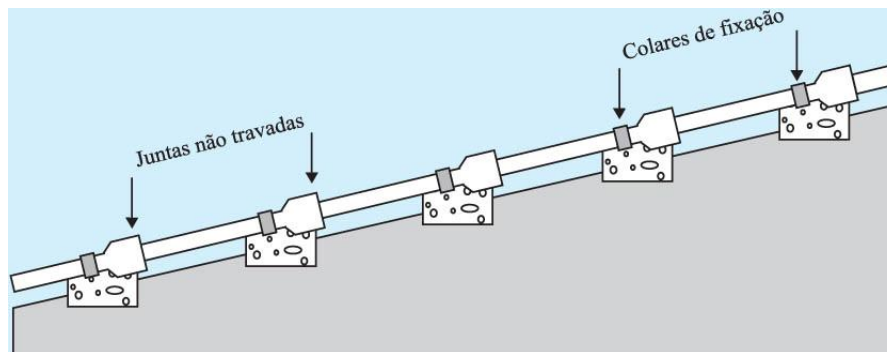


Conduto corta a LP absoluta → **impossível** escoamento **por gravidade**

Solução?

Algumas recomendações para o traçado

- Implantação de preferência em ruas e terrenos públicos
- Evitar traçado em terreno rochoso, pantanoso, etc
- Declividade mínima:
 - Trechos ascendentes: 0,2%
 - Trechos descendentes: 0,3%
- Inclinação > 25% → blocos de ancoragem



- Recomendados
 - Trechos ascendentes longos com pequena declividade
 - Trechos descendentes curtos com maior declividade

6.5 - Dimensionamento

A – Adutora por gravidade – Conduto forçado

- Escoamento do nível mais alto para mais baixo
- Energia disponível para o escoamento: diferença entre essas cotas
- **Perda de carga = carga disponível** (toda energia disponível deve ser usada para vencer resistência) → D mínimo
- Verificar velocidade mínima e máxima

Velocidade mínima

Qualidade da água	V mín (m/s)
Água com suspensão fina	0,30
Águas com areia fina	0,45
Águas com mat. orgânica	0,60

Martins, 1976 (apud Tsutiya, 2006)

Velocidade máxima

- Depende de vários fatores.
- Literatura, para diversos materiais: 4 a 6 m/s; entretanto, considerando aspectos técnico-econômicos: 3,0 m/s
- Rey et al (1996): 1,5 m/s

B – Adutora por gravidade – Conduto livre

- Escoamento do nível mais alto para mais baixo
- Condições topográficas favoráveis → é possível funcionar como conduto livre
- Dimensionamento em função da declividade disponível
- De preferência: Fórmula de Chézy

Material	Velocidade máxima (m/s)
Alvenaria de tijolos	2,5
Rochas estratificadas	2,5
Rochas compactas	4,0
Concreto	5,0

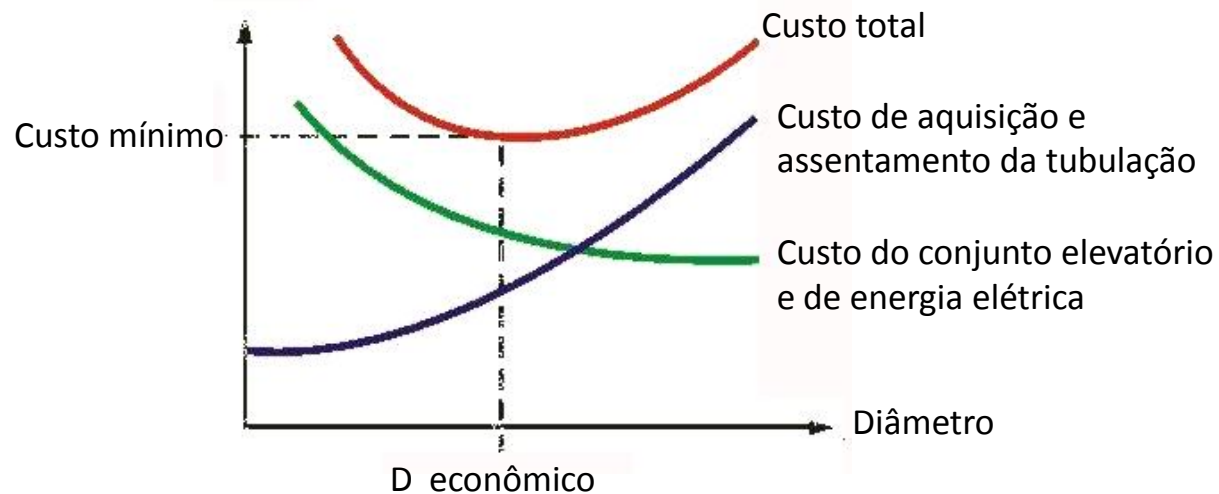
C – Adutora por recalque

Conhecidos:

- Vazão de adução Q
- Comprimento da adutora
- Desnível a ser vencido H_g
- Material da adutora



Diâmetro que proporciona menor custo



Fonte: Tsutiya (2006)

Exercícios

6.6 - Materiais da adutora

- **Materiais metálicos:**

- Aço
- Ferro fundido dúctil



Aço



Ferro Fundido Dúctil

- **Materiais não metálicos:**

- Polietileno de Alta Densidade e Polipropileno (PE e PP)
- PVC
- Poliéster Reforçado com Fibras de Vidro (PRFV)



Polietileno de Alta Densidade

Tubulação	Diâmetros	Comprimento	Classes	revestimento	Juntas
Ferro fundido dúctil	16 opções de 50 a 1200 mm	6 a 8 m	K-9, K-7 e 1 Mpa	<u>Interno</u> : argamassa de cimento <u>Externo</u> : zinco e pintura betuminosa	- Elástica - Elástica travada - Mecânica - Flanges
Polietileno	30 opções de 16 a 1200 mm	limitado pelo transporte, até centenas de metros sem junta	8 opções de 32 a 250 mca	Sem	- Solda termoplástica - Flanges

6.7 – Operação

Condições operacionais:

- Condição normal → condição prevista no projeto
- Condição emergencial → falha operacional de dispositivos
- Condição catastrófica → acidente operacional

Enchimento de adutoras

- Condição para enchimento → expulsão plena de ar, com a gradativa e lenta admissão de água
- Velocidade média para enchimento: 0,3 m/s
- Válvulas para expulsão de ar: ventosas

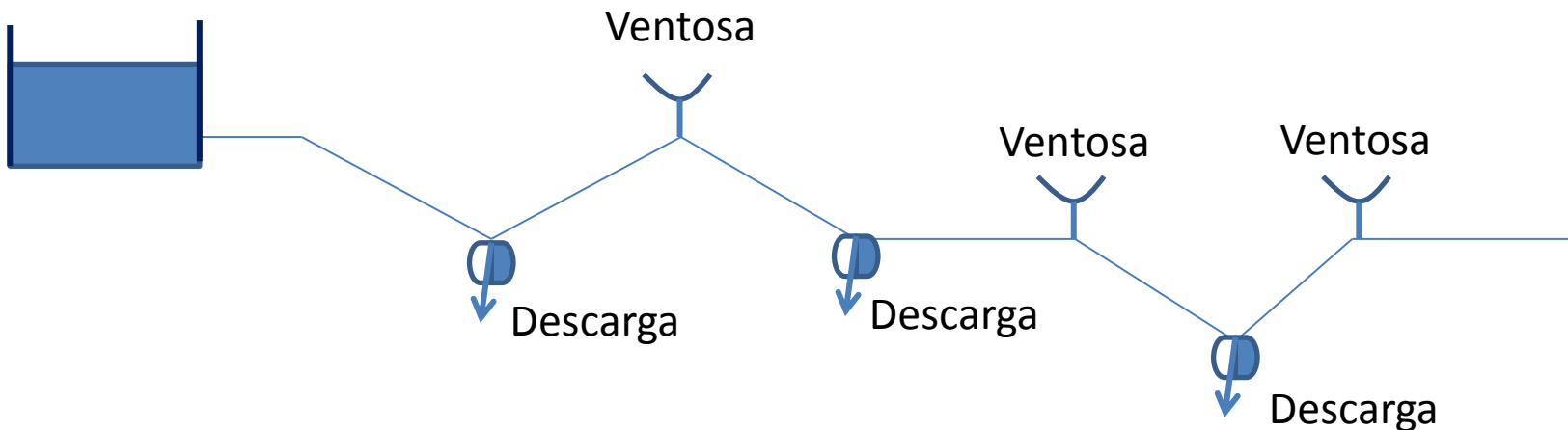
Remoção mecânica de ar

VENTOSAS – Válvulas de expulsão de ar

Dimensionamento: para a vazão lenta de enchimento da linha ($v \sim 0,3 \text{ m/s}$)
 Q entrada de água = Q saída do ar

Tipos de válvulas de expulsão de ar:

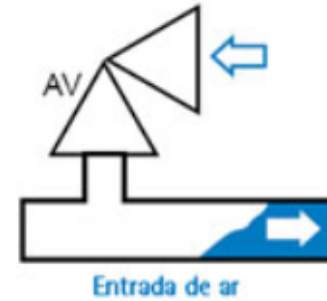
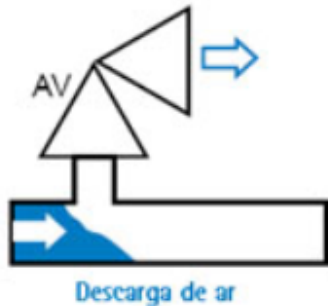
- Ventosa simples
- Ventosa dupla, de pequeno e grande orifício
- Válvula de admissão de ar



Ventosa dupla (tríplice função)



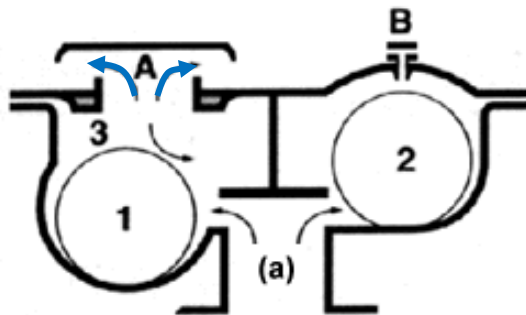
Triplo efeito combinado:



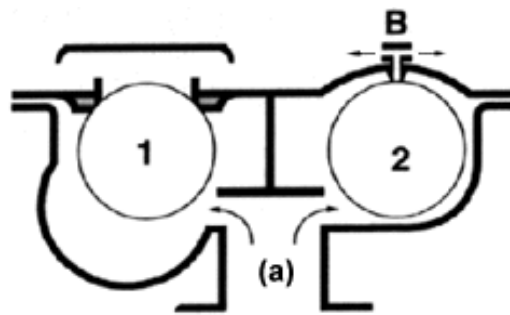
Fonte: http://www.hubel.pt/catalogo/detalhes_produto.php?id=61&empresa=

Funcionamento:

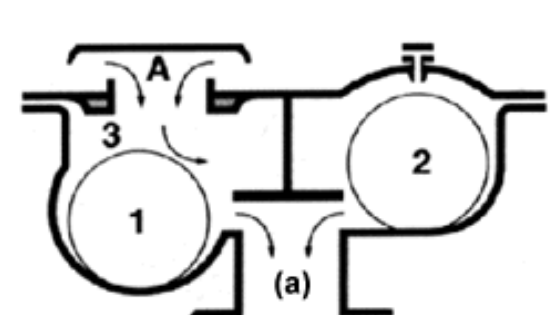
Enchimento



Operação das bombas

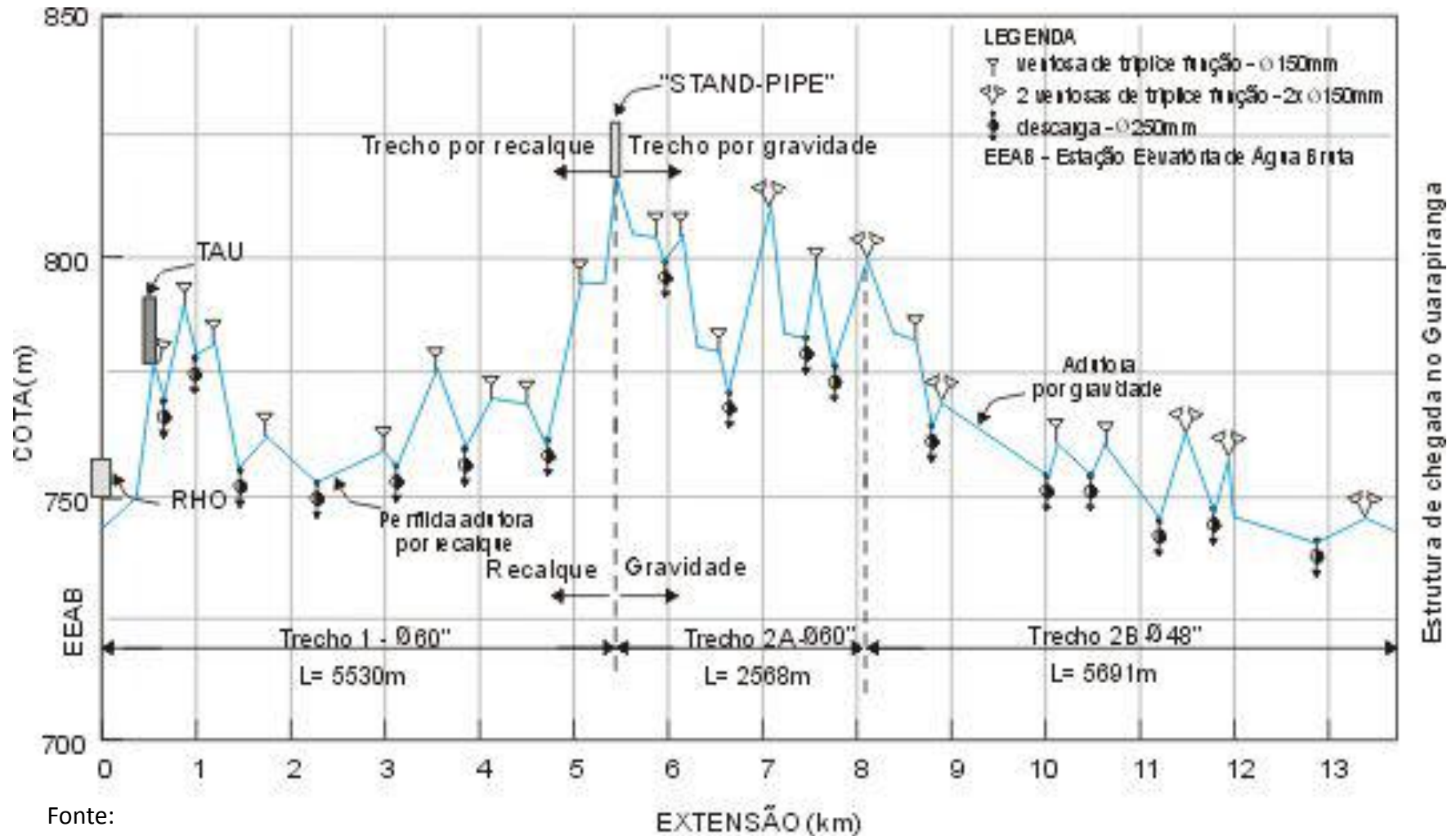


Esvaziamento



Fonte: http://www.saint-gobain-canalizacao.com.br/ln_valvulas/vtf02.asp

Perfil da tubulação que interliga a estação elevatória de água e a represa Guarapiranga, com equipamentos de proteção e órgãos acessórios - Sistema Taquacetuba

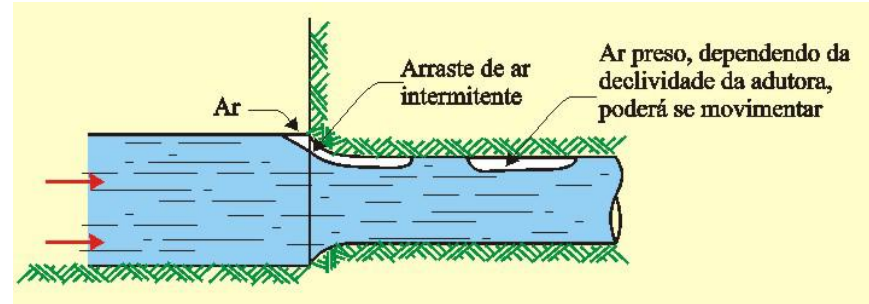


Fonte:
Shiromoto, Leitão e Tsutiya, 2005

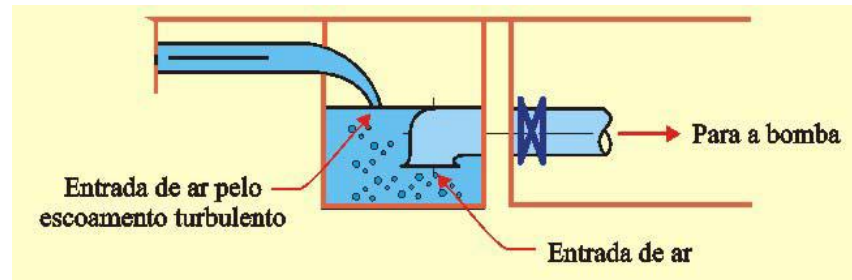
Formas de entrada de ar

Fonte: EPUSP – PHD2412

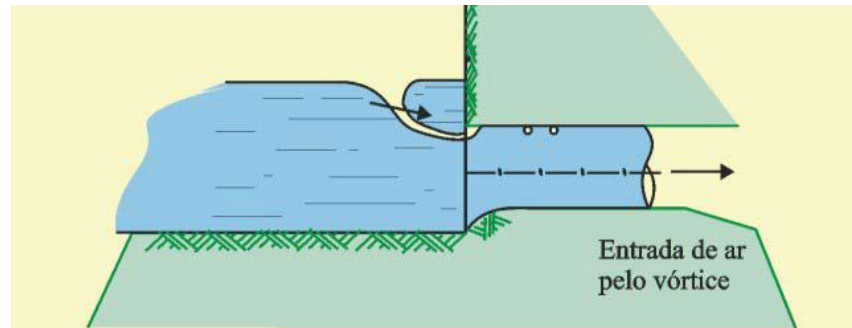
Nível muito baixo



Descarga superior com introdução de ar



Formação de vórtice



Consequências do acúmulo de ar nas adutoras

Acúmulo de ar em adutoras

- Acréscimo de perda de carga → paralisação
- Emulsão da água
- Dificuldades operacionais dos filtros
- Diminuição da eficiência das bombas
- Corrosão das tubulações

Mau funcionamento das ventosas:

Bloqueio de adutoras

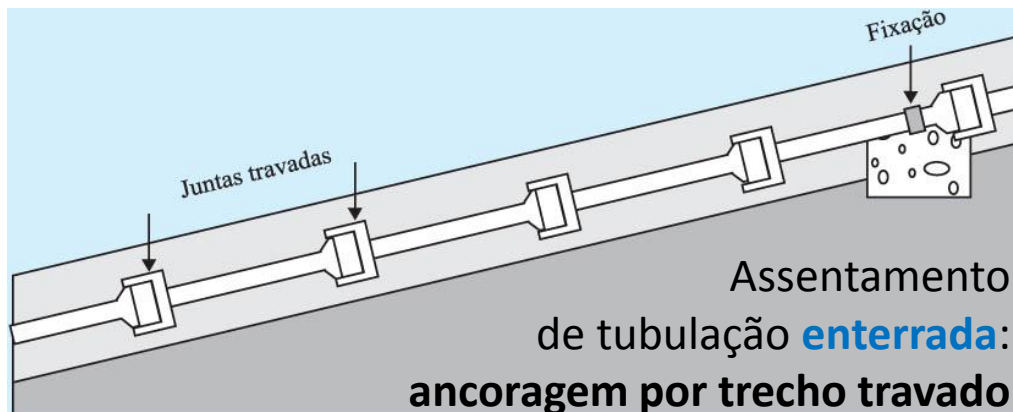
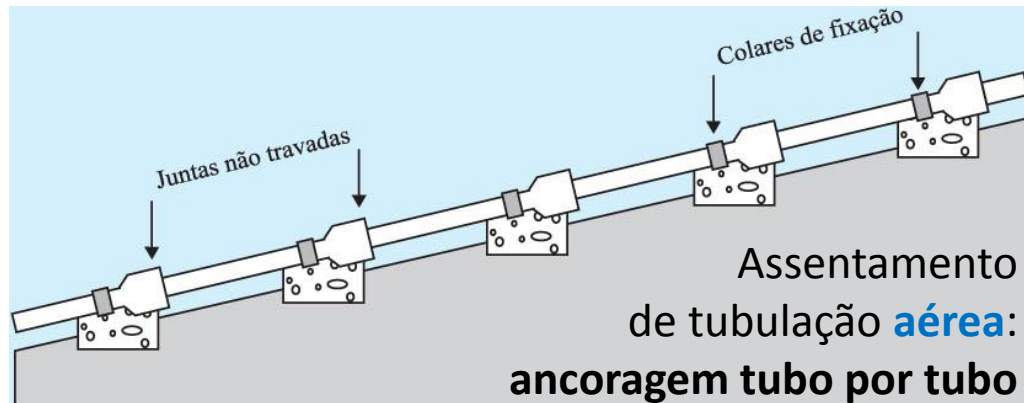
Paralisação total do escoamento ocasionada pela existência de ar confinado nos pontos altos da adutora

6.8 – Dispositivos de proteção das adutoras

- Blocos de ancoragens
- Proteção contra corrosão
- Proteção contra os transitórios hidráulicos

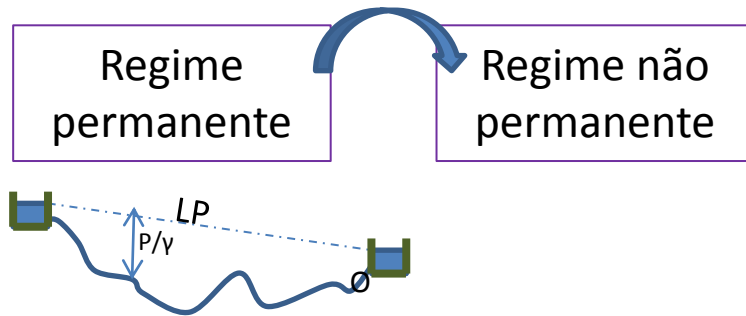
Blocos de ancoragem

ANCORAGEM DE ADUTORAS EM DECLIVE



Transiente hidráulico em condutos forçados

Transiente refere-se a alguma situação em que o escoamento é não permanente.



Mudança provocada por:

- Abertura e fechamento de uma válvula
- Parada de uma bomba
- Rompimento de uma tubulação

Se mudança
é **LENTA**

Compressibilidade não afeta significativamente o escoamento
Movimento do fluido ~ Corpo sólido (oscilação de massa)

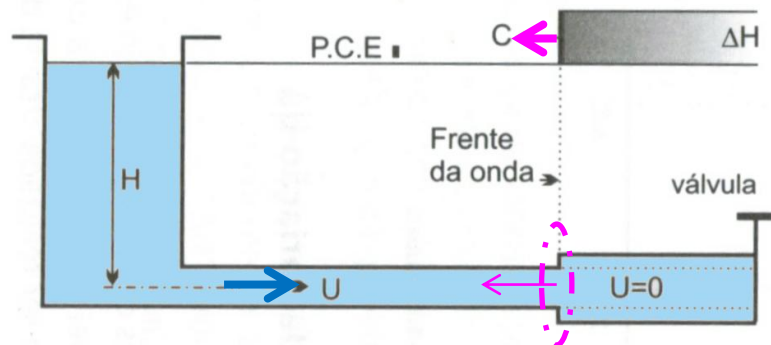
Se mudança
é **RÁPIDA**

Surge onda de pressão que percorre toda a tubulação
Choque violento das ondas sobre as paredes do conduto e o som destes: vaivém de um Aríete → conhecido por **GOLPE DE ARÍETE**

Golpe de ariete

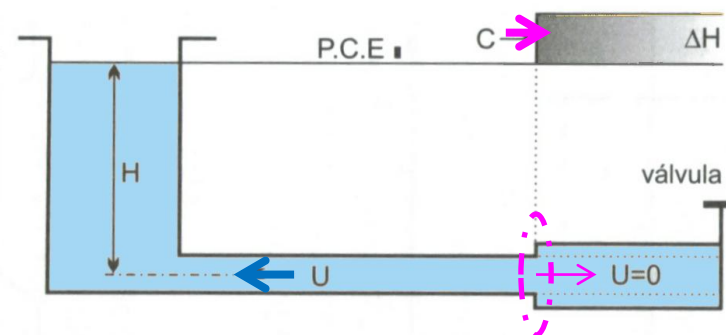
Propagação da onda de pressão

Fonte: Heller



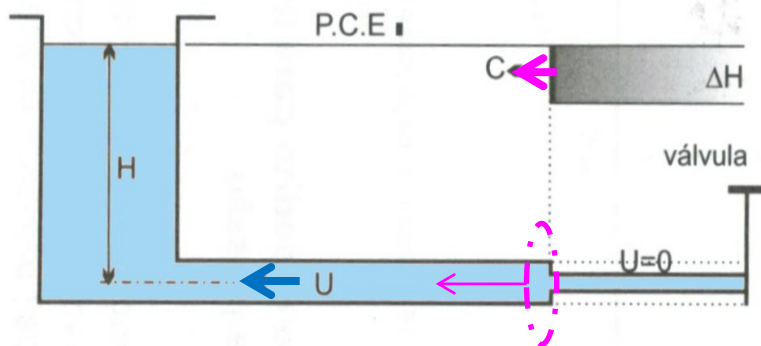
1ª fase $0 < t < L/C$

Início: Fechamento da válvula
Fim: Frente da onda atingindo reservatório



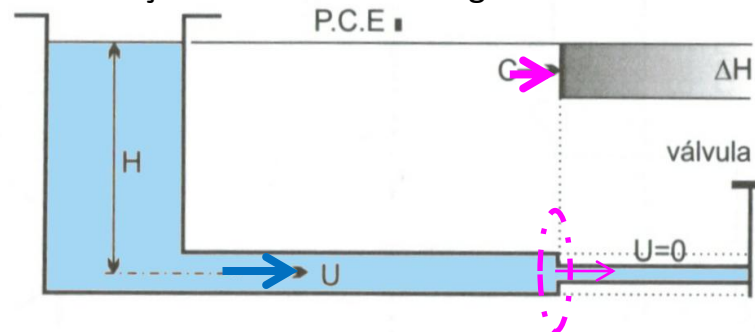
2ª fase $L/C < t < 2L/C$

Início: Retorno do excesso de água, acumulado na primeira fase, para o reservatório
Fim: Todo excesso de água retornou e toda tubulação com a mesma carga inicial H



3ª fase $2L/C < t < 3L/C$

Início: Quando surge uma depressão ($-\Delta H$), onda da válvula para o reservatório. Tubo submetido a uma carga ($H - \Delta H$)



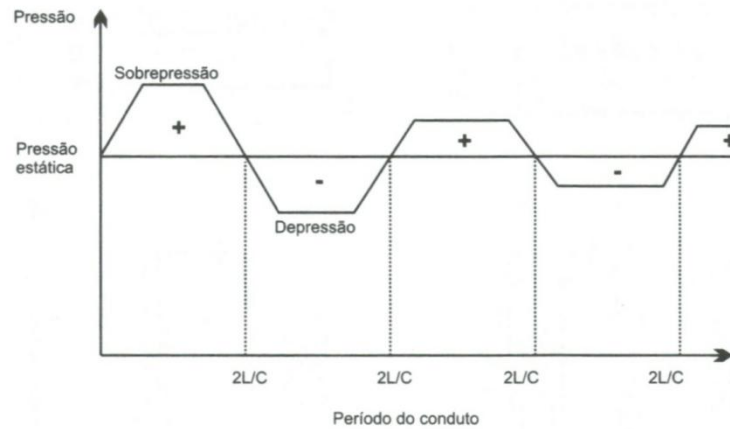
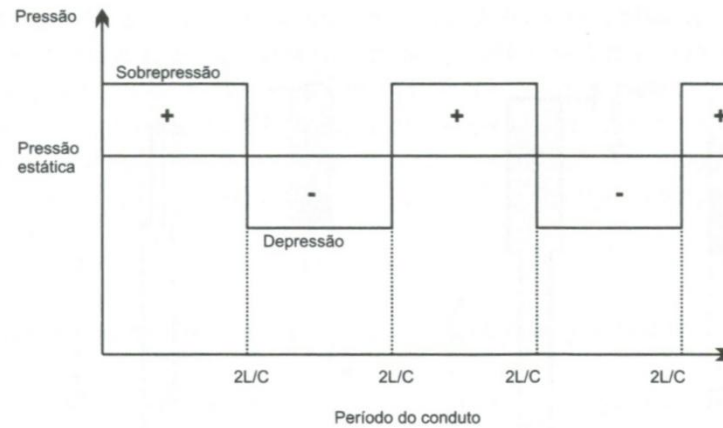
4ª fase $3L/C < t < 4L/C$

Tubo reage para voltar às condições normais

Transiente hidráulico

Evolução da pressão

Fonte: Heller



A intensidade do golpe de aríete depende:

- Compressibilidade do fluido, que por sua vez depende da temperatura
- Elasticidade do tubo
- Tempo em que é realizada a alteração da velocidade

Efeitos danosos do golpe de aríete:

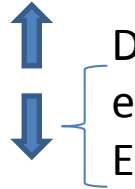
- Rompimento da tubulação pelo excesso de pressão
- Colapso da tubulação pela depressão

Para minimizar problemas de pressões muito elevadas:

- Alteração do traçado da adutora para evitar pontos muito baixos
- Reduzir a celeridade
- Operação das válvulas (abertura e fechamento)
- Dispositivos de proteção (para eliminar ou reduzir os efeitos indesejáveis)
 - a) Volante colocado na bomba (pequenas instalações)
 - b) Válvulas redutoras de pressão (antigolpe, de alívio)
 - c) Reservatórios intermediários para estabelecimento da pressão atmosférica no nível de água

Reduzir a celeridade

$$C = \frac{\sqrt{\frac{K}{\rho}}}{\sqrt{1 + \frac{K D \Psi}{E e}}}$$



C: celeridade efetiva de propagação da onda de pressão, em m/s;

K: módulo de elasticidade volumétrica da água, em kgf/m²; $\neq(T)$ Tabela

ρ : massa específica da água, em kgf.s².m⁻⁴; $\neq(T)$ Tabela

D: diâmetro da tubulação, em mm;

e: espessura da parede do tubo, em mm;

E: módulo de elasticidade linear do material do tubo, em kgf/m²;

Ψ : fator relativo à fixação do conduto; $\neq(\mu \rightarrow \text{mat. do tubo})$.

μ : coeficiente de Poisson do material de que é feito o tubo, adimensional.

$E = 2,11 \times 10^{10}$ kgf/m² e $\mu = 0,27$ para o aço;

$E = 1,55 \times 10^{10}$ a $1,73 \times 10^{10}$ kgf/m² e $\mu = 0,25$ para o ferro fundido;

$E = 2,46 \times 10^8$ a $3,52 \times 10^8$ kgf/m² e $\mu = 0,45$ para o PVC rígido a 20° C.

NBR 591/91:

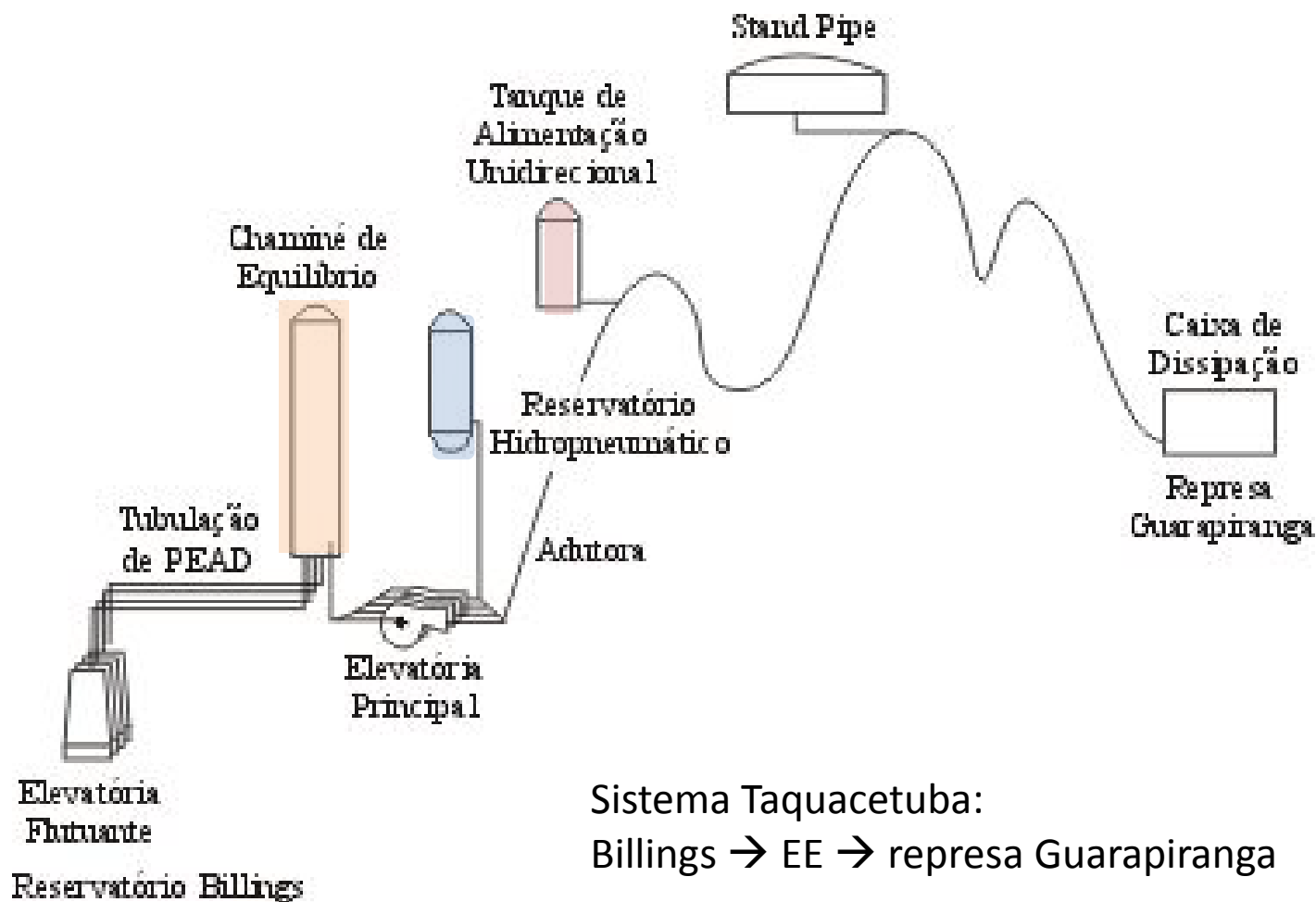
$\Psi = (5/4) - \mu$: conduto ancorado contra movimento longitudinal numa extremidade e livre na outra

$\Psi = 1 - \mu^2$: conduto ancorado sem movimento longitudinal em toda a sua extensão (conduto enterrado)

$\Psi = 1 - (\mu/2)$: conduto com junta de dilatação, entre ancoragens, ao longo de toda a sua extensão

$\Psi = 1$: conduto assentado com juntas de dilatação em toda sua extensão

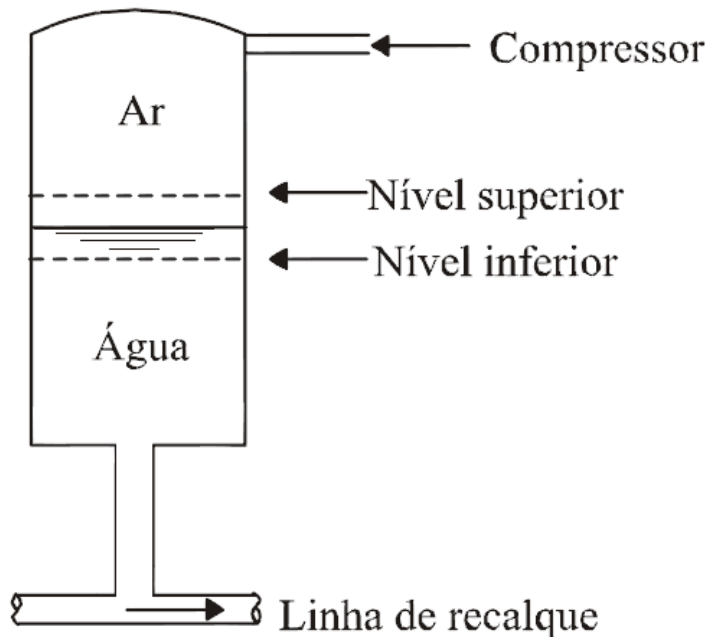
Proteção contra os transitórios hidráulicos



Fonte:

Shiromoto, Leitão e Tsutiya, 2005

RHO - Reservatório Hidropneumático



- Reservatório metálico com **água + ar comprimido**
- Amortece pressões mínimas: cedendo água para tubulação
- Amortece pressões máximas: recebendo água da tubulação
- Manutenção do ar comprimido exige cuidados especiais

Chaminé de equilíbrio



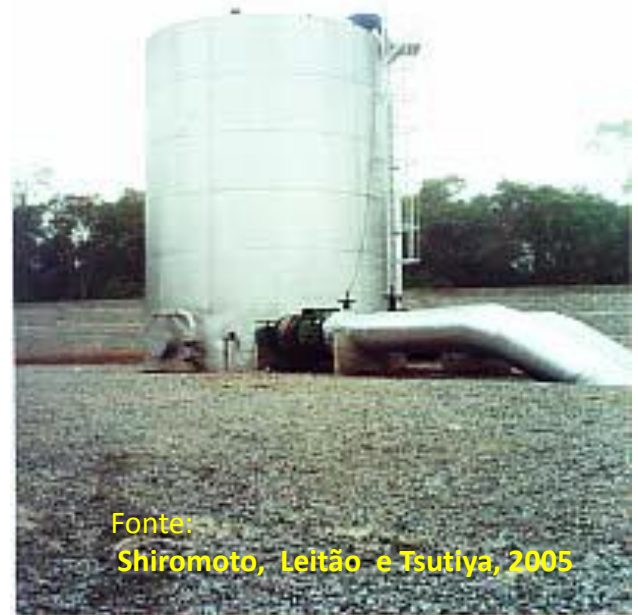
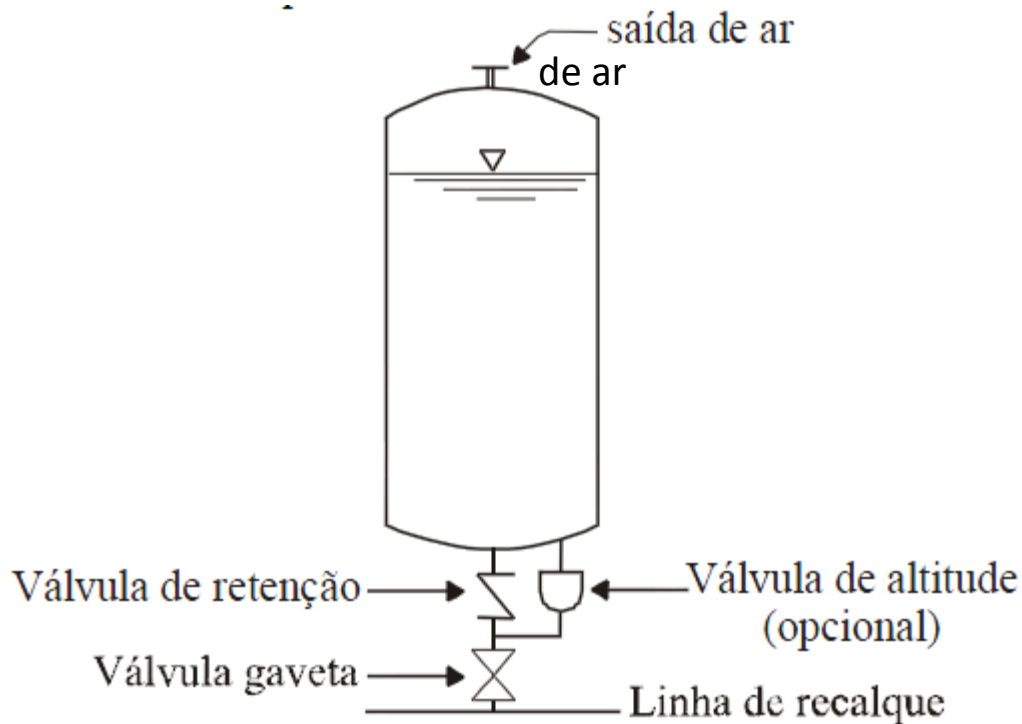
Fonte:

Shiromoto, Leitão e Tsutiya, 2005

- Usado tanto para **subpressões** quanto **sobrepessões**
- Tubulação vertical aberta para a atmosfera → permite oscilação do nível de água → altura da chaminé é dependente do nível piezométrico → emprego quando altura geométrica é reduzida ou posição em condição topográfica mais favorável
- Posição: em pontos intermediários da adutora de recalque (as ondas de pressão são refletidas mais rapidamente e uma manobra antes considerada rápida ($t < 2L_1/c$), torna-se manobra lenta ($t < 2L_2/c$) para $L_2 < L_1$, sendo L =comprimento da tubulação)

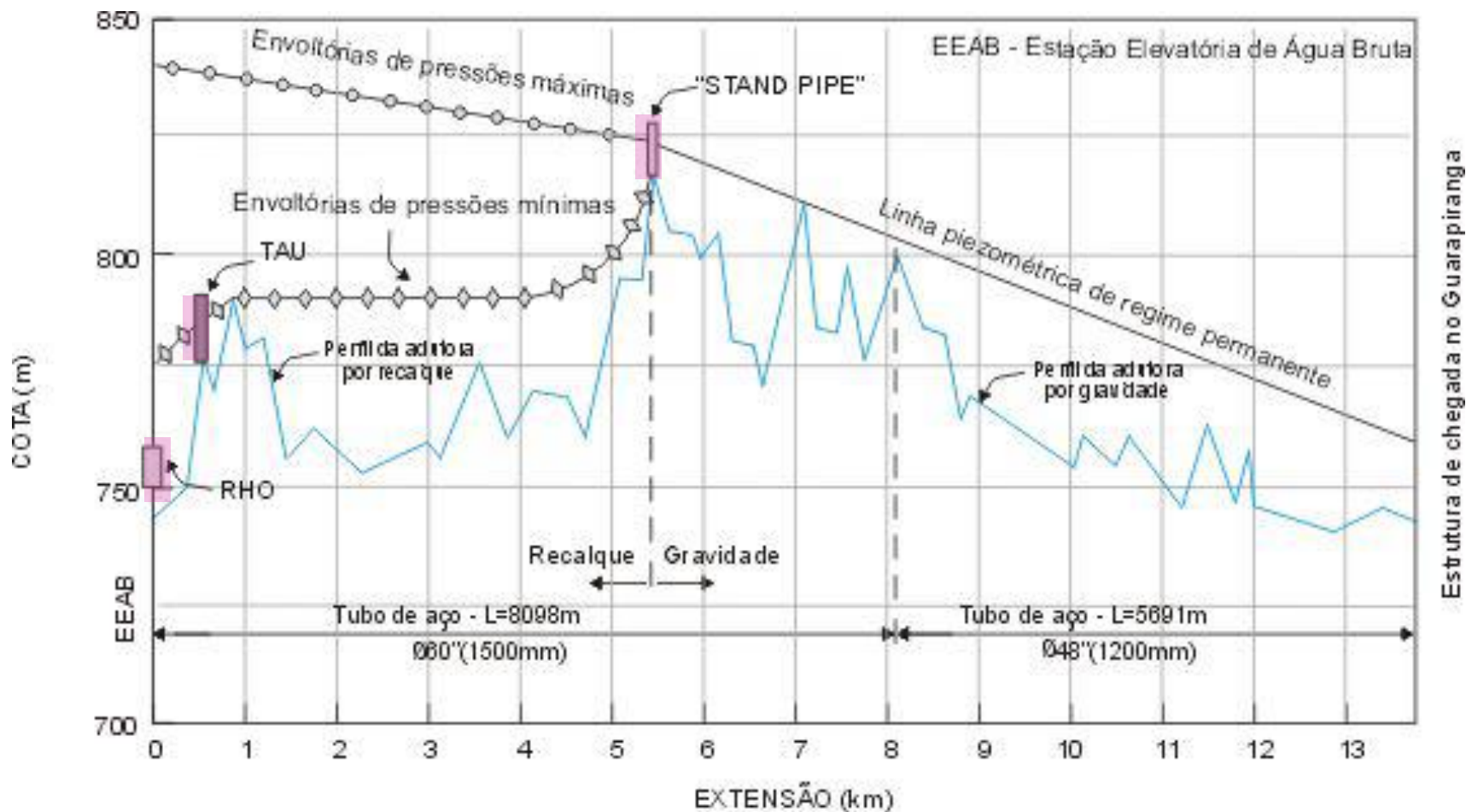
Ref. Heller

TAU – Tanque de Amortecimento Unidirecional



TAU

- Funciona semelhante à chaminé de equilíbrio, porém **só alimenta a tubulação** quando da ocorrência de subpressões → TAU não precisa ser muito elevado e deve se localizar nos pontos mais sujeitos à separação da coluna líquida.



Fonte:

Shiromoto, Leitão e Tsutiya, 2005

6.9 – Limpeza e reabilitação das adutoras



Sedimentação

Deposição de minerais insolúveis em tubo de ferro fundido dúctil com revestimento. Adutora de água tratada, ϕ 250 mm. Idade da tubulação ~ 15 anos. Coeficiente de rugosidade $C \sim 85$ (Hazen-Williams)



Incrustação

Incrustação em tubo de ferro fundido dúctil sem revestimento. Adutora de água bruta, ϕ 250 mm. Idade da tubulação ~ 25 anos. Coeficiente de rugosidade $C \sim 70$ (Hazen-Williams)

Fonte: EPUSP – PHD2412

Pig

Dispositivo para manutenção de tubulações (tratamento interno)

Dispositivo inserido no duto. Ele viaja livremente, dirigido pelo próprio fluxo da água.

Função:

- Limpeza do tubo - *Utility PIGs; Cleaning PIGs*
 - Durante o seu percurso, remove as incrustações, depósitos orgânicos ou qualquer material aderido
- Inspeção interna de falhas e corrosão - *Inline Inspection PIGs; Smart PIGs*
 - *Detecção de trincas, fugas, falhas, corrosão, deformações e defeitos, mensuração de depósitos de resíduos.*
- Tratamento de tubulações
- Isolamento de tubulações - *Special Duty PIGs*

Material:

espuma, aço, poliuretano, plástico

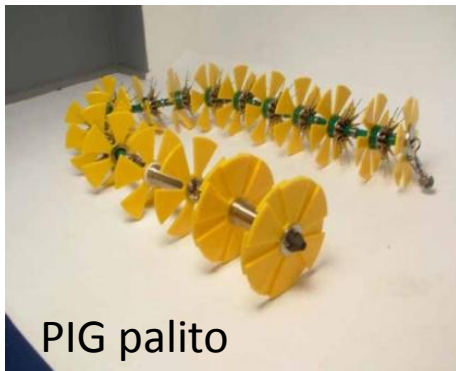


<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAejFwAC/pig-tecnologia-tubulacoes>



■ WCK3 Cleaning Pig

Multi-Size PIG WCK3



PIG palito

PIG instrumentado
Método "perfilagem de
alta resolução para
detecção e
quantificação da
corrosão interna de
tubulações" - patente
PETROBRAS

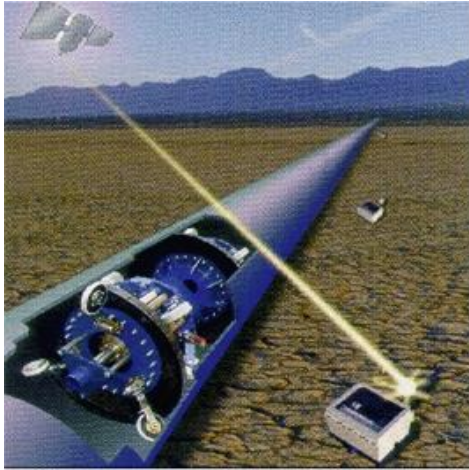
<http://www.ebah.com.br/content/ABAAejFwAC/pig-tecnologia-tubulacoes>



Isolamento de tubulações
- *Special Duty PIGs*



<http://www.pollypig.com/Pages/Cast/Polly%20Tri%20Cup%20pigs.html>



PIG com sistema GPS



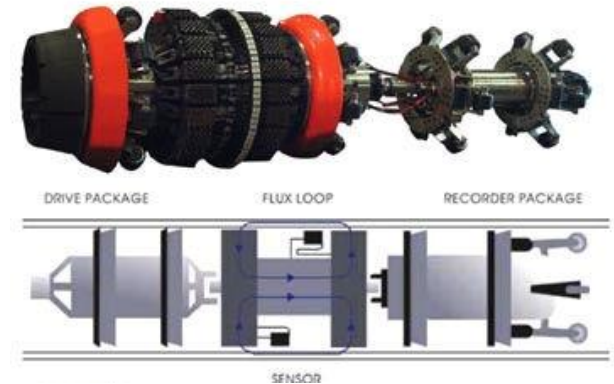
Plataforma lançadora



PIG instrumentado

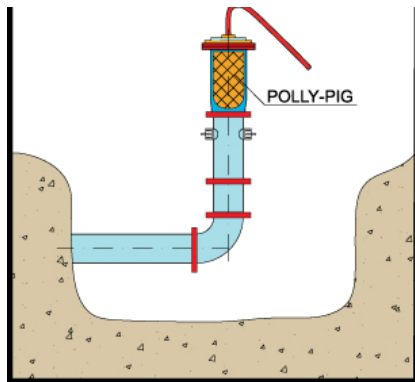
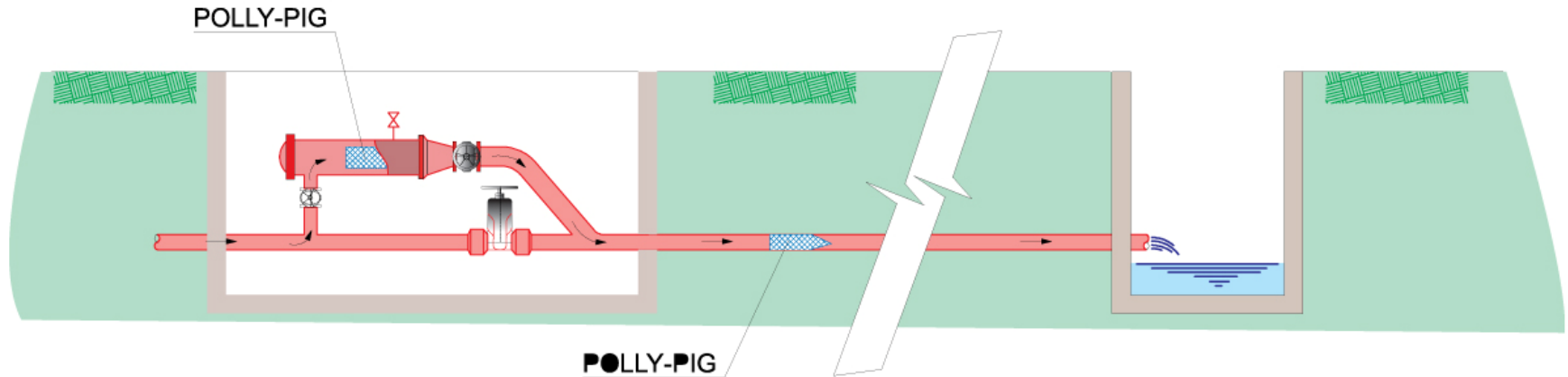


PIG geométrico - PIG Inercial

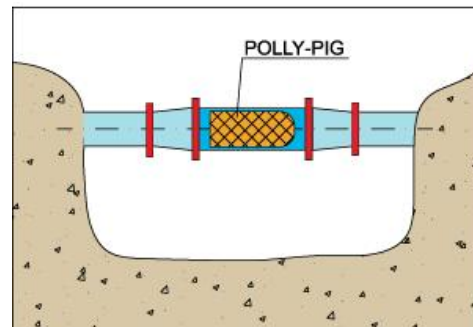


Pacote de unidade Loop de
fluxo Pacote gravador

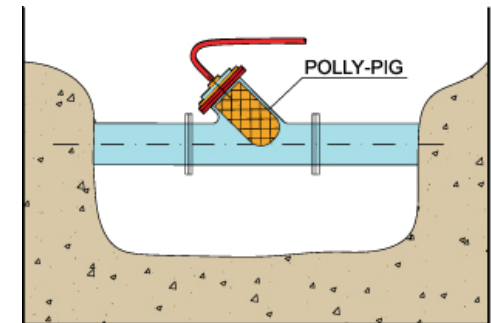
Entrada e saída do “polly-pig” em uma adutora



Introdução do “polly-pig” através de hidrante, sem registro



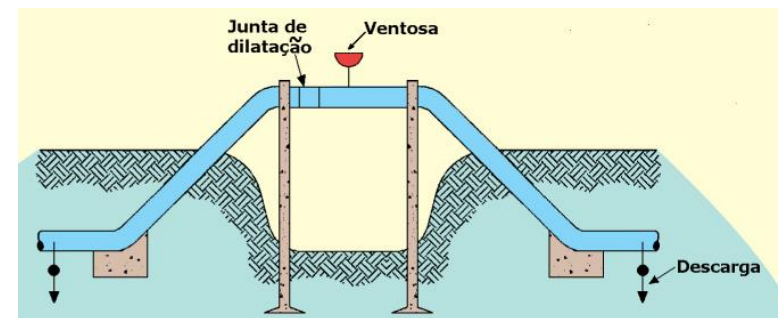
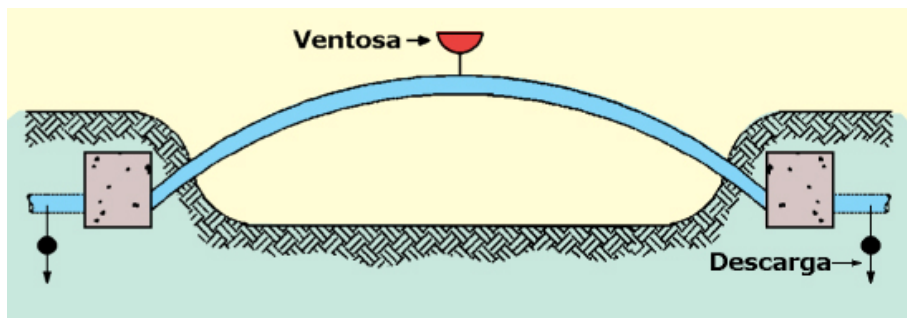
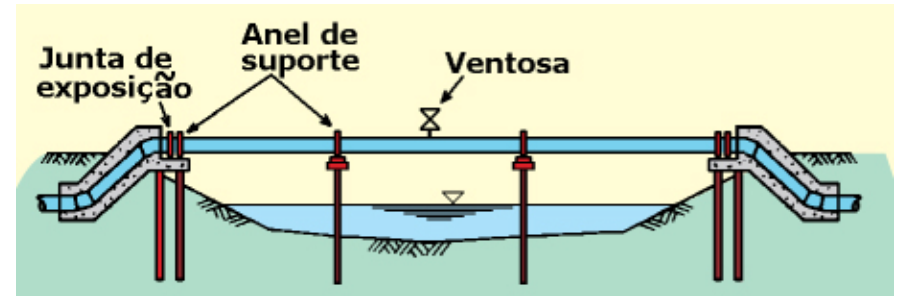
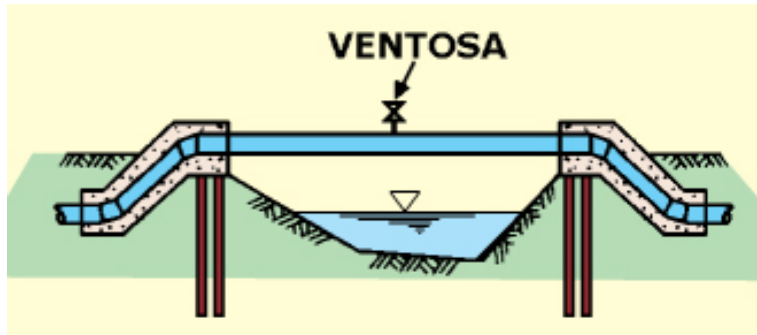
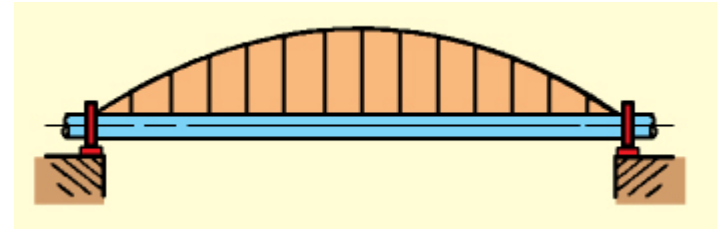
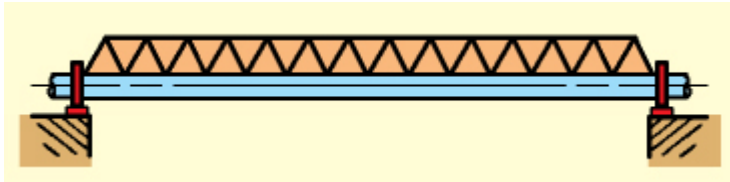
Introdução de “polly-pig” através de uma peça



Introdução do “polly-pig” através de uma peça em Y

Fonte: EPUSP – PHD2412

6.10 - Exemplos de travessia aérea em cursos de água



Travessia aérea

Fonte: EPUSP – PHD2412 - http://200.144.189.97/phd/default.aspx?id=28&link_uc=disciplina





Prof. Daniel Costa dos Santos (DHS/UFPR)



Prof. Daniel Costa dos Santos (DHS/UFPR)



Prof. Daniel Costa dos Santos (DHS/UFPR)



Registros



Prof. Daniel Costa dos Santos (DHS/UFPR)

Exercício

Literatura

- TSUTIYA, Milton Tomoyuki. 2006. Abastecimento de Água. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 643p. 4ª. Edição
- HELLER, L.; PADUA, V. L. Abastecimento de Água para Consumo Humano. Belo Horizonte: Ed. UFMG. 2010. 2ª Edição
- SHIROMOTO, Leitão e TSUTIYA, M.T.. 2005. I-037 – Operação do Sistema Taquacetuba para a Transferência de Água do Reservatório Billings para Represa Guarapiranga – Região Metropolitana de São Paulo. 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental