

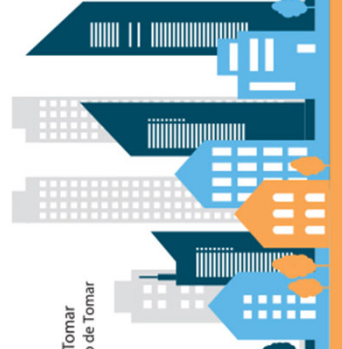


# Encontro 30 anos Engenharia Civil 1986-2016

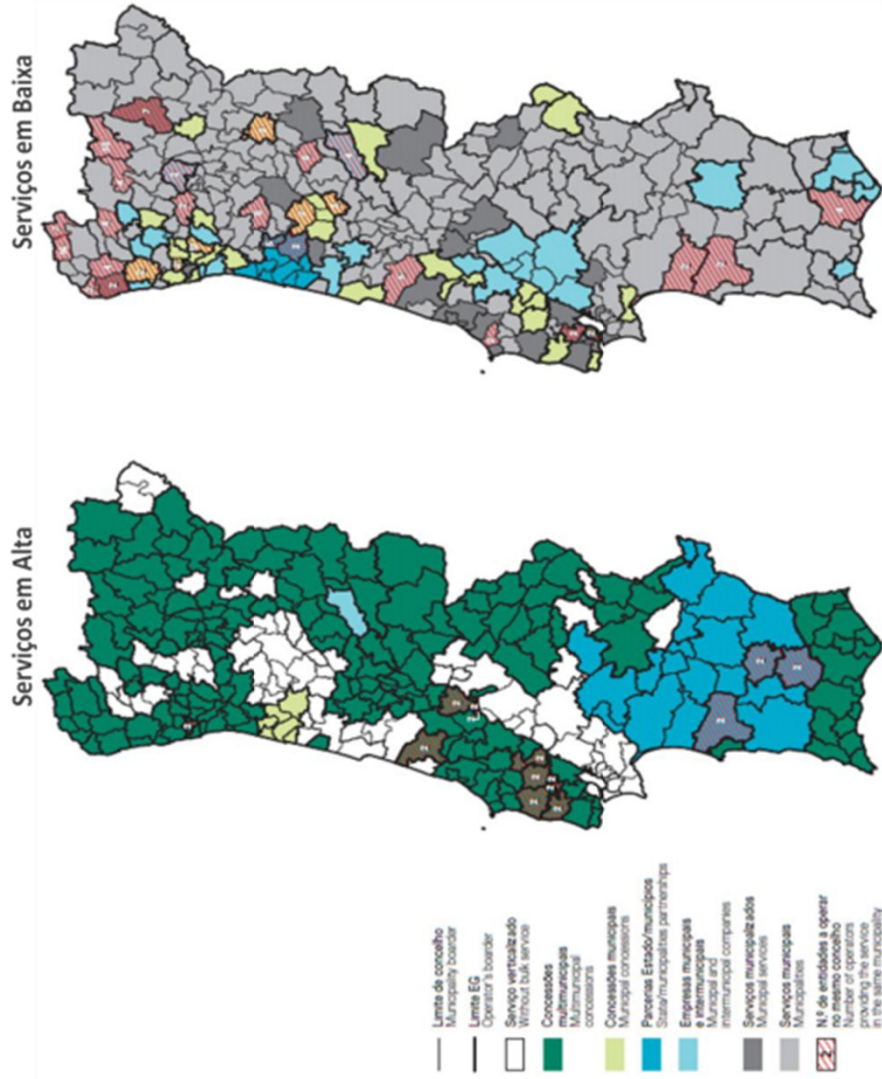
Instituto Politécnico de Tomar

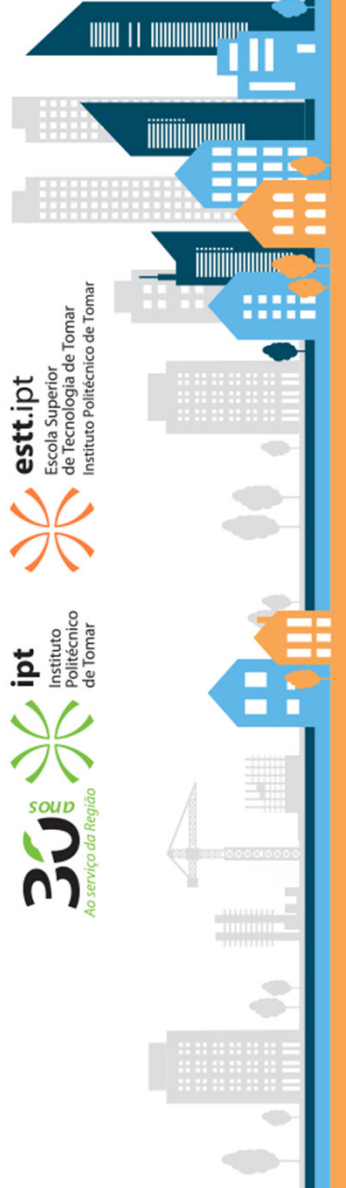
*Reabilitação e Gestão de  
Redes Públicas de  
Abastecimento de Água*





**ABASTECIMENTO DE ÁGUA POR SUBMODELO DE GESTÃO**

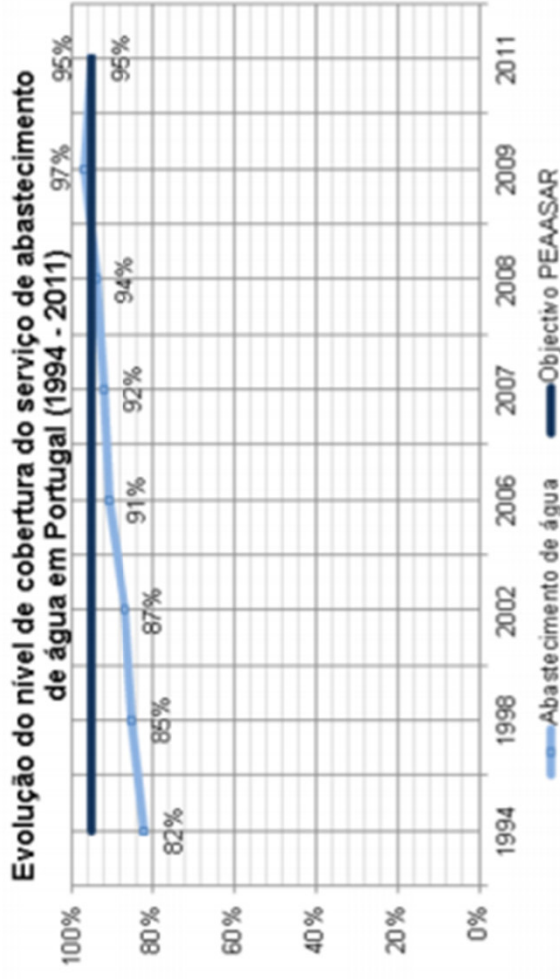




O setor dos serviços de águas em Portugal tem sofrido nos últimos anos uma significativa evolução positiva tanto no que diz respeito às taxas de cobertura como no que concerne aos níveis da qualidade da água fornecida na torneira dos consumidores.

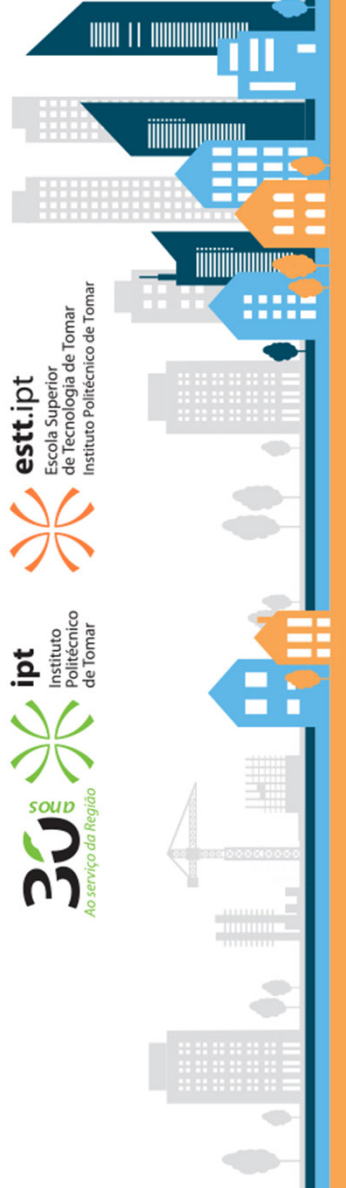
A evolução das taxas de cobertura de abastecimento público de água encontra-se retratada na figura seguinte.

## COBERTURA DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA





**Reabilitação** é qualquer intervenção física que prolongue a vida útil de um sistema existente e ou melhore o seu desempenho hidráulico, estrutural e/ou de qualidade da água, envolvendo a alteração da sua condição e/ou especificação técnica.



## Anomalias de natureza...

estrutural	hidráulica	de qualidade da água	de operação e manutenção
Renovação	Ocasionalmente Renovação	Renovação	Renovação
Substituição	Substituição	Substituição	Substituição
	Reforço		Ocasionalmente Reforço
	Redução ou atenuação de caudal		

**Reabilitação**



**Roturas**

estrutural

Renovação

Substituição

**Pressão reduzida  
 Pressão excessiva**

hidráulica

Ocasionalmente  
 Renovação

Substituição

Reforço

Redução ou atenuação de caudal

**Incumprimento de qualidade de água**

de qualidade da água

Renovação

Substituição

**Órgãos da rede inexistentes ou inoperacionais**

de operação e manutenção

Renovação

Substituição

Ocasionalmente  
 Reforço

**Reabilitação**



Ilustração 7 - Exemplos de incrustação em condutas de materiais metálicos:

- a) formação de tubérculos em conduta sem revestimento;
- b) formação de camada de carbonato de cálcio;
- c) formação de camada de carbonato de cálcio em conduta com tubérculos isolados.

(a)



(b)

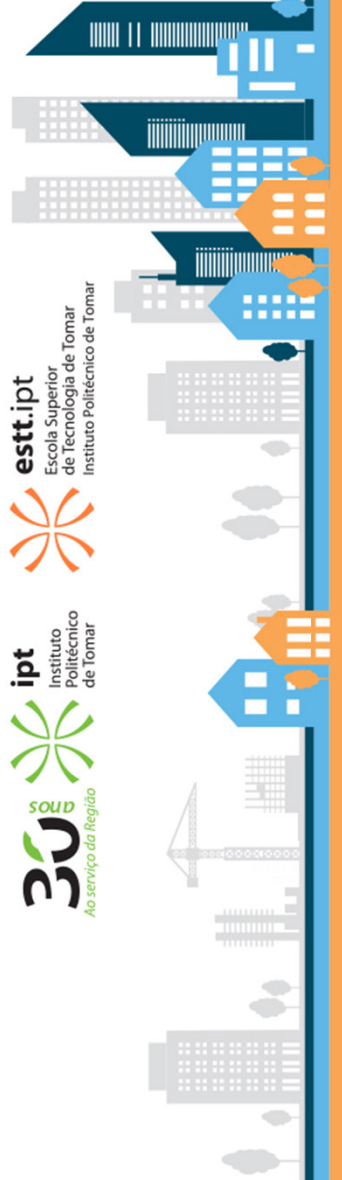


(c)



# Encontro 30 anos Engenharia Civil 1986 - 2016

Instituto Politécnico de Tomar



(a)



(b)



(e)



(b)



(c)



(d)

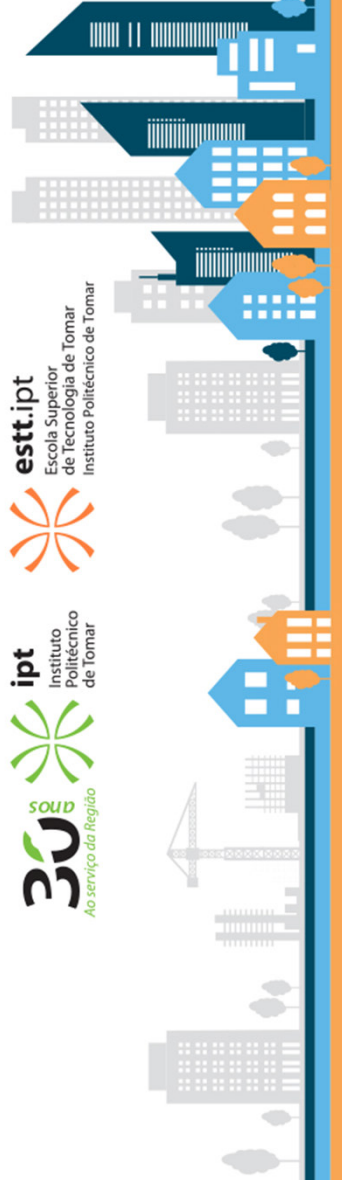






## Técnicas e tecnologias na reabilitação de condutas de água

Tipo de intervenção		Família de técnicas	Técnica
Renovação (renovation)	Renovação não estrutural	Reparação (repair)	Reparação generalizada de juntas (internal joint seals)
		Revestimento interior (coating ou spray-lining)	Revestimento interior com argamassa de cimento (cement mortar spray-lining) Revestimento interior com resina epoxi (epoxy spray-lining)
	Renovação estrutural	Entubamento simples ou tradicional (conventional sliplining)	Entubamento com tubagem contínua (lining with continuous pipes ou sliplining)
			Entubamento com trechos de tubagem (lining with discrete pipes)
		Entubamento não tradicional* (modified sliplining)	Entubamento com tubagem ajustada (close-fit pipe lining): – Entubamento com tubagem dobrada (fold and form) – Entubamento com tubagem deformada (rolldown, drawdown, swagelining ou deformed/reformed)
			Entubamento com tubagem curada in situ (cured-in-place pipe lining): – Inserção por inversão (inverted-in-place installation) – Inserção com guincho (winched-in-place installation) – Combinação dos métodos anteriores.
		Entubamento com manga adesiva por reversão (lining with adhesive-backed hose)	



Substituição (replacement)	Substituição c/ abertura de vala (open trench)	Método convencional	Substituição com abertura de vala ( <i>conventional open trench</i> )
		Método não convencional	Substituição com abertura de vala reduzida (e.g., <i>narrow trench, mole plough</i> )
	Substituição sem abertura de vala** ( <i>trenchless replacement</i> )	Técnicas não dirigíveis ( <i>steerable techniques</i> )	Rebentamento da conduta existente ( <i>pipe bursting</i> ) Esmagamento da conduta existente ( <i>pipe crushing</i> ) Corte longitudinal da conduta existente ( <i>pipe splitting</i> ) Extração da conduta existente sem tubo piloto ( <i>pipe ejection, pipe extraction ou pipe pulling</i> ) Extração da conduta existente com tubo piloto ( <i>pipe ejection with pilot pipe</i> )
		Técnicas dirigíveis ( <i>non-steerable techniques</i> )	Construção de microtúnel/microgaléria sem tubo piloto ( <i>pipe eating ou modified microtunneling</i> ) Construção de microtúnel/microgaléria com tubo piloto ( <i>pilot jacking with pipe bore</i> ) Perfuração dirigida ( <i>pipe reaming ou directional drilling</i> )

\* Também designado, em linguagem corrente, por "encamisamento"

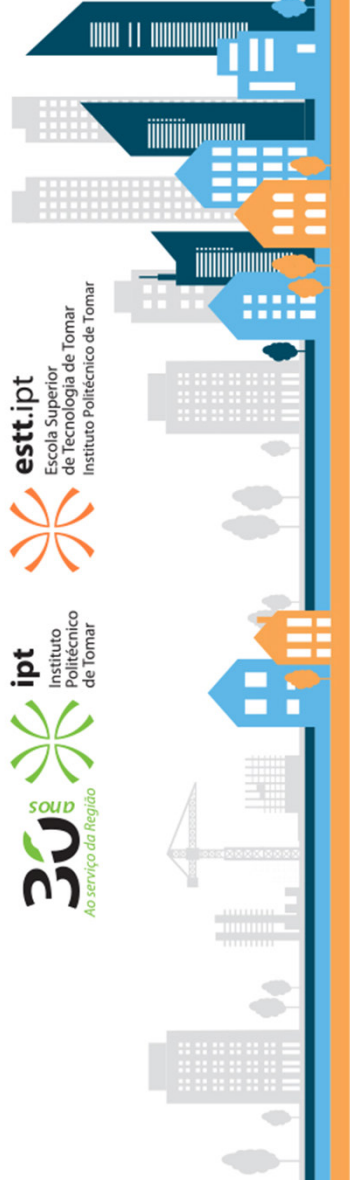
\*\* Também designada por "substituição em galeria" (NPEN 12889: 2008)

## Entubamento com tubagem contínua



# Encontro 30 anos Engenharia Civil 1986 - 2016

Instituto Politécnico de Tomar



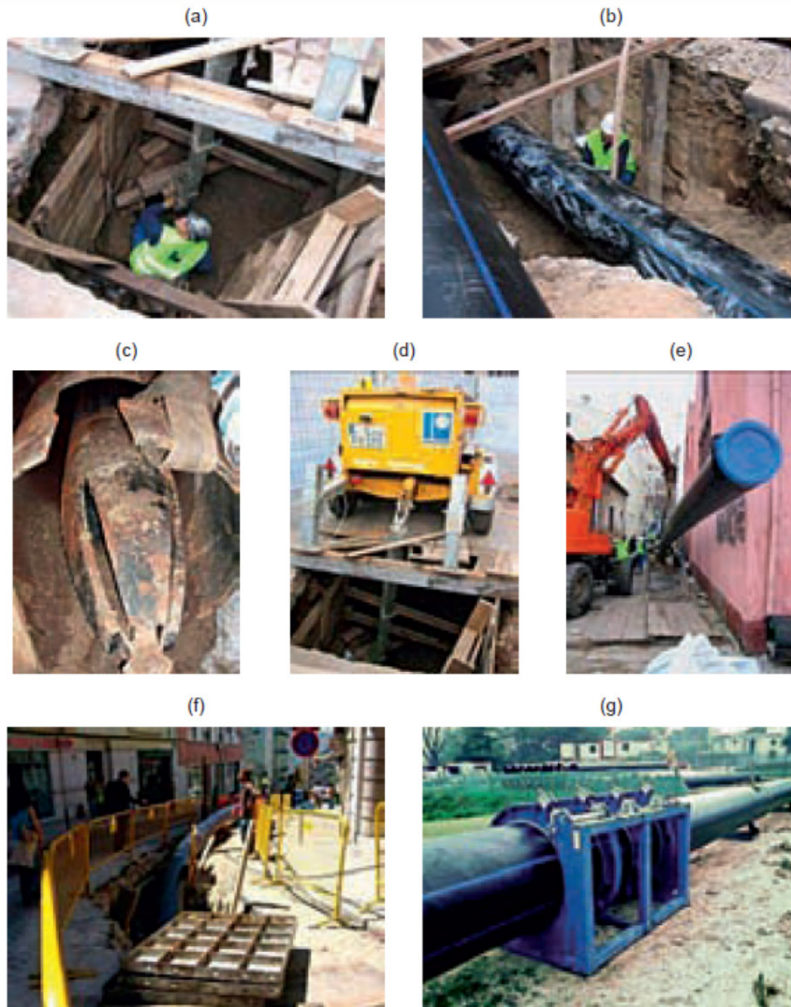


Ilustração 17 - Entubamento com tubagem contínua:

- (a) poço de acesso;
- (b) lubrificação da conduta a inserir;
- (c) ponta de inserção-tracção;
- (d) equipamento de tracção;
- (e),(f) inserção da conduta;
- (g) execução da soldadura entre tubos.



Aspectos	Características do processo
<b>Normas relevantes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– EN 13566-1: 2002, EN 13566-2: 2005, ISO/DIS 11296-1, ISO 11296-2, prEN 15885: 2008 (águas residuais).</li> <li>– EN 14409-1: 2004, ISO/DIS 11298-1:2008, ISO/DIS 11298-2:2008 (abastecimento de água).</li> <li>– EN ISO 11295: 2008 (geral).</li> </ul>
<b>Materiais utilizados</b>	PE, PE-X, PP.
<b>Métodos de instalação</b>	Inserção efectuada por tração ou por compressão através de poços localizados nas extremidades.
<b>Características geométricas</b>	<b>Gama de diâmetros</b>
	<b>Extensão máxima</b>
	<b>Execução de curvas</b>
<b>Desempenho</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Redução significativa da capacidade hidráulica devido à redução da secção, apesar da redução da rugosidade. ☹️</li> <li>– Assegura integridade estrutural à conduta. ☺️</li> <li>– Necessidade de inserção de tubagem contínua (ligação por soldadura).</li> <li>– Pode ser aplicado a qualquer tipo de conduta. ☺️</li> <li>– Instalação rápida. ☺️</li> <li>– Área necessária para a execução dos trabalhos: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>mínima</i> para condutas de pequeno diâmetro (&lt;100 mm) fornecidas em rolo; ☺️</li> <li>▪ <i>elevada</i> para condutas de maior diâmetro para o armazenamento das tubagens e execução dos trabalhos. ☹️</li> </ul> </li> <li>– Acesso à conduta existente exige escavação nas extremidades de inserção. ☹️</li> <li>– A técnica não depende da adesão da tubagem inserida à existente ☺️</li> <li>– Necessidade de suspensão do abastecimento. ☹️</li> <li>– Requer o preenchimento do espaço entre condutas com argamassa. ☹️</li> <li>– A ligação os ramais laterais requer escavação local. ☹️</li> </ul>
<b>Características de instalação</b>	

Legenda: ☺️ Principais vantagens; ☹️ Principais inconvenientes.



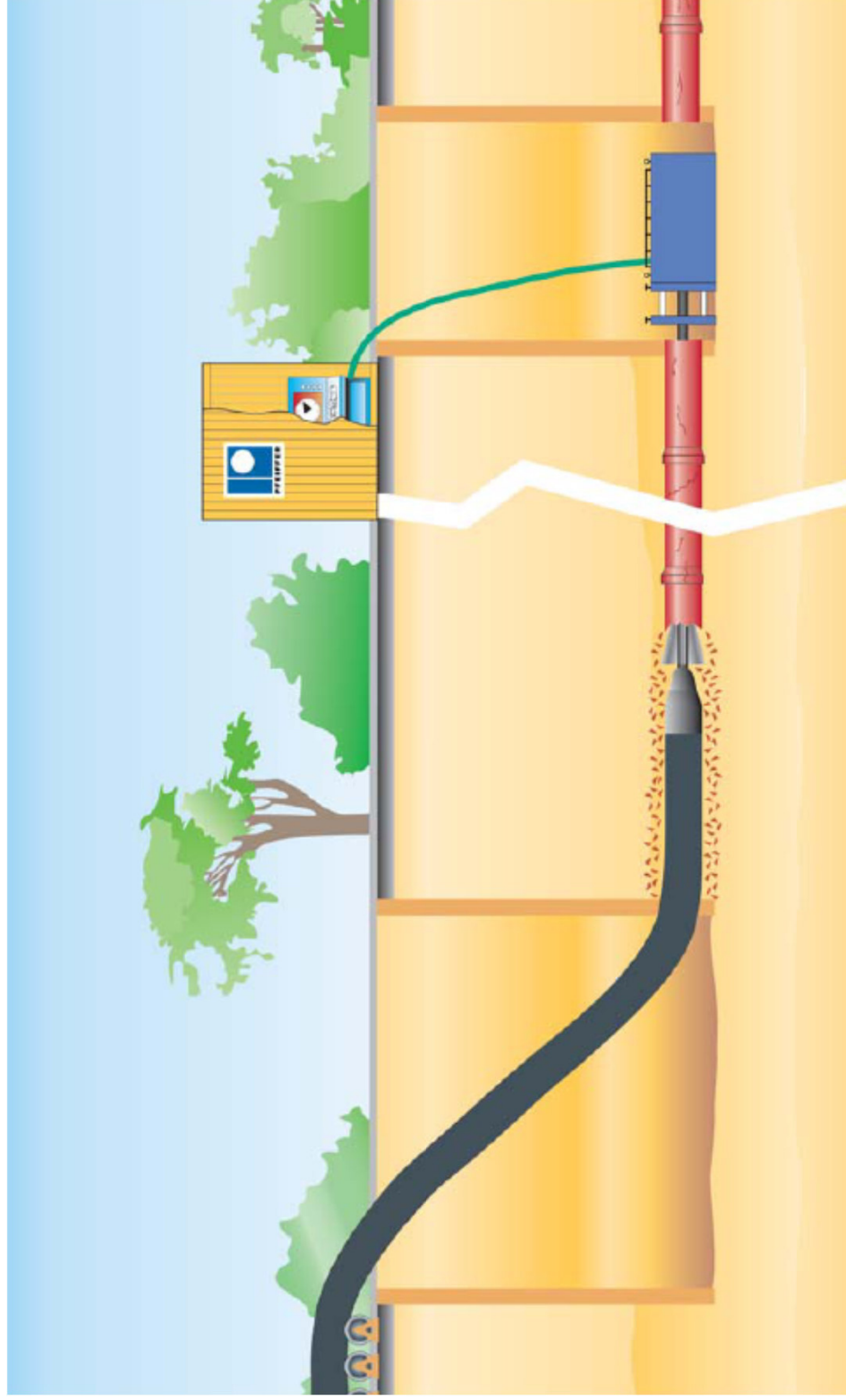
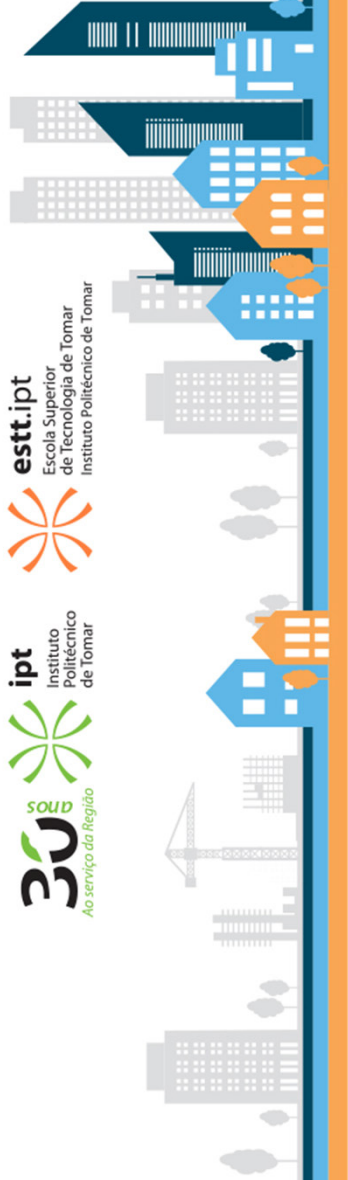
## Re-entubamento por destruição da tubagem existente



1

# Encontro 30 ANOS Engenharia Civil 1986 - 2016

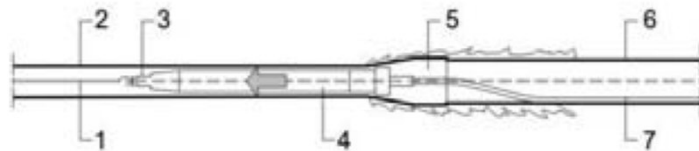
Instituto Politécnico de Tomar







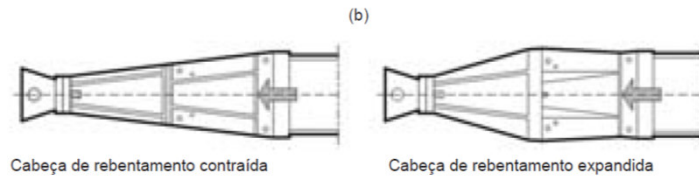
Métodos de rebentamento da conduta:



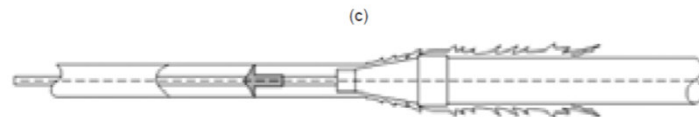
(a) sistema pneumático

Legenda:

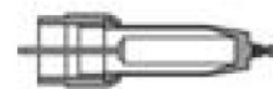
- 1 – Cabo de tracção
- 2 – Conduta existente
- 3 – Cabeça de tracção
- 4 – Motor pneumático
- 5 – Cabeça de expansão
- 6 – Nova conduta
- 7 – Cabo de aço



(b) sistema hidráulico



(c) sistema estático de tracção



Cabeça de actuação pneumática



Cabeça de actuação hidráulica



Cabeça de actuação estática de tracção

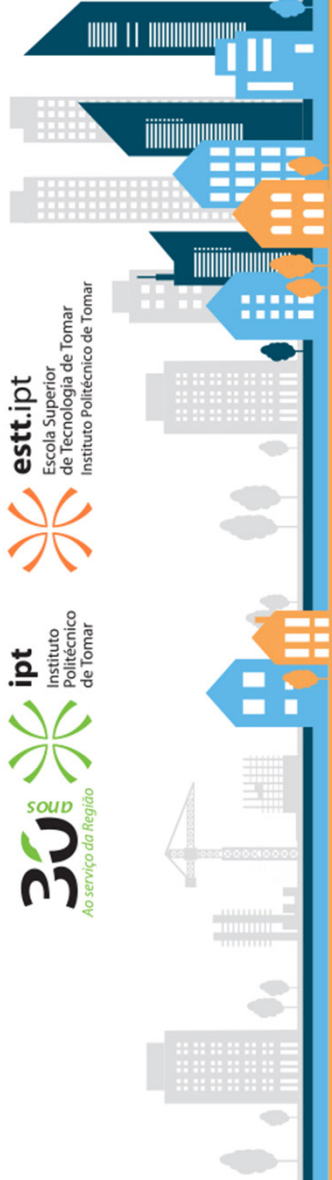


## Equipamento hidráulico de tração

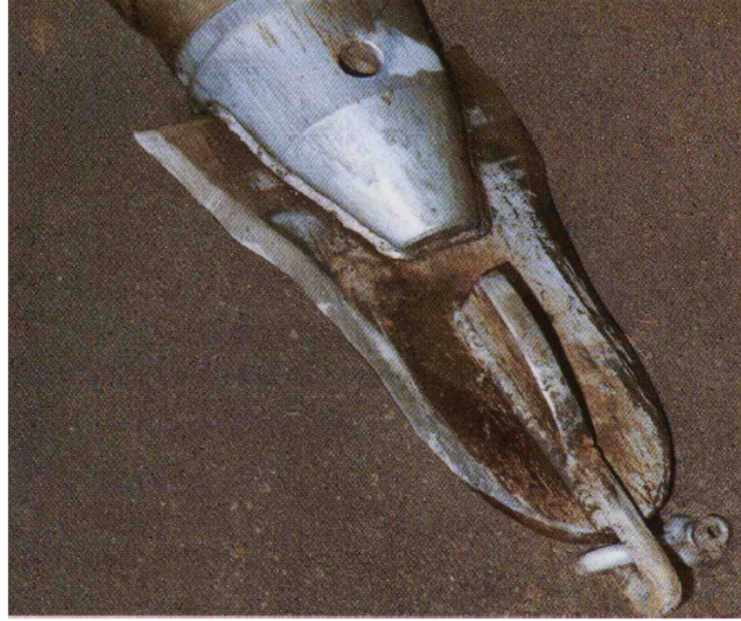


# Encontro 30 ANOS Engenharia Civil 1986 - 2016

Instituto Politécnico de Tomar



(a)

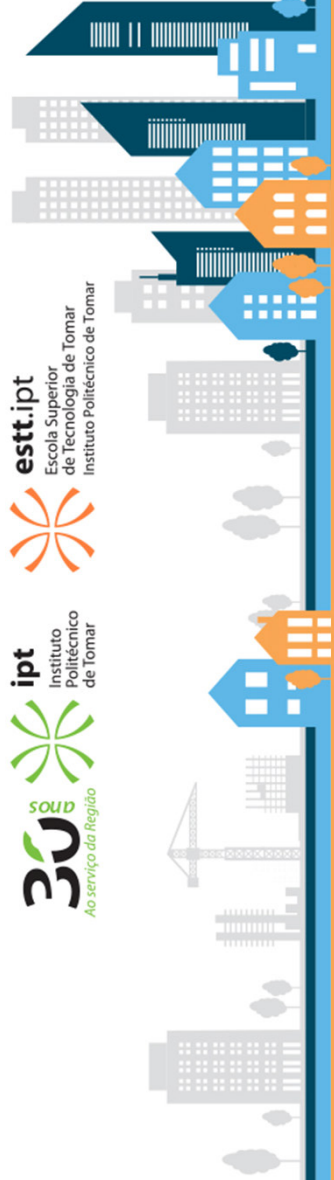


(b)



(c)



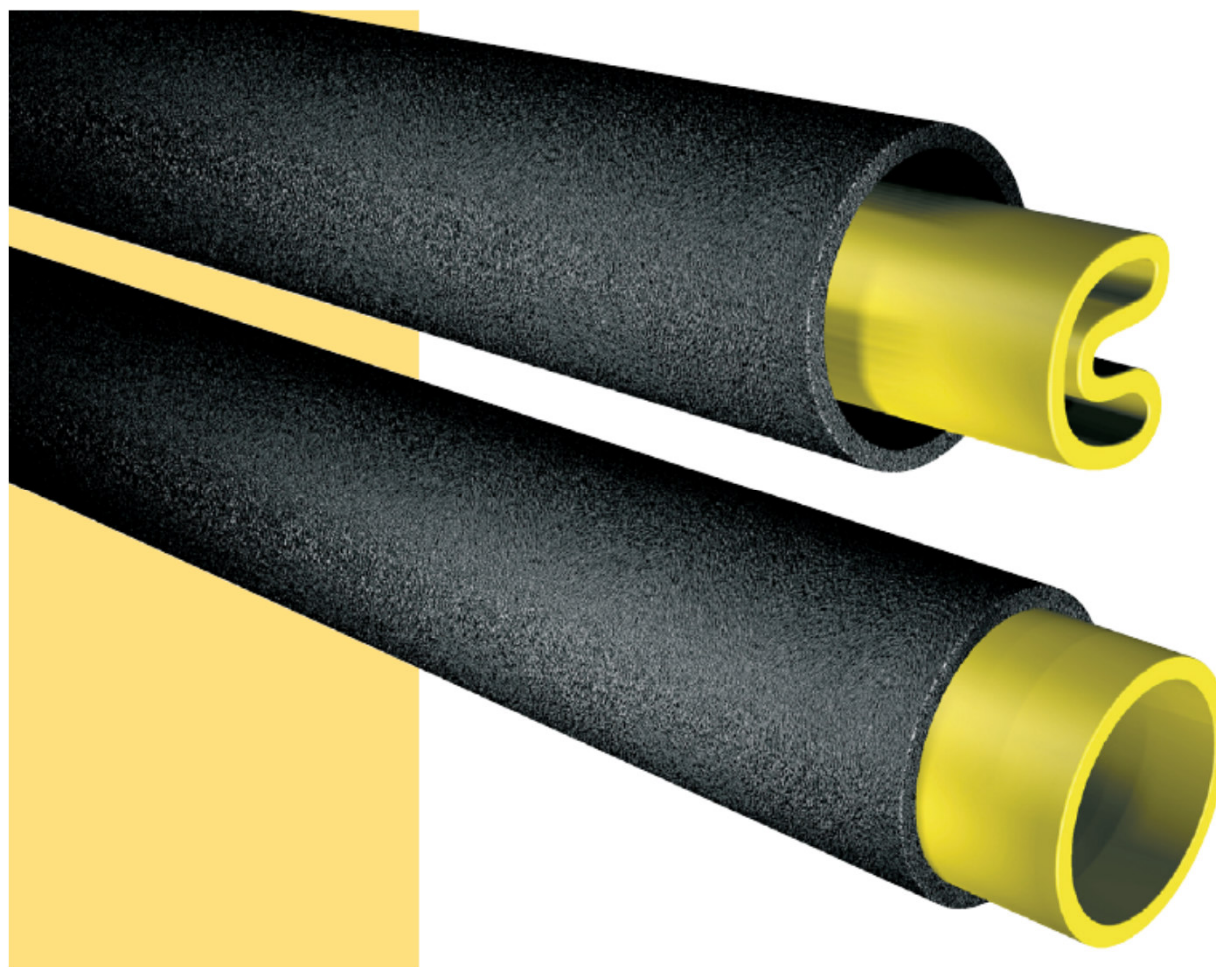


Aspectos	Características do processo
<b>Normas relevantes</b>	NP EN 12889: 2008. ASTM C1208 / C1208M-99a.
<b>Materiais utilizados</b>	PE, PVC, PP, GRP, FFC, betão armado.
<b>Métodos de instalação</b>	Método pneumático ou de percussão. Método hidráulico de expansão. Método estático de tracção.
<b>Características geométricas</b>	<b>Gama de diâmetros típica</b>
	<b>Extensão máxima</b>
	<b>Execução de curvas</b>
<b>Desempenho</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Permite o aumento da capacidade hidráulica. ☺</li> <li>- Assegura integridade estrutural. ☺</li> <li>- Necessidade de inserção de condutas contínuas.</li> <li>- Não requer trabalhos preparatórios de limpeza. ☺</li> <li>- Área necessária para a execução dos trabalhos: elevada para o armazenamento das tubagens e execução dos trabalhos. ☹</li> <li>- Acesso à conduta existente exige escavação nas extremidades de inserção. ☹</li> <li>- A ligação os ramais laterais requer escavação local. ☹</li> <li>- A técnica não depende da adesão da tubagem inserida à existente. ☺</li> <li>- Necessidade de suspensão do abastecimento. ☹</li> <li>- Pode afectar significativamente a integridade estrutural de outras infra-estruturas adjacentes (e.g., edifícios antigos, colectores de grés). ☹☹</li> </ul>
<b>Características de instalação</b>	

Legenda: ☺ Principais vantagens; ☹ Principais inconvenientes.



## Re-entubamento com tubagem ajustada



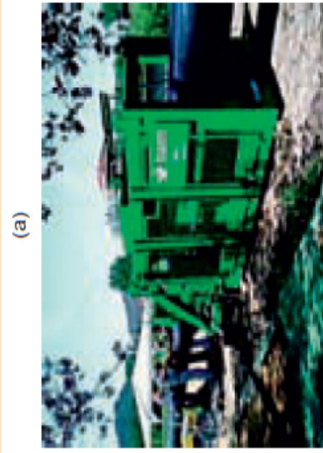
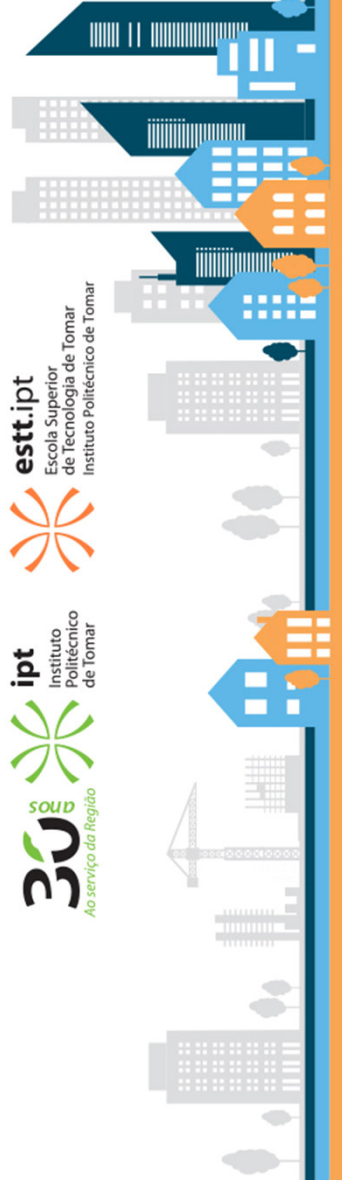
# Encontro 30 anos Engenharia Civil 1986 - 2016

Instituto Politécnico de Tomar

**30** SOU  
Ao serviço da Região

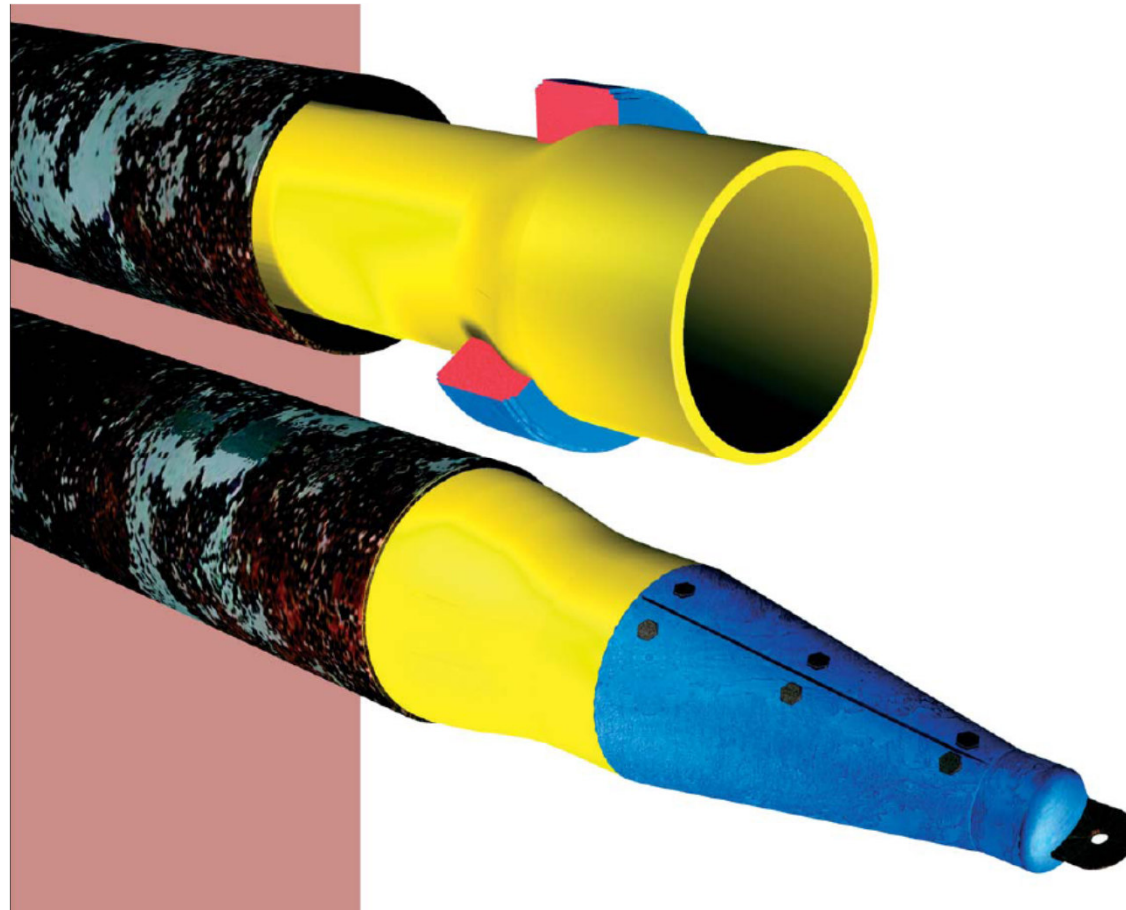
**ipt**  
Instituto  
Politécnico  
de Tomar

**estt.ipt**  
Escola Superior  
de Tecnologia de Tomar  
Instituto Politécnico de Tomar



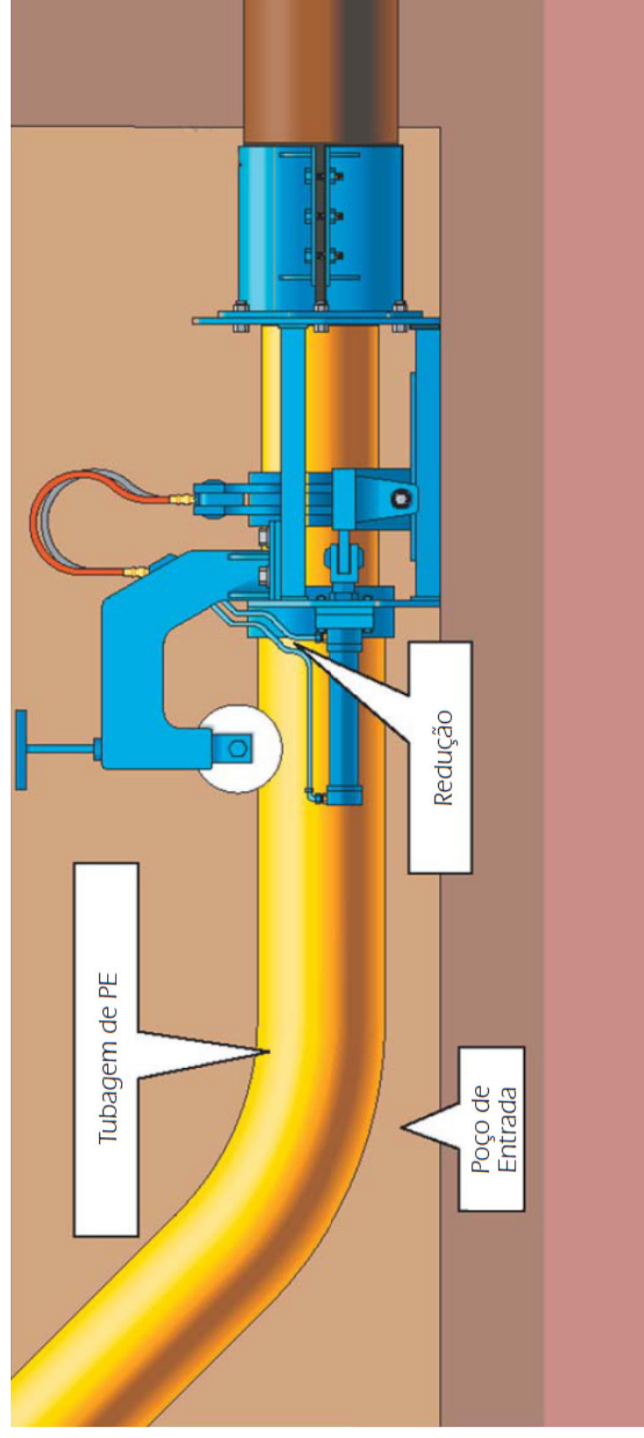
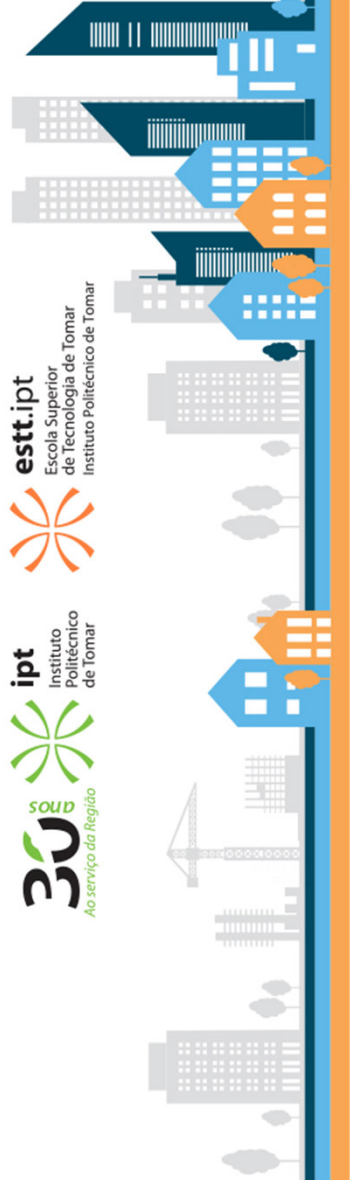


## Re-entubamento com tubo com diminuição diametral temporária

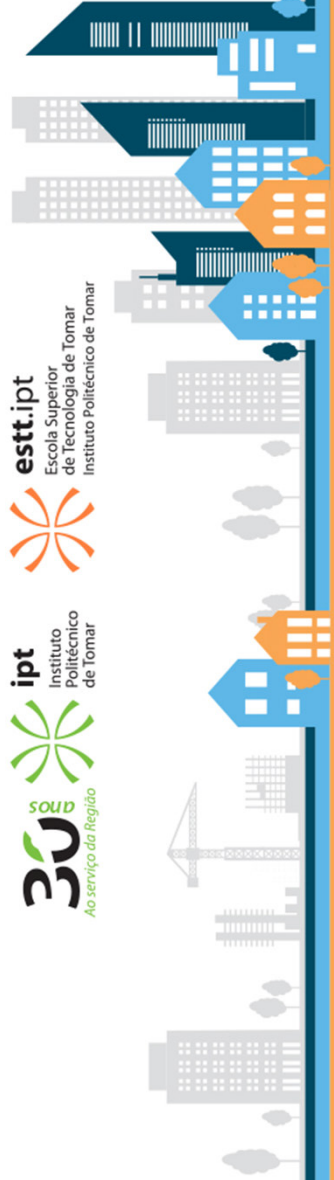


# Encontro 30 anos Engenharia Civil 1986 - 2016

Instituto Politécnico de Tomar







Aspectos	Características do processo						
<b>Normas relevantes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>EN 13566-1: 2002, EN 13566-3: 2002, ISO/DIS 11296-1, ISO/DIS 11296-3, prEN 15885:2008 (águas residuais).</li> <li>EN 14409-1: 2004, ISO/DIS 11298-1:2008,</li> <li>ISO/DIS 11298-3: 2008 (abastecimento de água)</li> <li>ISO 11295: 2008 (geral).</li> </ul>						
<b>Métodos de instalação</b>	Método A: entubamento com tubagem dobrada; Método B: entubamento com tubagem deformada.						
<b>Materiais utilizados</b>	PE, PE-X, PP, PRP, PVC-U.						
<b>Características geométricas</b>	<table border="1"> <tr> <td><b>Gama de diâmetros</b></td> <td>Mínimo: 100 mm (Método A); 200 mm (Método B) Máximo: 500 mm (Método A); 1500 mm (Método B)</td> </tr> <tr> <td><b>Extensão máxima</b></td> <td>500 m</td> </tr> <tr> <td><b>Execução de curvas</b></td> <td>Efectua graus de curvatura significativos (até 45°). ☺</td> </tr> </table>	<b>Gama de diâmetros</b>	Mínimo: 100 mm (Método A); 200 mm (Método B) Máximo: 500 mm (Método A); 1500 mm (Método B)	<b>Extensão máxima</b>	500 m	<b>Execução de curvas</b>	Efectua graus de curvatura significativos (até 45°). ☺
<b>Gama de diâmetros</b>	Mínimo: 100 mm (Método A); 200 mm (Método B) Máximo: 500 mm (Método A); 1500 mm (Método B)						
<b>Extensão máxima</b>	500 m						
<b>Execução de curvas</b>	Efectua graus de curvatura significativos (até 45°). ☺						
<b>Desempenho</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pequena (mínima) redução da capacidade hidráulica, apesar da redução da rugosidade. ☺</li> <li>Assegura integridade estrutural à conduta. ☺</li> <li>Pode ser aplicado a qualquer tipo de conduta. ☺</li> <li>Instalação rápida. ☺</li> <li>Energia necessária para a redução do diâmetro (Método B) aumenta significativamente com o diâmetro e a espessura da conduta. ☹</li> <li>Área necessária para a execução dos trabalhos: <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ mínima (Método A); ☺</li> <li>✓ elevada (Método B) para o armazenamento das tubagens e execução dos trabalhos. ☹</li> </ul> </li> <li>Acesso à conduta existente, requer a escavação de poço de entrada. ☹</li> <li>A técnica não depende da adesão da tubagem inserida à existente. ☺</li> <li>Não requer preenchimento do espaço entre condutas. ☺</li> <li>Necessidade de suspensão do abastecimento. ☹</li> <li>A ligação os ramais laterais requer escavação local. ☹</li> </ul>						
<b>Características de instalação</b>							

Legenda: ☺ Principais vantagens; ☹ Principais inconvenientes.

## Controlo de perdas em sistemas de abastecimento de água

- Perdas são um problema persistente nos sistemas de distribuição de água;

### Notícias



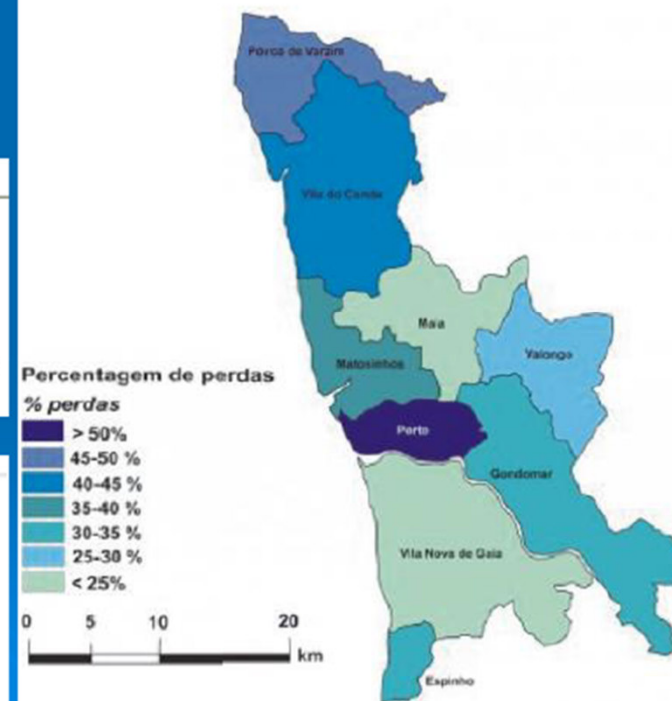
05-14-2005 - Lusa  
Fugas, consumos fraudulentos e deficiências nos contadores  
**Água: associação alerta para perdas nos sistemas entre 35 a 50 por cento**

Entre 35 a 50 por cento da água perde-se nos sistemas de abastecimento públicos e não chega ao destino final, devido a fugas, consumos fraudulentos e deficiências nos contadores, segundo dados de uma associação do sector.

### 22 de Março: Dia Mundial da Água. Quercus, com SETE GOTAS, alerta para os problemas da água

De acordo com a empresa Águas de Portugal, assume-se como objectivo para o ano de 2015 que a percentagem de perdas do sistema de distribuição seja de 20%. No entanto, o valor estimado de média nacional para o volume de água de perdas entre a captação e o consumidor situa-se actualmente na ordem dos **35%**. As perdas económicas associadas a este desperdício de água implicam investimentos que ficam por concretizar noutras áreas de intervenção.

### Nível de perdas de água no grande Porto



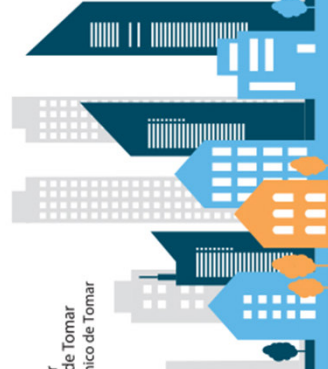
Fonte: Plano estratégico de ambiente do grande Porto

- Técnicas tradicionais baseavam-se no uso de microfones de solo:
  - Trabalho era muito moroso;
  - Custos de realização de campanhas era elevado;
  - A eficácia era reduzida;
  - Manutenção de nível reduzido de fugas era difícil.



# Encontro 30 ANOS Engenharia Civil 1986 - 2016

Instituto Politécnico de Tomar

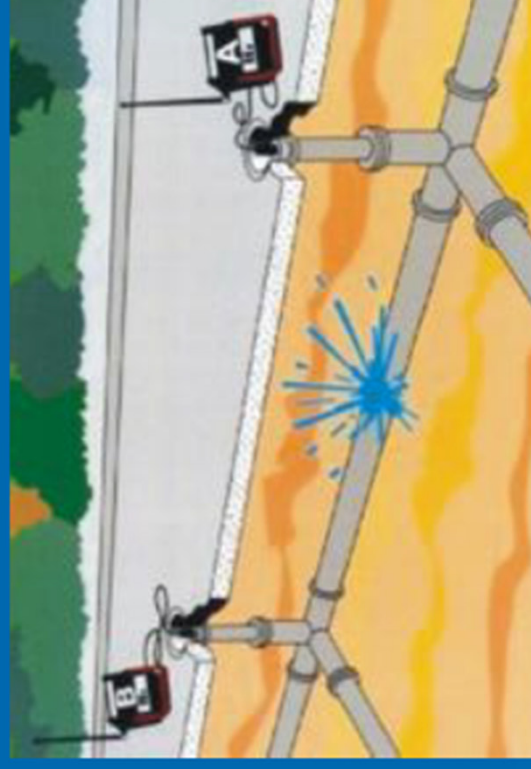


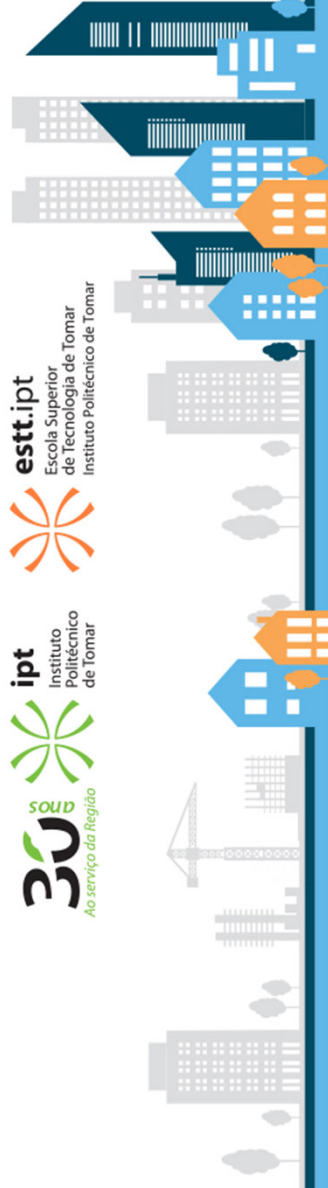
- A partir da década de 90 surgem:

- Correladores acústicos;
- “Loggers” acústicos;
- Telemedição de caudais e pressões na rede.

- Nova tecnologia permite:

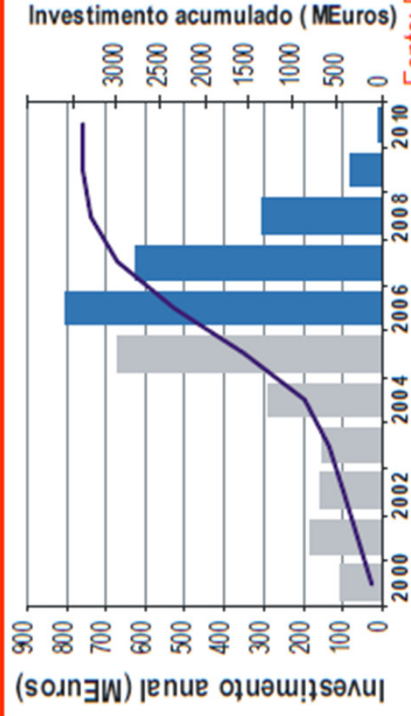
- Reduzir tempos de detecção e localização de fugas;
- Aumentar eficácia e reduzir custos das campanhas;
- Viabilizar manutenção de níveis de perdas reduzidos.



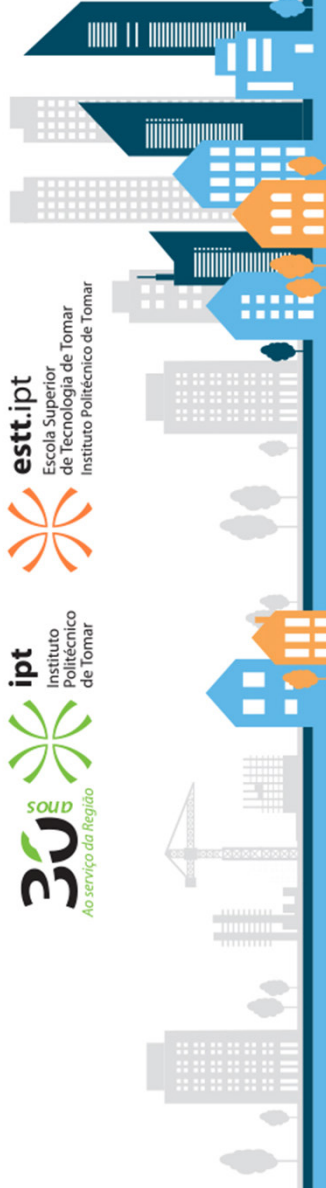


- Controle de perdas ganha importância crescente devido a:
  - Tendência para as entidades de distribuição passarem a adquirir água a entidades produtoras;
- Envelhecimento dos sistemas:
  - Durante muitos anos a aposta foi na expansão;
  - Manutenção dos sistemas existentes foi deixada para 2º plano.

#### Investimentos em sistemas em Alta



Fonte: PEASAR II

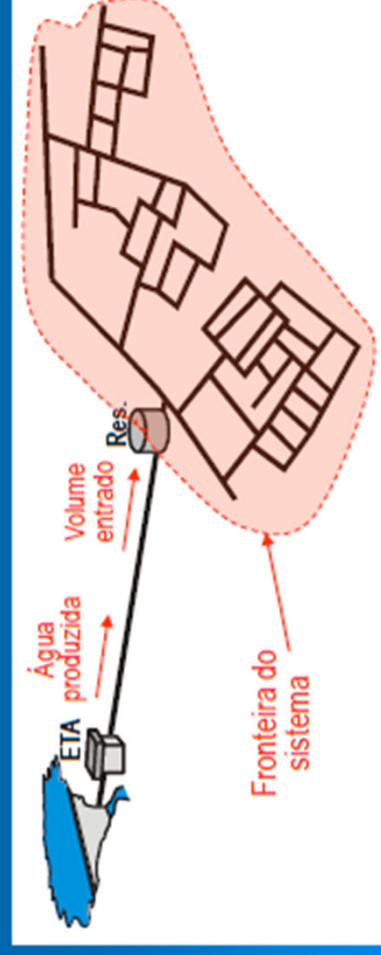


- Perdas de água e fugas não são sinónimos;
- Perdas representam a diferença entre o volume entrado e o consumo autorizado:

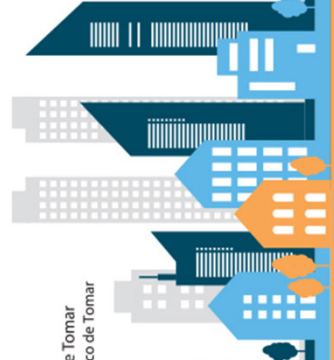
$$\text{Perdas de água} = \text{Volume entrado} - \text{Água consumida} \quad (\text{consumo autorizado})$$

- Definição internacional para as perdas (IWA):

$$\text{Perdas de água} = \text{Perdas "reais"} + \text{Perdas "aparentes"}$$

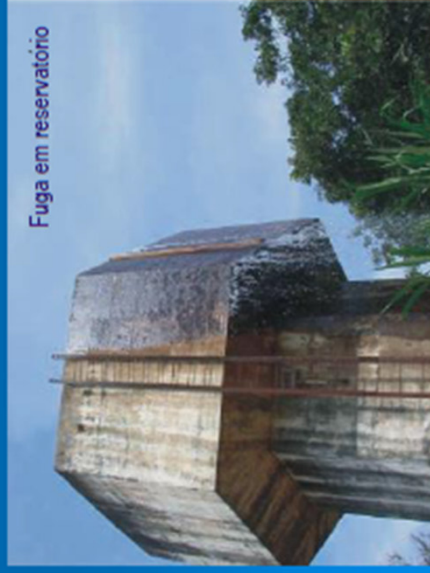


Volume entrado no sistema	Consumo autorizado
	Perdas de água

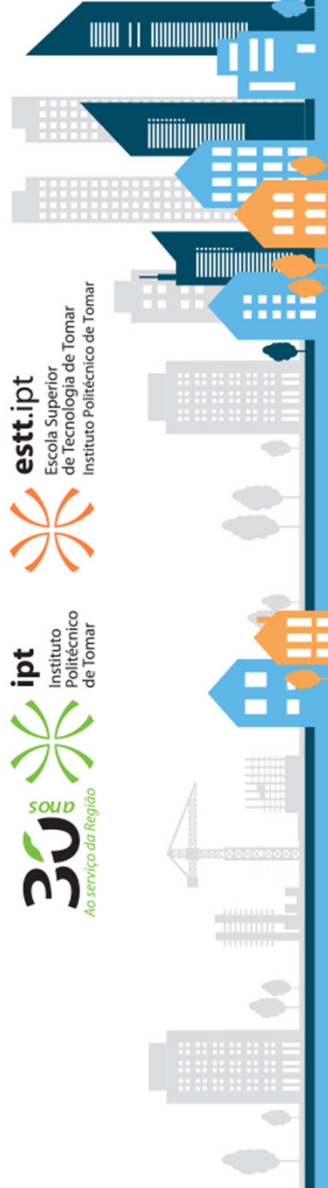


• **PERDAS REAIS:** → perdas físicas

- Fugas na rede:
  - Condutas;
  - Juntas;
  - Órgãos acessórios.
- Fugas em reservatórios:
  - Roturas nas paredes;
  - Transbordo de água.



Fuga em reservatório



## • PERDAS APARENTES

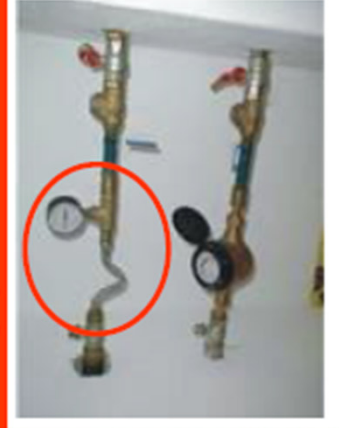
→ perdas no “papel”:

- Imprecisão dos contadores;
- Consumos não autorizados:
  - Ligações clandestinas;
  - Utilização fraudulenta de marcos e bocas de incêndio.

Contador de grande consumidor



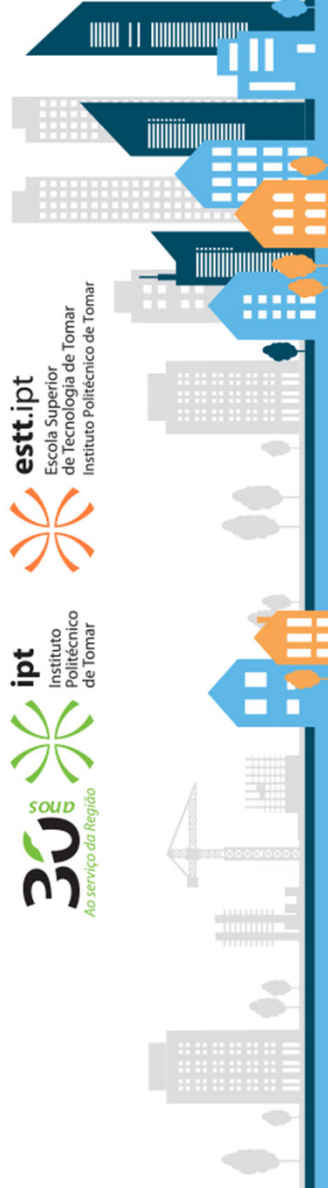
Ligação clandestina




Consumo não autorizado







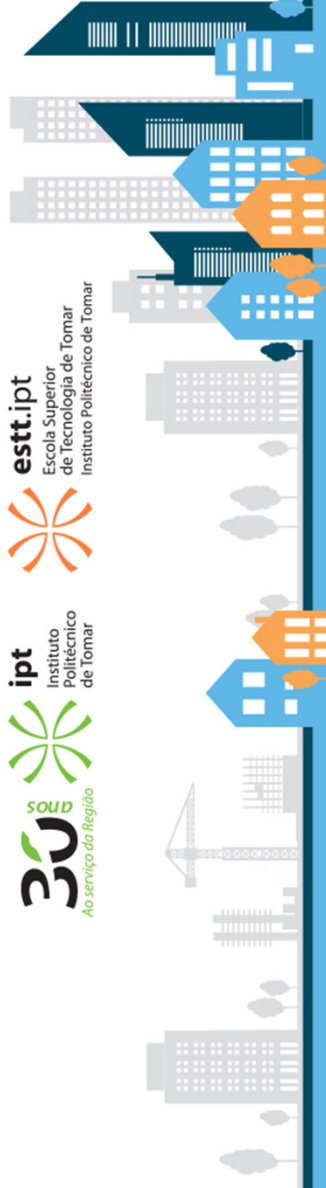
- Instalação deficiente de tubagens e acessórios;
- Má qualidade de tubagens e acessórios;
- Excesso de pressão na rede;
- Deterioração/envelhecimento das tubagens e acessórios; 
- Cargas transmitidas por veículos;
- Condições ambientais, e.g. o frio (rotura de tubagens por congelamento da água no seu interior).



Fuga através de junta

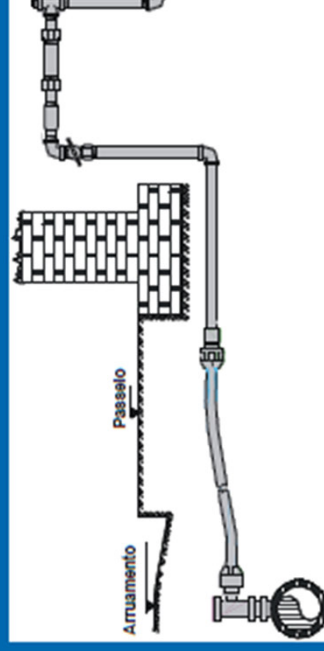


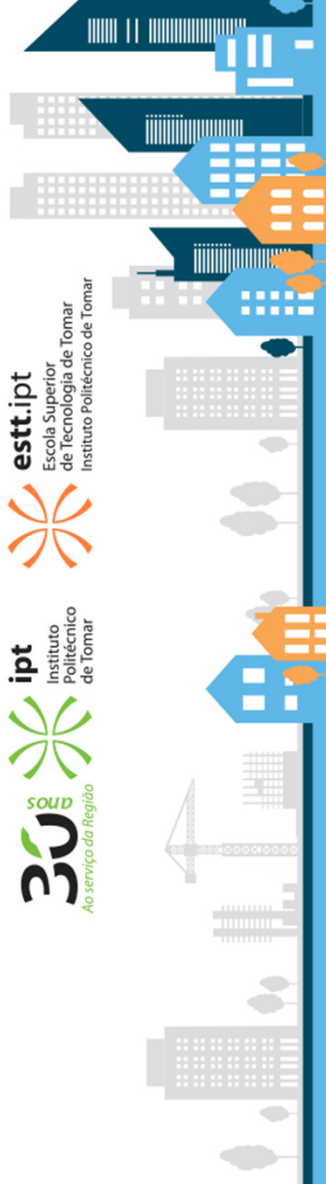
Válvula e tubagem corroídas



• Além das causas na origem das fugas, há outros factores que as influenciam:

- Pressão de serviço;
- Densidade e comprimento dos ramais;
- Comprimento total da rede;
- Localização do contador domiciliário;
- Tipo de solo:
  - Argilas → menos fugas;
  - Areias → mais fugas.





- Em termos operacionais temos 2 tipos de fugas:

- Fugas de grandes dimensões:
  - Rapidamente detectadas e reparadas;
  - Não exigem política activa de controlo de fugas;
  - Implicam investimento mínimo na sua detecção.



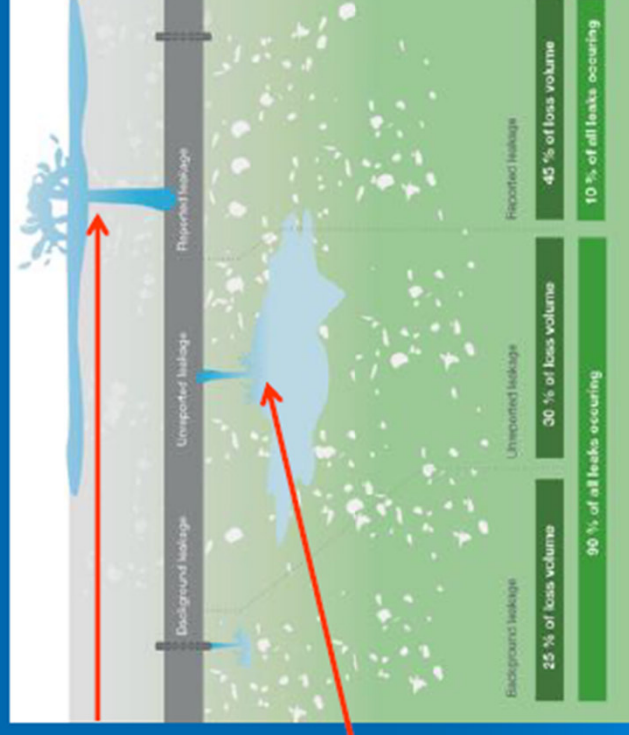
- Categoriza os tipos de perdas reais que ocorrem num sistema em:

- **Fugas ou roturas reportadas;**

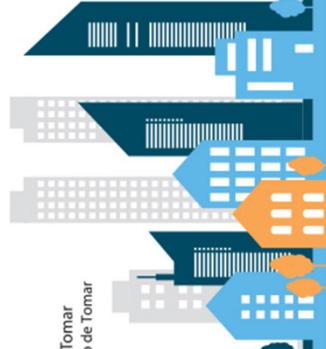
- Roturas com caudal elevado (> 500 l/h a 50 mca\*);
- Rapidamente detectadas e reparadas.

- **Fugas ou roturas não reportadas;**

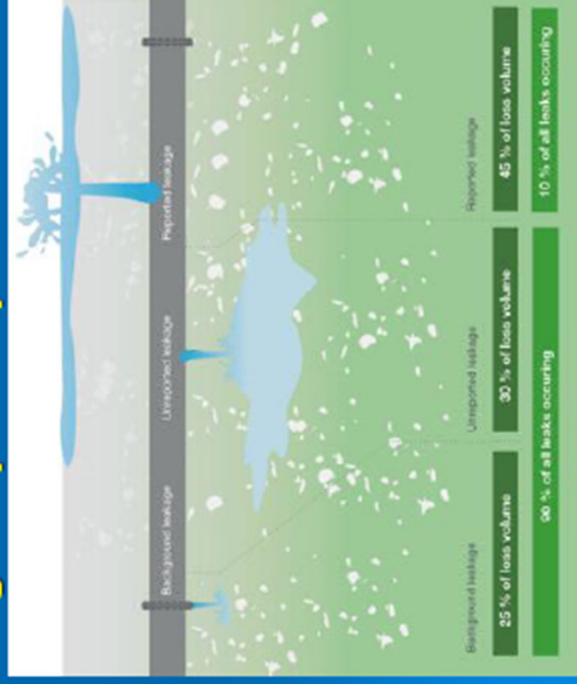
- Roturas com caudal moderado (> ≈ 500 l/h a 50 mca\*);
- Detecção depende de existência de política activa de controlo de fugas;

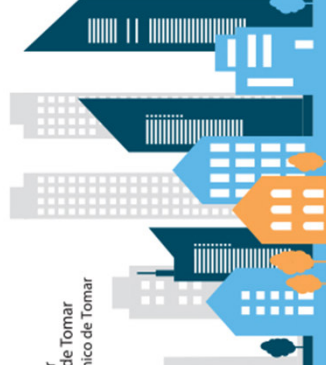


\* Valores reportados para o Reino Unido. Outros países usam valor mais baixo: 0,25 m<sup>3</sup>/h



- **Perdas de base** (“background losses”):
  - Agrega roturas com caudal muito baixo ( $< \approx 500$  l/h a 50 mca);
  - Se não forem visíveis são de detecção muito difícil com os equipamentos existentes;
  - Permanecem por longos períodos de tempo.
- **Fugas e perdas por transbordo em reservatórios.**





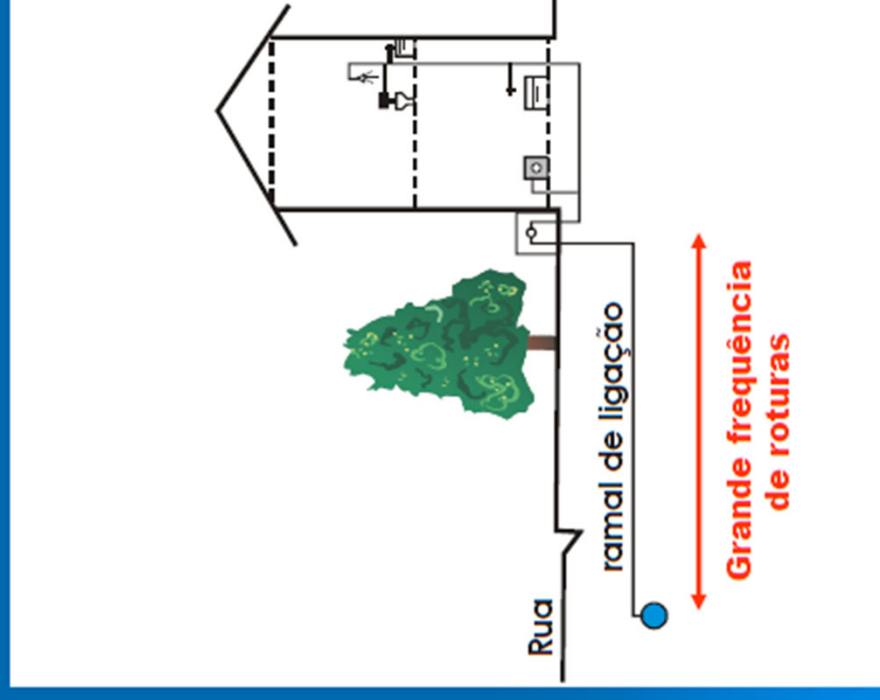
- Experiência revela fugas frequentes nos ramais de ligação:

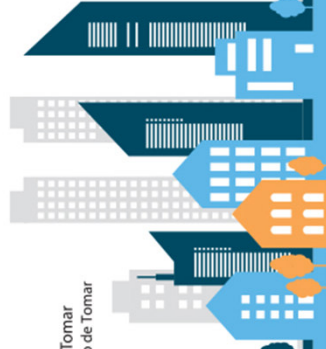
- São pequenas fugas;
- Podem permanecer por longos períodos de tempo;

- Em Inglaterra, legislação especial, devido a seca, obrigou algumas companhias a reparações de fugas em ramais de ligação;

- Redução do volume de fugas foi tão significativo que originou extensão da legislação a todas as companhias;

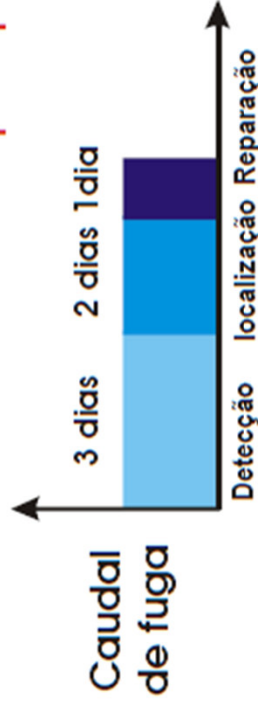
- Realça o princípio de que as fugas dependem de 2 variáveis: caudal de fuga e duração da fuga





- De facto, pequenas fugas podem gerar maior volume de perdas:

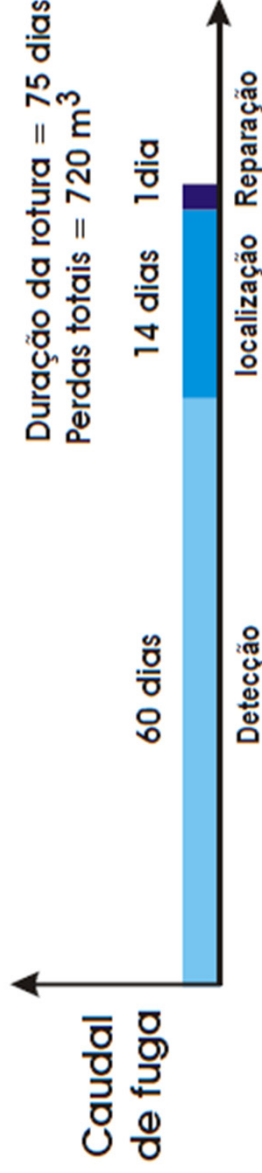
**Rotura de conduta principal com caudal de 4 m<sup>3</sup>/h**



Duração da rotura = 6 dias  
 Perdas totais = 576 m<sup>3</sup>



**Rotura de conduta com caudal de 0.4 m<sup>3</sup>/h**



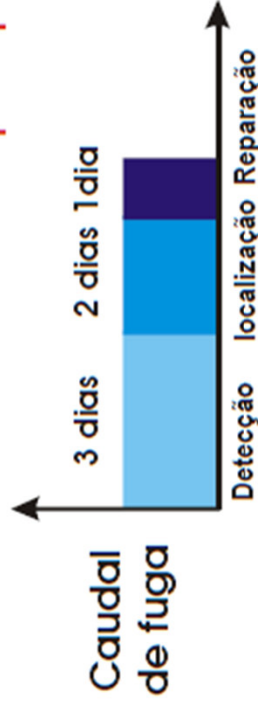
Duração da rotura = 75 dias  
 Perdas totais = 720 m<sup>3</sup>





- De facto, pequenas fugas podem gerar maior volume de perdas:

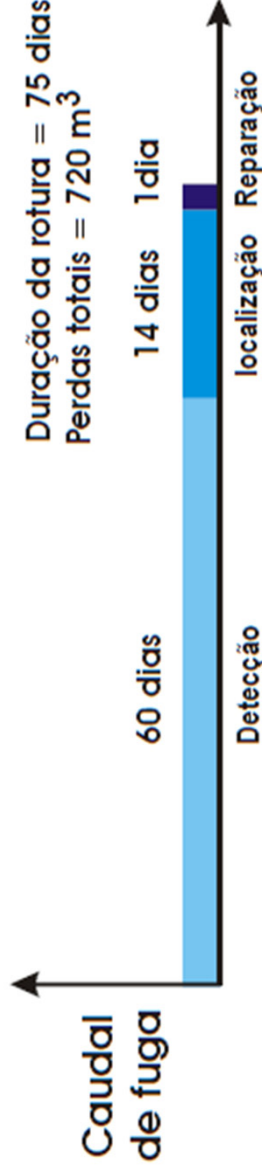
**Rotura de conduta principal com caudal de 4 m<sup>3</sup>/h**



Duração da rotura = 6 dias  
 Perdas totais = 576 m<sup>3</sup>



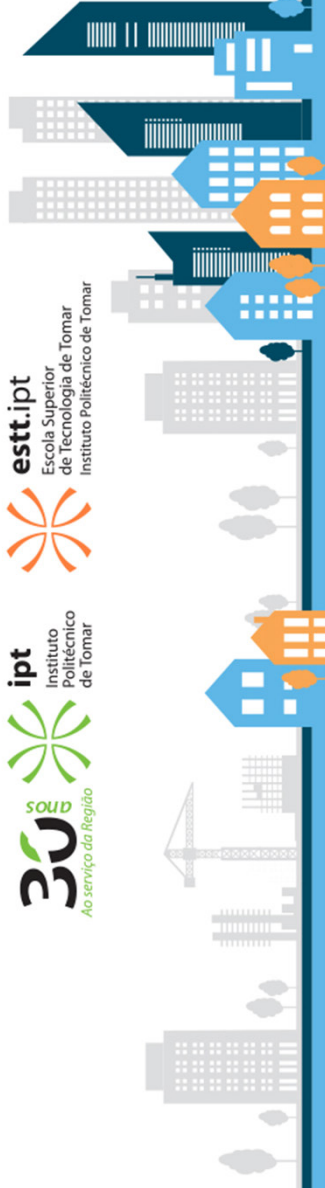
**Rotura de conduta com caudal de 0.4 m<sup>3</sup>/h**



Duração da rotura = 75 dias  
 Perdas totais = 720 m<sup>3</sup>

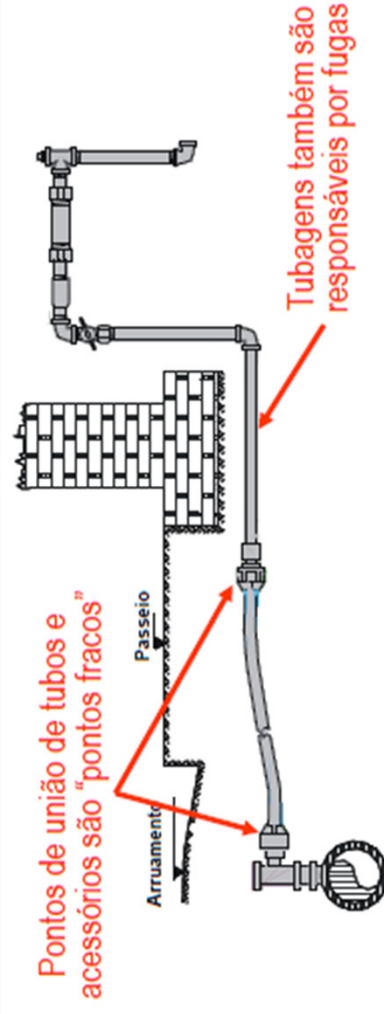


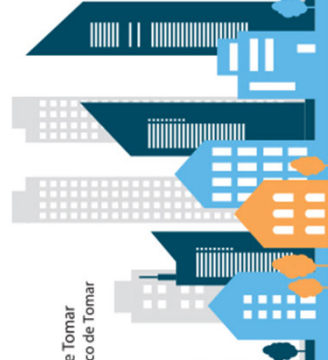




- Estudos sobre localização, frequência, duração e caudais dos diferentes tipos de fugas permitiram concluir:
  - Perdas de base predominam nos ramais domiciliários;
  - Frequência de fugas nos ramais é >> que a verificada nas condutas;
  - Nos ramais:
    - Caudais de fuga são tendencialmente menores;
    - Frequência e duração das fugas são tendencialmente maiores;
    - Volume total de fugas é superior ao verificado nas condutas.
  - Esta tendência inverte-se para densidade de ramais inferior a  $\approx 20/\text{km}$ .

**"Pontos fracos" nos ramais domiciliários**





## CAUSAS DAS PERDAS APARENTES

- Erros na medição de caudal:
  - Erros na macromedição (á saída de reservatórios, EE);
  - Erros na micromedição (contadores domiciliários).
  - Causas possíveis dos erros de medição:
    - Contadores descalibrados;
    - Contadores incorrectamente instalados;
    - Incrustações;
    - Contadores incorrectamente dimensionados (sobredimensionamento provoca submedição).



## CAUSAS DAS PERDAS APARENTES

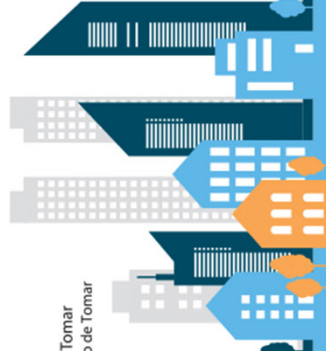
### Erros/falhas dos registos:

- Arredondamentos para efeito de facturação;
- Erros de registo;
- Uso de estimativas em vez de consumo real.

### Uso não autorizado:

- Ligações clandestinas;
- Uso fraudulento de marcos e bocas de incêndio.





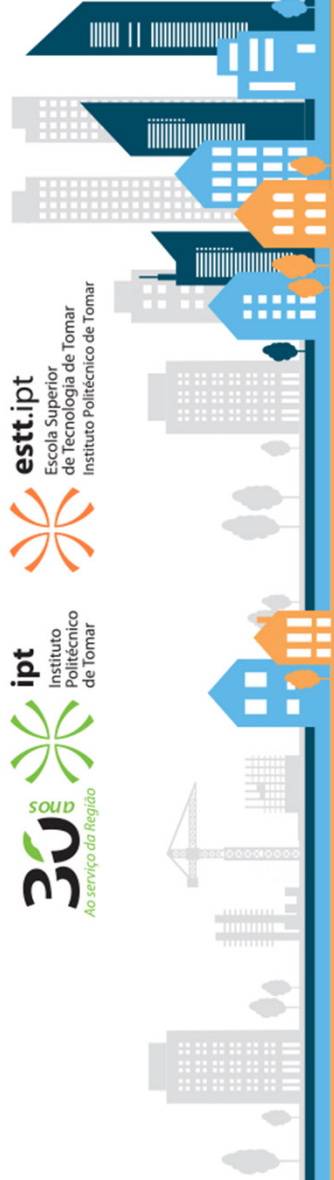
## DIMENSÕES DO PROBLEMA DAS PERDAS

### Dimensão económico-financeira das perdas de água em Portugal:

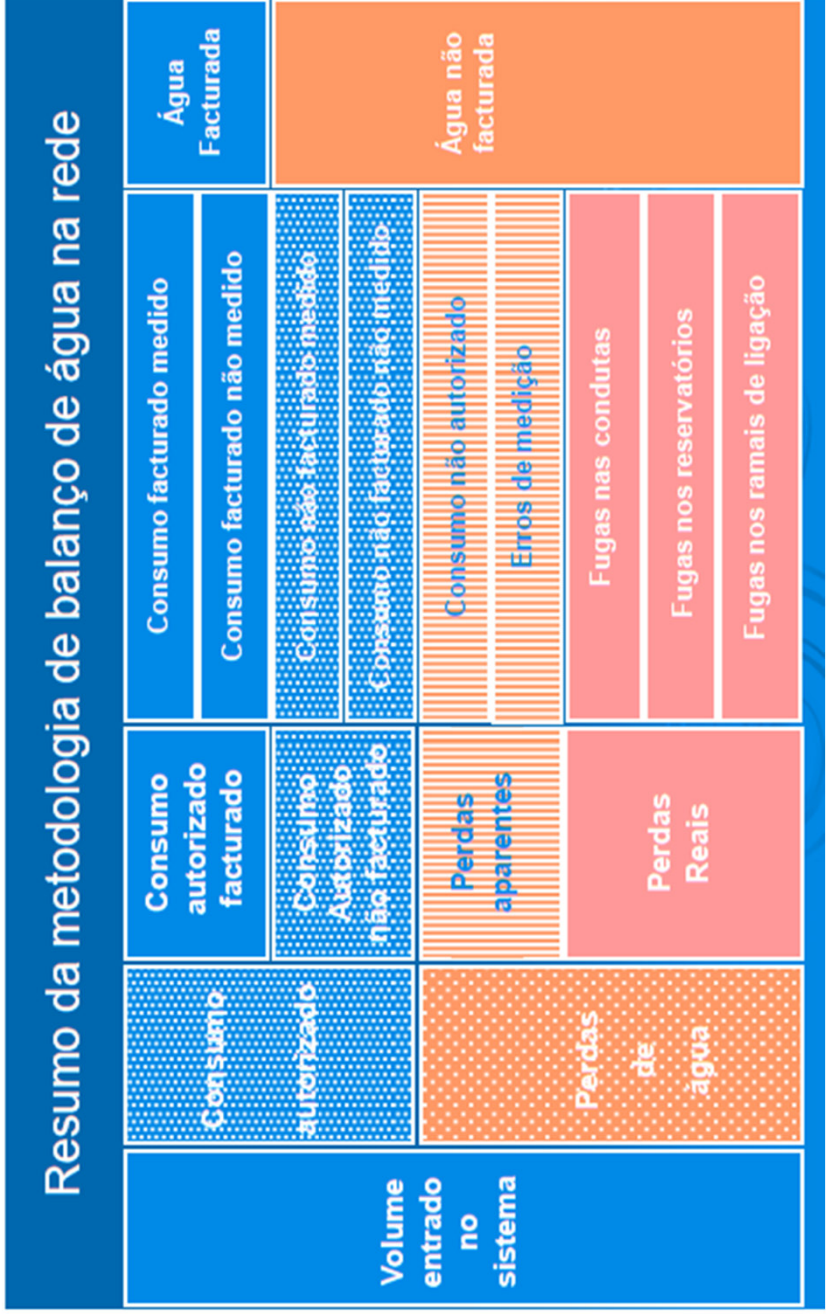
População residente	10,356,000
Capitação total de água (l/hab/d)	207
Perdas totais médias (%)	35%
Parcela de perdas reais (%)	60%
Custos correntes médios (€/m <sup>3</sup> )	0.5
Custos de venda médios (€/m <sup>3</sup> )	0.53
Percentagem recuperável (%)	50%
Perdas totais ano (m <sup>3</sup> /ano)	273,856,653
Perdas reais (m <sup>3</sup> /ano)	164,313,992
Perdas aparentes (m <sup>3</sup> /ano)	109,542,661
Valor do produto recuperável (€/ano)	82,156,996
Valor de vendas recuperável (€/ano)	58,057,610
Valor efectivo do produto recuperável (€/ano)	41,078,498
Valor efectivo de vendas recuperável (€/ano)	29,028,805
Dimensão do mercado (€/ano)	70,107,303

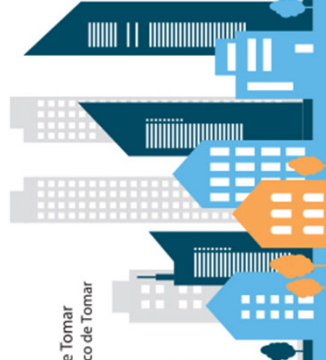
**Valor aproximado de 70 milhões de euros/ano**

Recuperação de 50% das perdas reais  
 Idem para as perdas aparentes



# METODOLOGIA DE BALANÇO HÍDRICO





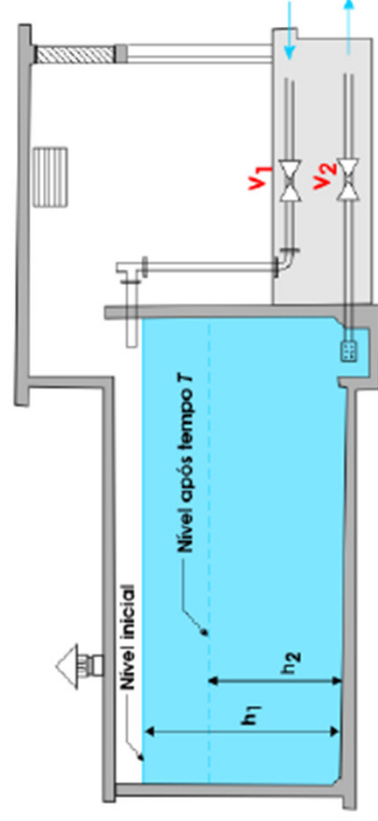
## AVALIAÇÃO DAS FUGAS EM RESERVATÓRIOS

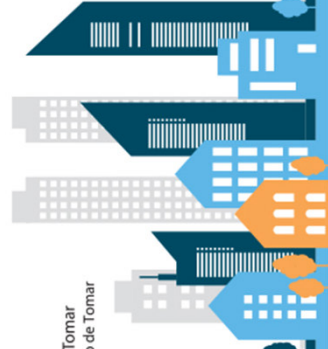
- As perdas através das paredes e fundo podem ser avaliadas por um teste de rebaixamento de nível:

$$Q_f = \frac{(h_1 - h_2)A}{T} \quad (\text{m}^3/\text{h})$$

$h_1, h_2$  – altura de água inicial e final (m)  
 $A$  – área superficial da célula (m<sup>2</sup>)  
 $T$  – duração do teste (h)

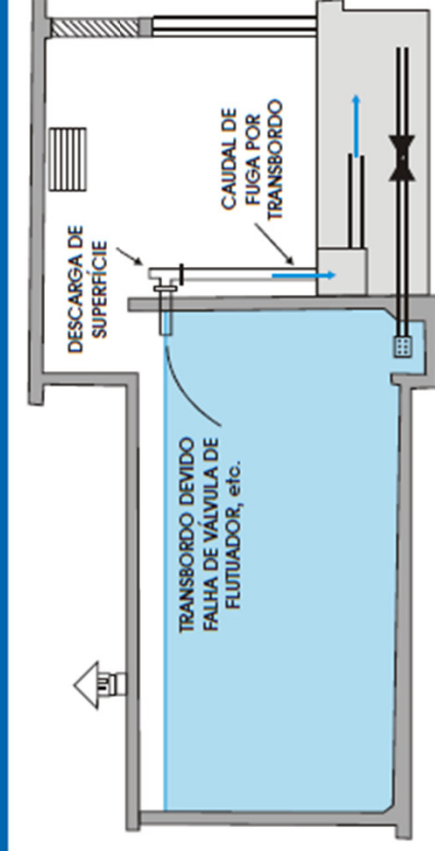
### TESTE DE REBAIXAMENTO DE NÍVEL

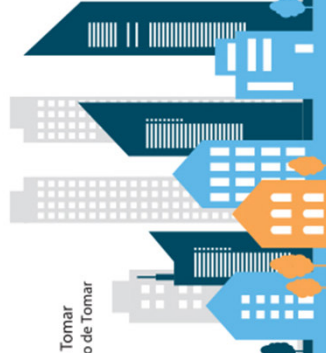




## AVALIAÇÃO DAS PERDAS POR TRANSBORDO

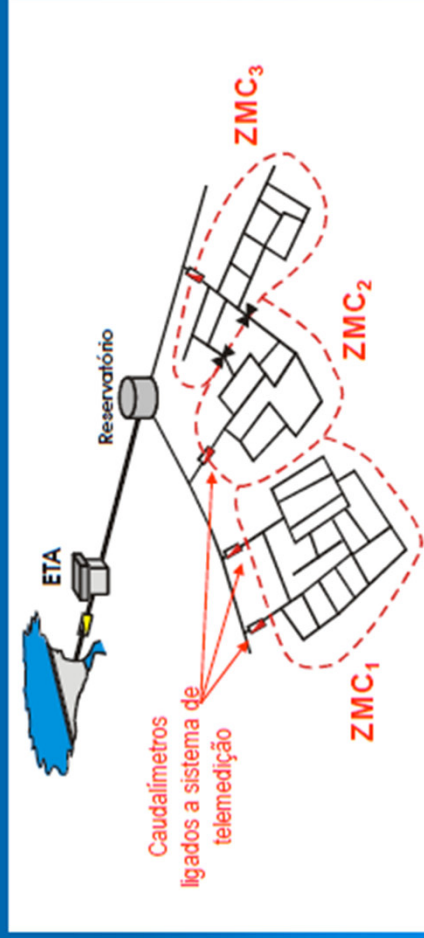
- Fugas por transbordo podem detectar-se:
  - Usando informação do sistema de telegestão;
  - Colocando balde sob a descarga de superfície verificando, passados dias, se houve recolha de água;
  - Colocando palha no tubo ladrão verificando, passados dias, se ela foi arrastada.





## AVALIAÇÃO DO CAUDAL NOCTURNO

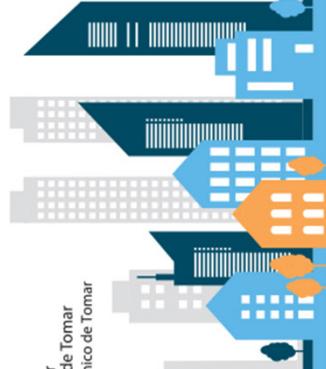
- Por estabelecimento de zonas de medição e controlo (ZMC) permanentes:
  - Rede é sectorizada em zonas de 1000 a 5000 propriedades;
  - Cada zona é dotada de caudalímetros com registo contínuo de caudais;
  - Deve usar-se caudalímetro com boa precisão para caudais mínimos nocturnos (e.g. electromagnéticos);
  - Software de telegestão faz tratamento da informação nocturna.



Caudalímetro electromagnético Aquamaster







## DATALOGGERS

- São dispositivos electrónicos de registo de caudal, pressão, etc.

Multi Log - Parmer



Datalogger ligado a medidor de caudal intrusivo

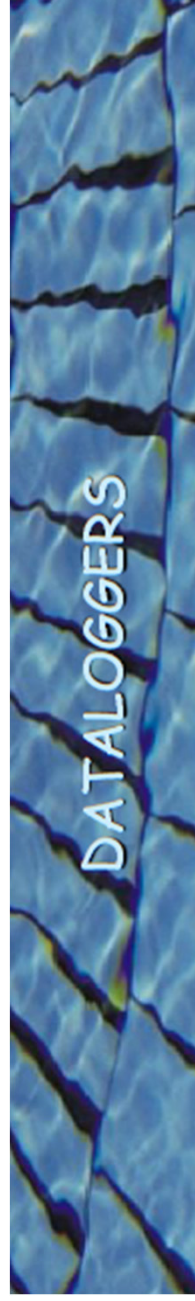
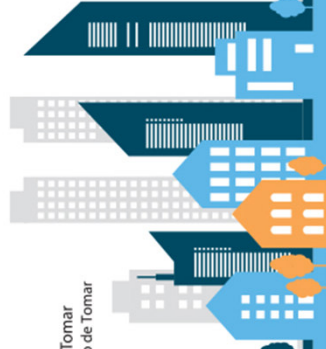


Xilog - Primayer

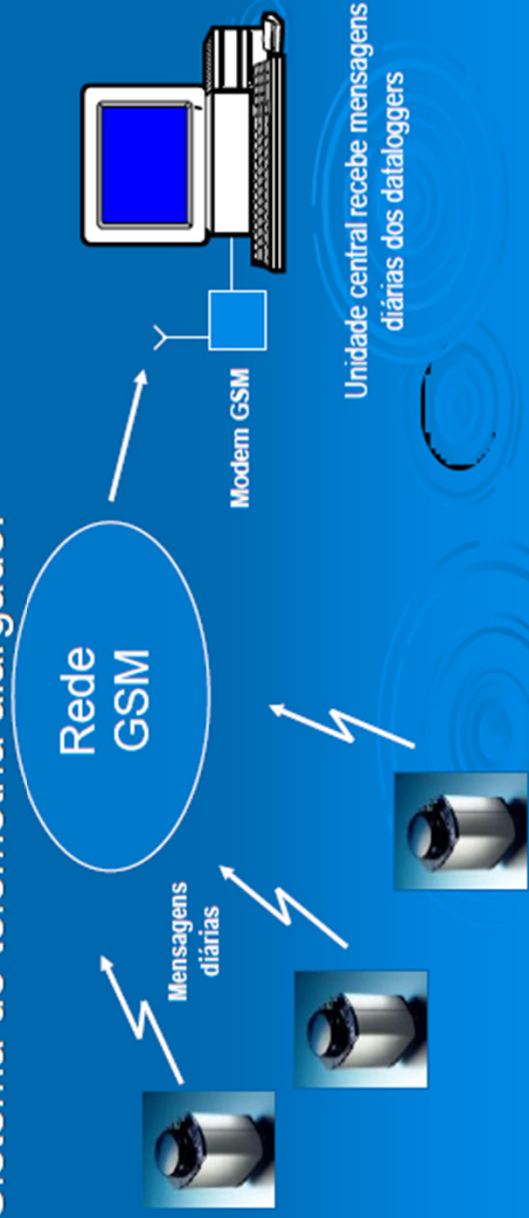


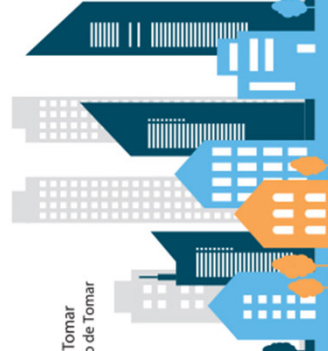
Datalogger instalado em B.I. a medir pressão





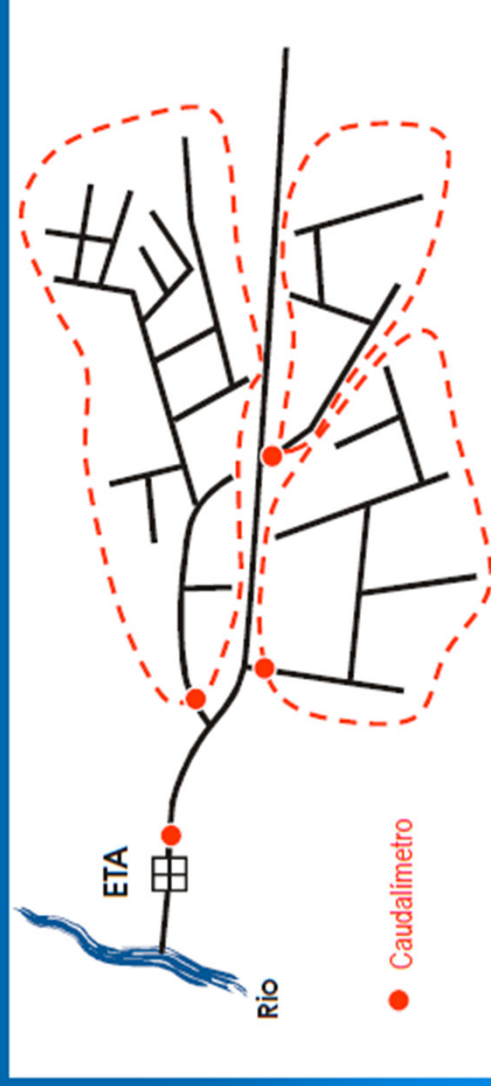
- Podem ficar ligados a central remota via rede GSM:
  - Via SMS;
  - Via GPRS;
- Sistema de telemetria alargado.

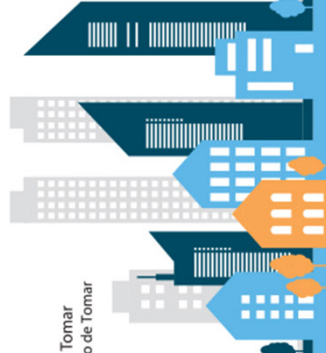




## ZONAS DE MEDIÇÃO E CONTROLO - ZMC

- O que são as ZMC's ?:
  - Sub-divisões da rede geral com 2000 a 5000 consumidores;
  - Com fronteiras permanentes (se necessário por fecho de válvulas);
  - Com caudais monitorizados em todos os pontos de alimentação.

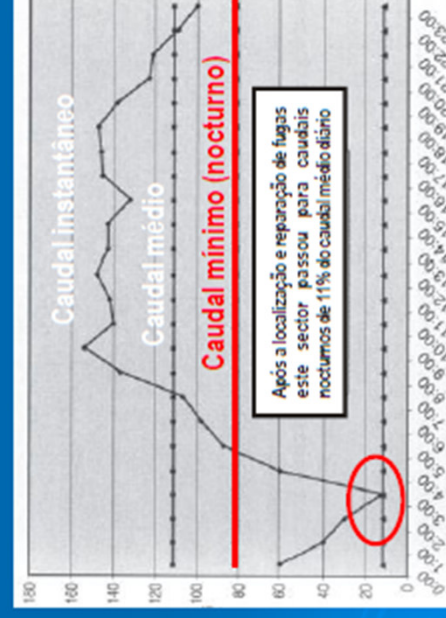
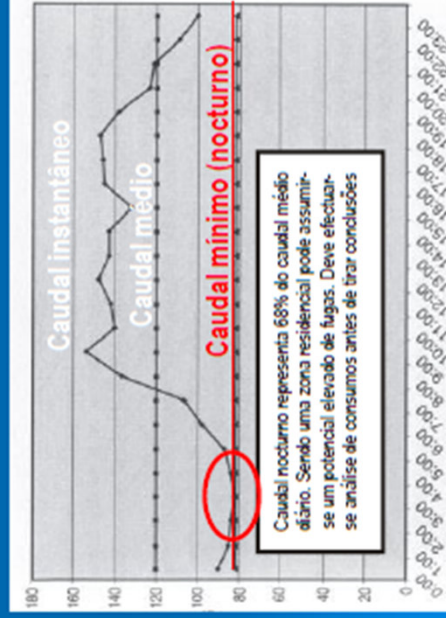




## ZMC's NA DETECÇÃO DE FUGAS

As ZMC's permitem detectar fugas por comparação do caudal nocturno com caudal médio diurno:

- Razão elevada  $Q_{\text{nocturno}}/Q_{\text{médio}} \rightarrow$  potencial elevado de fugas;
- Não aplicável a zonas com elevado consumo nocturno.





## CAMPANHAS DE AUSCULTAÇÃO DA REDE

- Consiste em percorrer toda zona em estudo com equipamento de detecção do ruído das fugas;
- Aparelhos utilizados:
  - Microfones de vara;
  - Microfones de solo;
  - Correlacionadores acústicos.
- Técnica menos usada na detecção de fugas devido a custos elevados e menor eficiência (usada na localização de fugas).



**Encontro**  
**30 ANOS** **Engenharia**  
**Civil** 1986 - 2016  
Instituto Politécnico de Tomar

