

## 1. Introdução

### 1.2. Objectivos e metodologia

O objectivo deste trabalho é em primeiro lugar realçar a importância da reabilitação nos dias de hoje nomeadamente nas redes de abastecimento de água, elucidando os conceitos de reabilitação, técnicas e tecnologias existentes de reabilitação sem abertura de vala.

Posteriormente foi estudado o caso de uma conduta distribuidora de água, troço principal de um sistema de abastecimento de água existente em Samora Correia, onde existem roturas sucessivas, sendo a entidade gestora a empresa municipal Águas do Ribatejo. Realiza-se neste trabalho o levantamento do estado da arte, e a análise das patologias deste caso estudo em concreto. Aborda-se algumas das técnicas hoje disponíveis para reabilitar as mesmas, com o mínimo de constrangimentos e impacto social, técnicas sem abertura de vala.

Na segunda parte do trabalho, faz-se a escolha de uma da técnica de reabilitação da conduta de abastecimento sem abertura de vala que mais se adequa ao caso de estudo em concreto, fundamentado essa escolha. São feitas as telas de projecto para essa reabilitação sem abertura de vala, e para uma reabilitação com abertura de vala, mapas de medições, e orçamentos, para posteriormente serem comparadas em termos de custos, vantagens e desvantagens de cada uma.

### 1.3. Situação portuguesa actual

Muitas redes de distribuição de água e de drenagem de águas residuais europeias foram construídas após as grandes guerras mundiais e estão a atingir o fim da sua vida útil. As tubagens apresentam sintomas de deterioração claros, com tendência para aumento de roturas, de perdas de água e de reclamações sobre a qualidade da água e a eficiência dos serviços. (Guia Técnico 16 – Gestão Patrimonial de infra-estruturas de abastecimento de água – Uma abordagem centrada na reabilitação).

Portugal tem hoje 90% da população coberta com sistemas de abastecimento de água e 70% com sistemas de saneamento de águas residuais, (Baptista, J. M.; Matos, M. R.; O saneamento básico em Portugal, Série Gestão de Sistemas de Saneamento Básico, Volume 1, LNEC, Lisboa, 1995) o que é já um numero bastante satisfatório no abastecimento e está ao nível dos outros países europeus desenvolvidos. Nestes termos, a construção nova destas infra-estruturas tem tendência a reduzir, e é já claro e notório que o mercado da reabilitação está em crescimento, daí começar agora a fazer mais sentido os investimentos na reabilitação destas infra-estruturas, onde algumas já estão fora do seu tempo de vida útil, tendo muitas mais de 50 anos, e construídas em materiais hoje obsoletos. Estima-se que actualmente estas infra-estruturas correspondam a um património no valor de  $9500 \times 10^6$  Euros, (valor retirado de: MAOT, Plano Estratégico de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais (2000-2006)) onde temos uma ideia de que estas infra-estruturas não têm, em média mais de 50 anos de tempo de vida útil. De acordo com as recomendações do ERSAR, as entidades gestoras deveriam ter como politica substituir cerca de 2% por ano das redes existentes, numero mínimo que, e analisando, tem muita lógica, visto que se as entidades cumprissem este numero, seria necessário 50 anos para substituir a totalidade da rede (os 100%), os tais 50 anos de vida útil media destas tubagens. Ora 2% do valor patrimonial destas infra-estruturas atrás indicado, dá cerca de  $190 \times 10^6$  Euros, sendo este, o valor que consideramos que deverá ser o mercado na reabilitação destas infra-estruturas.

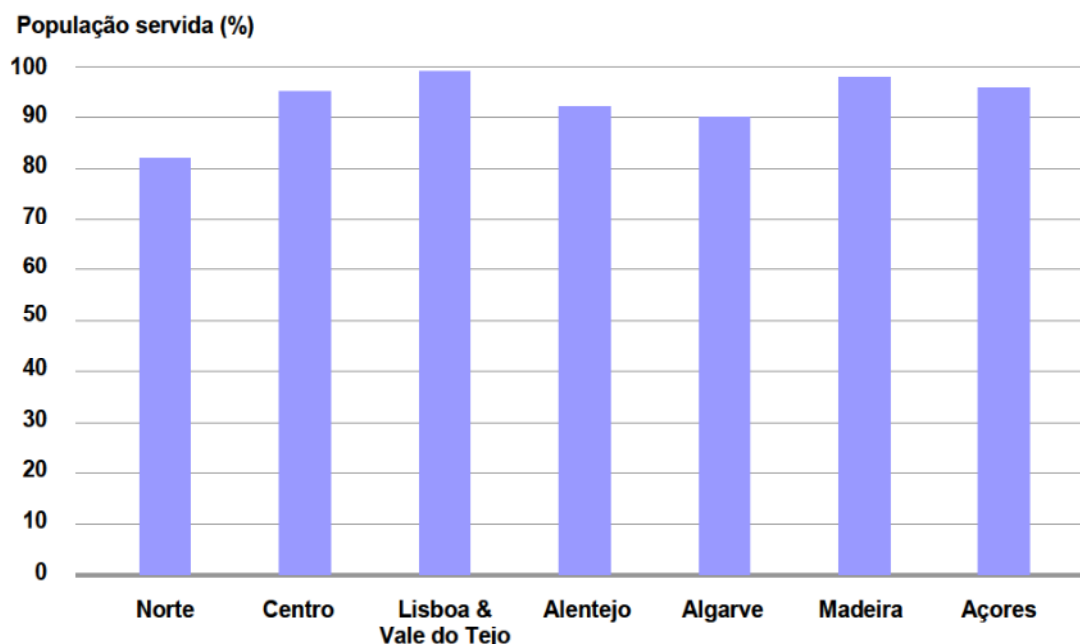


Ilustração 1 - População servida em abastecimento de água em 2006.

### 1.3.1. Tendências futuras

De acordo com o III Quadro Comunitário Apoio, investiram-se em Portugal cerca de  $4.500 \times 10^6$  de Euros no período 2000-2006 para atingir níveis de cobertura no abastecimento de água, e de saneamento 95% e 90% respectivamente.

A empresa intermunicipal Águas do Ribatejo (AR) tem como plano de investimentos cerca de 135 milhões de euros em sistemas de drenagem e tratamento de águas residuais e de abastecimento de água, a realizar até 2015. Onde cerca de 45 Milhões serão investidos na reabilitação, em que uma parte será nas instalações em Alta como os depósitos de abastecimento de água, ETAR e EE e posteriormente serão alvo de reabilitação as redes de distribuição de água, e drenagem de águas residuais domésticas em Baixa, onde já se iniciaram alguns estudos, tal como execução e ou actualização de cadastro das redes, verificações e mapeamento de reclamações de insuficiência de pressão e de qualidade de água.

### 1.3.2. Novas prioridades

As novas prioridades tenderão a centrar-se na:

Melhoria da exploração dos sistemas

Reabilitação dos sistemas degradados

Dados os avultados investimentos em jogo, torna-se indispensável fundamentar bem as decisões de “quanto”, “onde”, “quando” e “como” reabilitar as redes, com base em critérios técnicos, operacionais e socioeconómicos. Estas decisões são dificultadas pelo facto de se tratar de infra-estruturas enterradas que não podem ser facilmente inspeccionadas, pelo que é necessário recorrer a métodos de diagnóstico e apoio a decisão indirectos. (Guia Técnico 16 – Gestão Patrimonial de infra-estruturas de abastecimento de água – Uma abordagem centrada na reabilitação)

### 1.3.3. Necessidade de reabilitação

A necessidade de reabilitação resulta da progressiva redução da qualidade de serviço aos utentes por:

Progressivo envelhecimento dos sistemas, os mais antigos ultrapassando já os cem anos de vida útil;

Deterioração precoce por deficiências ao nível de planeamento, concepção, projecto, construção, operação e manutenção.

### 1.3.4. Ocorrência de roturas

Na ilustração 2, indicam-se o número de roturas anual por cada 100km de conduta, nos subsistemas em Portugal, comparativamente com a Europa, e países desenvolvidos dos E.U.A., e Canadá.

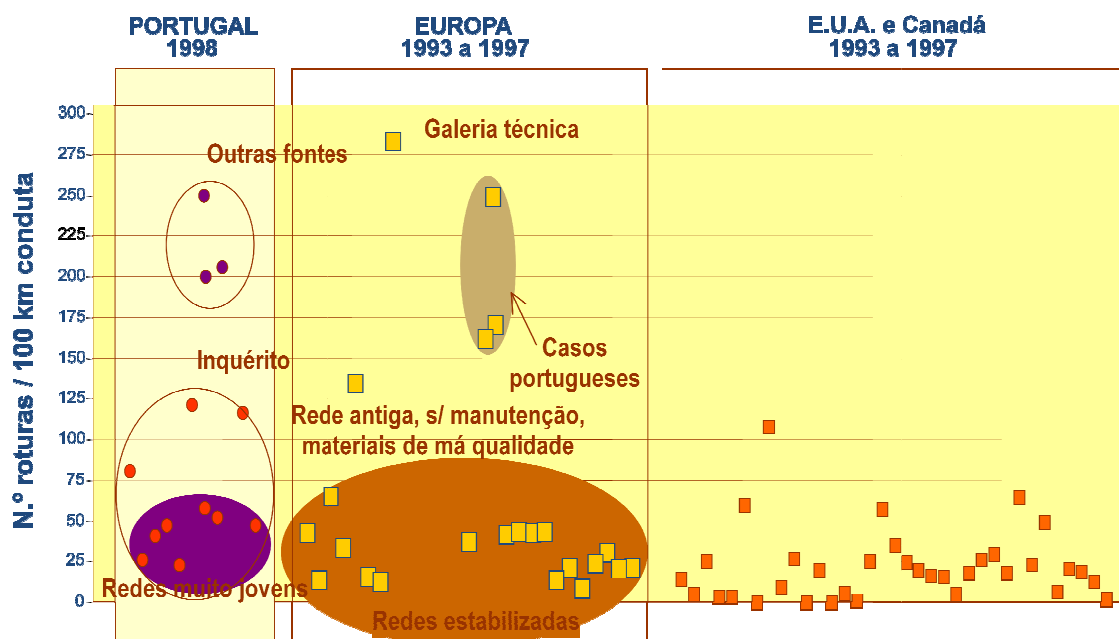


Ilustração 2 - nº de roturas / 100km conduta. Comparativo mundial

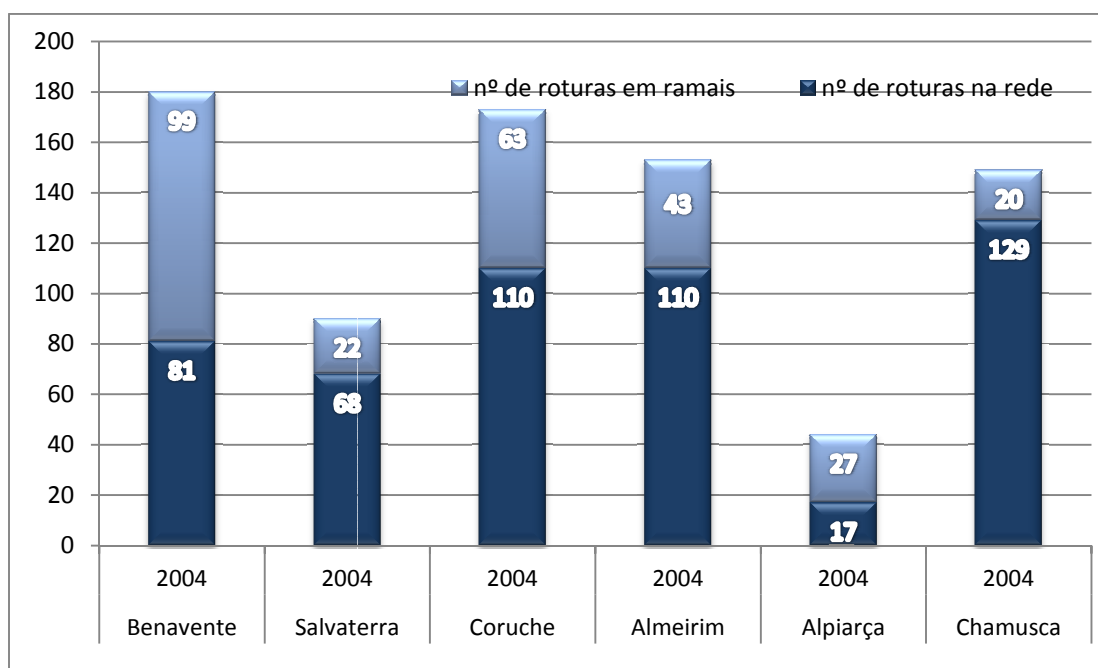


Ilustração 3 - Numero de roturas reais nas redes em 2010 nos diversos municípios onde a AR é entidade gestora (Relatório anual de Gestão 2010 - AR)

Na ilustração 3, indicam-se o número de roturas dos diversos municípios onde a Águas do Ribatejo é entidade gestora. Estes números são difíceis de analisar em comparação com o gráfico da ilustração 2 pela dificuldade de aferir a extensão das redes, visto ainda estar em curso a execução do cadastro nalgumas zonas, e sem este não conseguimos aferir os comprimentos de condutas existentes. Contudo, e de acordo com o conhecimento prático conseguimos comparar estes seis municípios, e aferir, de certo modo as preocupações.

Pensámos que **Coruche**, devido a ser o Município com maior área geográfica e com mais sistemas de abastecimento (25 subsistemas de abastecimento) o número de roturas na rede de 110 não é o mais preocupante visto que existem cerca de 450km de condutas distribuidoras existentes, o que dá cerca de 24 roturas/ano/100km (vinte e quatro roturas por ano por cada 100km's de condutas), que comparativamente às situações da ilustração 2 está dentro das redes estabilizadas. Pensamos ser dos municípios onde já se tinha implementado a alguns anos a substituição das condutas obsoletas (em fibrocimento e ferro) por PVC em bastantes km's de rede. Já as roturas dos ramais, e visto termos zonas

com muito baixa densidade, ou seja redes muito extensas com poucos ramais poderá ser um numero preocupante.

**Alpiarça** é o município com menor número de habitantes (cerca de 8.000), e menor área geográfica, onde deverá ter as redes com menores comprimentos, e por esse motivo o número apesar de não parecer preocupante poderá ser, se avaliando o número de roturas anuais por cada 100 kms.

**Chamusca** deverá ser o segundo menor município (cerca de 11.000 hab.), onde temos um enorme número de roturas. A explicação é devida a que neste número está incluído as roturas que ocorrem numa conduta adutora com cerca de 8km que abastece todo o centro da vila da Chamusca a partir de Vale de Cavalos. Esta conduta é em PVC, e em situação de verão onde, devido ao caudal de consumo da vila, necessita de trabalhar os três grupos hidropressores dando uma pressão na zona mais baixa e junto á EE de cerca de 9kg/cm<sup>2</sup>, sendo a conduta da classe PN10, facilmente se ultrapassa os 10Kg/cm<sup>2</sup> nos arranques e paragens das bombas devido ao golpe de aríete, dai as sucessivas roturas.

Almeirim é também dos municípios mais preocupantes, visto não ter redes muito extensas, contudo também se explica este numero elevado de roturas devidas a obras nos novos sistemas de abastecimento em alta, que com as aberturas de valas causaram muitas roturas nas condutas distribuidoras existentes e frágeis em fibrocimento que a obra foi encontrando.

**Salvaterra de Magos** será o terceiro maior município em termos de extensão de redes, visto isto o numero de roturas na rede não é o mais preocupante apesar de as redes serem na sua maioria em fibrocimento.

**Benavente** é o maior município em termos de população (28.000hab.), e talvez o segundo maior em termos de extensão de redes, sendo também o que tem maior densidade populacional. Visto isso, cada rotura de água causa um maior transtorno e impacto social, comparando com qualquer outro município, dado as redes terem poucas válvulas de seccionamento funcionais, causando a interrupção do abastecimento a um número grande de habitantes por cada rotura. Este município deverá ser o que maior número de ramais

têm, e comparativamente deve este número estar bem acima do município de Coruche, daí o número de roturas em ramais ser bastante mais elevado.

De forma a ter uma comparação mais fidedigna, analisemos o número de habitantes em cada um dos conselhos, no gráfico da ilustração 4, este número poderá facilmente ter a mesma configuração ou comparação que o número de ramais existentes.

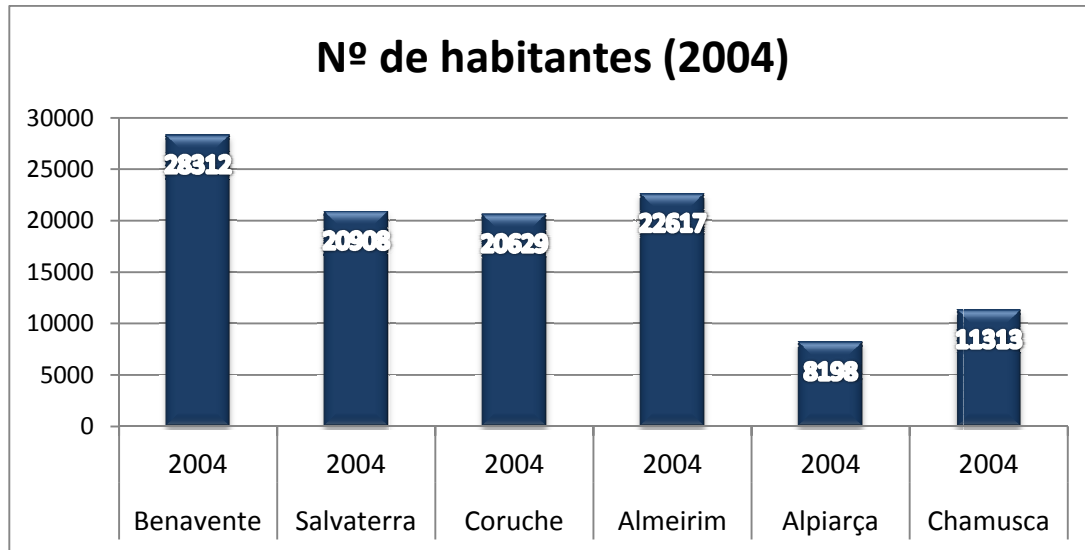


Ilustração 4 - População dos diversos conselhos em 2004

Dividindo o número de roturas, pelo número de habitantes, ficamos com um gráfico com o seguinte aspecto (ver ilustração 5).

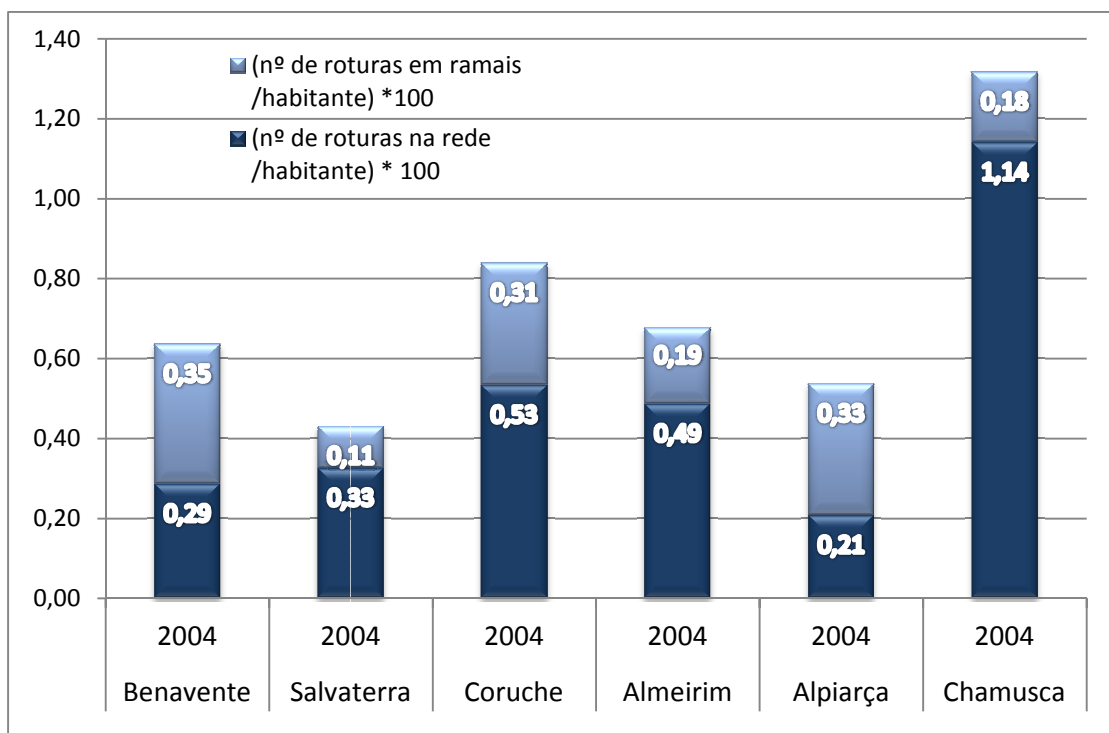


Ilustração 5 - nº de roturas por habitante x100

Analisando, e visto o que já foi dito anteriormente, Chamusca destaca-se, pois não tem muita população servida e tem um enorme número de roturas, principalmente na adutora á vila, onde aqui se pode perceber a importância da resolução desse problema. Também este município recebeu obras, nomeadamente na execução de redes novas de saneamento que ocasionaram em 2010 bastantes roturas no abastecimento, agravando esse número.

Sobre Coruche mantêm-se o que foi dito anteriormente, é um município com muita extensão de rede para pouca população, onde o número de roturas por km de condutas não deve ser elevado. (aqui não se poderá comparar). Existiu aqui neste município uma grande preocupação política em abastecer a maior número de pessoas possível, onde se executou redes com grandes extensões em locais de muito pouca população.

Salvaterra de Magos parece ser o menos preocupante em termos de número de roturas, destacando então Benavente e Almeirim como os segundos mais preocupantes, sendo que Benavente se destaca mais nos ramais e Almeirim nas redes.

## 1.4. Conceitos associados à reabilitação

É importante definir a terminologia a utilizar na área da reabilitação, na medida em que é relativamente nova dentro do sector e no contexto nacional.

Pretendem-se conceitos que traduzam o sentido de melhoria do desempenho de sistemas existentes resultante de intervenção física sobre eles, alterando-se as suas características geométricas, dimensionais e/ou dos materiais utilizados. Exclui-se portanto a melhoria dos sistemas que resulte, por exemplo, de medidas de operação ou de acções de manutenção corrente.

### 1.4.1. Reabilitação:

**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. Na ilustração 6 indicam-se os subconceitos associados á reabilitação, com correspondência da natureza das anomalias.

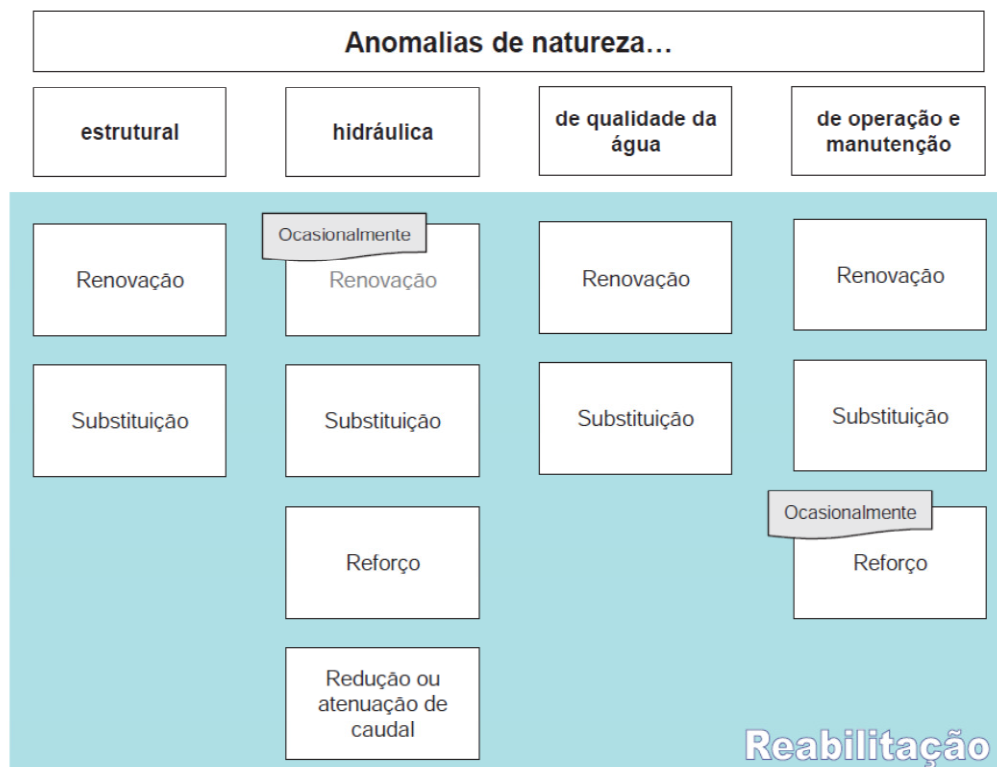


Ilustração 6 - Conceitos associados á natureza das anomalias

#### 1.4.2. Renovação:

**Renovação** é uma intervenção de reabilitação - estrutural, hidráulica ou de qualidade da água - sobre um componente do sistema existente, com o seu aproveitamento funcional e sem aumento da capacidade de utilização original.

#### 1.4.3. Substituição:

**Substituição** é uma intervenção de reabilitação - estrutural, hidráulica ou de qualidade da água - sobre um componente do sistema existente, com a sua desactivação funcional e construção ou instalação de um novo componente, tendo este último funções e capacidade semelhantes ou distintas às do existente.

#### 1.4.4. Reconstrução:

**Reconstrução** é um caso particular da substituição e consiste numa intervenção de reabilitação com construção de uma nova tubagem para substituição de uma tubagem

existente que é colocada fora de serviço, tendo a nova tubagem funções e capacidade semelhantes às da existente (ex. com o mesmo diâmetro). Pode incluir inserção de tubagem no interior da existente. A reconstrução não é um subconjunto da renovação.

#### 1.4.5. Reforço:

**Reforço** é uma intervenção de reabilitação hidráulica sobre um componente do sistema existente, com a construção de um componente adicional, que complementa a capacidade do componente existente ou constitui uma alternativa a ele.

## 2. Indicadores de desempenho

A tabela 1 transcreve os indicadores de desempenho mais relevantes no contexto da GPI para as entidades gestoras que em 2007 eram reguladas. Não existe ainda informação para as restantes entidades gestoras. Estes resultados evidenciam que a frequência de avarias em condutas e ramais está em média acima dos valores internacionalmente recomendados. Este facto é, em grande parte, explicado pelas baixas taxas de reabilitação que ocorrem em Portugal, inferiores aos valores de referência considerados adequados. O caso dos sistemas de adopção regulados não é particularmente grave a este respeito. Há alguns sistemas com taxas praticamente nulas, por serem sistemas muito jovens, alguns deles ainda em fase de construção. Por outro lado, existem alguns sistemas mais antigos onde se observa um investimento muito significativo em reabilitação, acima dos valores de referência, manifestando um esforço de recuperação face a degradação de desempenho observada nos últimos anos. Os restantes sistemas situam-se dentro, ou muito próximo, da gama de referência (ERSAR, 2009). No anexo 1, acrescentam-se a listagem de todos dos indicadores de desempenho recomendados pelo ERSAR.

Tabela 1 - Desempenho infra-estrutural das entidades gestoras reguladas, de acordo com o RASARP 2008, ERSAR, 2009, IRAR, 2008b

Sector e indicador	Valores Média ponderada					Intervalo de referência (Bom desempenho)
	2004	2005	2006	2007	2008	
<b>Abastecimento de água: produção e adução</b>						
AA 11 – Cumprimento do licenciamento das captações de água (%)	90	64	67	64	60	100
AA 12 – Utilização das estações de tratamento (%)	70	62	66	64	67	70-90
AA 13 – Capacidade de reserva de água tratada (dias)	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	* 1
AA 14 – Reabilitação de condutas (%/ano)	3,0	1,8	1,3	0,6	0,4	1-2
AA 16 – Avarias em condutas (n.º/100 km/ano)	16	12	12	11	8	0 -15
AA 18 – Ineficiência de utilização dos recursos hídricos (%)	4,2	3,2	3,0	4,1	4,1	0 - 4
AA 19 – Eficiência energética de instalações elevatórias (kWh/m3/100 m)	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,27 - 0,4
<b>Abastecimento de água: distribuição</b>						
AA 13 – Capacidade de reserva de água tratada (dias)	1,3	1,4	1,4	1,4	1,5	* 1
AA 14 – Reabilitação de condutas (%/ano)	0,9	1,6	1,3	0,8	0,9	1-2
AA 15 – Reabilitação de ramais (%/ano)	2,2	2,9	2,6	2,3	2,0	2
AA 16 – Avarias em condutas (n.º/100 km/ano)	99	81	67	63	55	0-15
AA 18 – Ineficiência de utilização dos recursos hídricos (%)	18,6	16,9	15,8	15,2	14,1	0-15
AA 19 – Eficiência energética de instalações elevatórias (kWh/m3/100 m)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,27 - 0,4

Fonte: ERSAR, 2009, IRAR, 2008b

### 3. Tipos de deficiências

As deficiências de concepção dos sistemas de abastecimento de água, poderão originar no cliente final várias anomalias, como por exemplo os seguintes:

**-Pressão reduzida** a horas de maior consumo, para o caso de condutas na rede subdimensionadas, ou aprovação de projectos de loteamentos ou prédios altos com erros de projecto e sem hidropressores quando necessário, aumento de redes de abastecimento sem verificação e simulação hidráulica global;

**-Pressão excessiva**, e consequentemente roturas na rede, ou prediais, nas zonas baixas, para o caso de sistemas em zonas de maiores declives com poucos níveis de pressão;

A falta de **qualidade de água** devido a um sobredimensionamento de uma conduta que origina uma velocidade de escoamento da água reduzida nessa conduta, podendo provocar a falta de hipoclorito nas pontas mais afastadas da rede (e suas consequências associadas), e/ou provocar incrustações e deposição de várias matérias presentes na água na tubagem, que com alguma alteração ao normal funcionamento que aumente a velocidade do escoamento (por exemplo uma rotura, ou utilização de um marco de incêndio) se poderão soltar e alterar a qualidade da água (turvação, cor, sabor, etc.). As incrustações também poderão originar problemas hidráulicos a longo prazo, com a redução da secção útil e aumento das perdas de carga. As ilustrações 7, 8 e 9 são exemplos dessas incrustações;

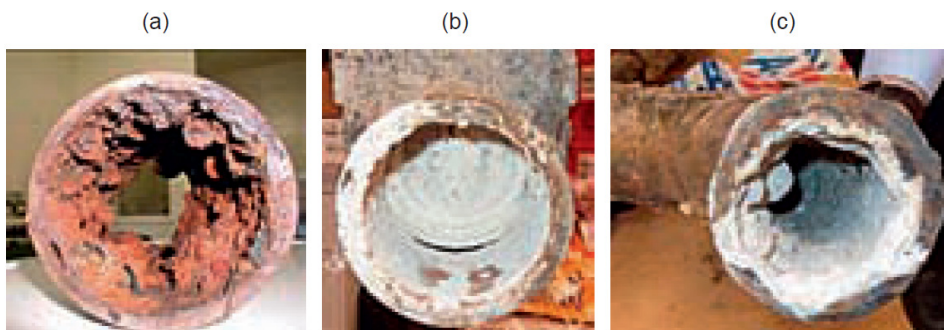


Ilustração 7 - Exemplos de incrustação em condutas de materiais metálicos: a) formação de tubérculos em conduta sem revestimento; b) formação de camada de carbonato de cálcio; c) formação de camada de carbonato de cálcio em conduta com tubérculos isolados.



Ilustração 8 - Exemplo de incrustação em conduta de a) Material cimentício (fibrocimento) e b) conduta metálica



Ilustração 9 - Exemplos de incrustação em condutas de materiais plásticos (o caso do PVC): a) formação e desagregação de camadas de  $\text{CaCO}_3$ ; b) exemplos de formas de deposição não coesiva de  $\text{CaCO}_3$ ; c) e d) exemplos de formas de deposição coesiva de  $\text{CaCO}_3$

### 3.1 Deficiências de concepção e projecto

Os sistemas de adopção e distribuição de água podem apresentar níveis de desempenho insuficientes por deficiências de concepção geral do sistema ou por deficiências de projecto do sistema ou de alguns dos seus componentes.

**Concepção geral do sistema** - Entende-se por deficiências de concepção que motivem intervenções de reabilitação, os erros ao nível da arquitectura, da topologia e do funcionamento geral do sistema. Estes erros podem ter causas variadas, apresentando-se seguidamente algumas das mais correntes:

- Visão parcelar do projectista sobre o funcionamento do sistema no seu conjunto (*e.g.*, quando há expansões ou quando há projectistas diferentes a conceber partes distintas);
- Deficiente previsão da evolução das solicitações de consumo, de pressão e requisitos de qualidade da água ao longo da vida da obra (*e.g.*, população a servir, consumos não domésticos, capitações, padrões de consumo, usos sem requisitos de potabilidade);
- falta de visão integrada dos problemas que tenha em conta os aspectos hidráulicos, de fiabilidade, ambientais (em particular, de consumo energético e de perdas de água) e económico-financeiros; a concepção baseada em visões parcelares provoca quase sempre deficiências de desempenho das infra-estruturas;
- Falta de uma análise baseada no ciclo de vida dos componentes;

Mais tradicionalmente, a concepção tem por base um cenário único de ponta no horizonte de projecto, não assegurando, muitas vezes, os níveis de serviço necessários durante grande parte da vida útil da obra.

(Guia Técnico 16 – Gestão Patrimonial de infra-estruturas de abastecimento de água – Uma abordagem centrada na reabilitação)

### 3.2 Deficiências de construção

Exemplos muito comuns incluem a deficiente construção da vala de assentamento das condutas (*e.g.*, deficiente camada de assentamento, uso de materiais de enchimento inadequados ou compactação deficiente das diferentes camadas), deficiente construção ou montagem das juntas, uso de materiais ou componentes pré-fabricados com características diferentes das especificadas em projecto, deficiente construção ou montagem *in situ* das diferentes partes do componente e alterações feitas ao projecto (não devidamente justificadas e fundamentadas), deficiente execução de protecção catódica das condutas metálicas, ou ainda o inadequado manuseamento e protecção dos materiais durante a realização da obra. Não existem soluções construtivas universais. Contudo, o respeito pelo projecto, incluindo pelas especificações do caderno de encargos, o acompanhamento eficaz da obra e a realização de ensaios de controlo de qualidade são essenciais para mitigar a ocorrência de deficiências construtivas dos componentes do sistema. Salienta-se que muitos dos erros construtivos não se evidenciam no início de exploração, fazendo-se sentir apenas a médio ou a longo prazo. (Guia Técnico 16 – Gestão Patrimonial de infra-estruturas de abastecimento de água – Uma abordagem centrada na reabilitação)

## 4. Fases da reabilitação

Um processo de reabilitação, deve seguir os seguintes passos:

1. Caracterização sumária do sistema
2. Identificação do (s) problema (s)
3. Diagnóstico
4. Caracterização detalhada do sistema dirigida para o (s) problema (s) existente(s)
5. Identificação das causas das deficiências e limitações
6. Previsão das tendências de evolução dos sintomas e da fiabilidade do sistema
7. Processo de decisão
8. Avaliação de factores de decisão adicionais (ex: tráfego, restrições de abertura de valas, disponibilidades financeiras)
9. Definição da (s) estratégia (s) de reabilitação a adoptar (reabilitar onde, quando, o quê, quanto e como / tecnologias?)
10. Escolha da estratégia em função do risco/desempenho/custo
11. Implementação de soluções
12. Monitorização

A selecção da melhor solução para cada área de análise devere ter por base uma análise integrada da relação entre o custo, o desempenho e o risco para cada solução alternativa de intervenção identificada na Etapa 6, tomando como base todo o período de análise (*e.g.*, 20 anos).

Os níveis de aceitabilidade deverão ser definidos pelo decisor em função de exigências externas (*e.g.*, contratuais, legais ou regulatórias) ou internas (*e.g.*, opções de gestão, disponibilidades orçamentais).

## 5. Caso de estudo – Remodelação da rede de águas entre Samora Correia e Porto Alto

A entidade gestora Águas do Ribatejo, após dois anos de existência tem agora em sua posse registo dos dados das roturas existentes, onde o numero de roturas nas condutas de água, quando repetidas nos mesmos locais, dão-nos de certa forma indicação que nesse troço existe alguma anomalia, onde na maioria dos casos é falta de resistência estrutural, associada ao elevado grau de degradação, por ser condutas de fibrocimento com dezenas de anos, podendo algumas atingir mais de 40 anos.

O troço de tubagem em estudo, é o troço de distribuição principal do depósito elevado de Samora Correia, também chamado “depósito do estaleiro de Samora Correia”, visto a Câmara Municipal ter utilizado o espaço envolvente ao depósito como estaleiro.

A saída da distribuição do depósito é de diâmetro 350mm, e o material é fibrocimento, e tem cerca de 30 anos de idade. A população da Freguesia de Samora Correia tem crescido de forma acentuada desde 1960, a um ritmo médio anual de 3.64 %, lugar onde a população tem maior crescimento demográfico do Distrito (de Santarém). Estima que a vila de Samora Correia tenha, hoje, mais de 12.000 habitantes, em aglomerado populacional contínuo, daí estimarmos que Samora Correia á 30 anos atrás, (na altura de construção deste depósito e desta conduta distribuidora), tinha metade da população que tem hoje. Analisa-se no próximo capítulo se o diâmetro da conduta é ainda suficiente.

Existe em Samora Correia três subsistemas de abastecimento de água, com depósito elevado cada um destes, sendo este de Samora Correia o que abastece mais população, seguidamente do depósito da Murteira, e por fim o depósito do Porto Alto.

A distribuidora sai do depósito do estaleiro de Samora em direcção á Estrada Nacional 118, onde existe um “T” de redução com duas válvulas, dividindo a distribuição para sentido EN118 norte, e outra para sul, em diâmetros de 300mm. O troço que sai para sul (em direcção ao Porto Alto) é o que tem tido mais roturas, sendo estas mais correntes na zona mais baixa, já em curva, ao inicio da estrada nacional 10-5, onde entronca com a

estrada nacional 118, ver localização do trecho de conduta na ilustração 10, e ver Anexo II, planta de localização e planta da conduta de distribuição existente.



Ilustração 10 - Localização da conduta em estudo

## 5.1 Anomalias verificadas no troço em estudo

O maior factor que leva a este estudo é o facto da conduta distribuidora ter muitas roturas. Roturas estas, com grande impacto social, devido a que grande parte do centro da cidade de Samora Correia fique interrompido de abastecimento de água durante cerca de 6 a 9 horas, tempo necessário á sua reparação que é prolongado pelo facto de existir também outras infra-estruturas, nomeadamente uma conduta de gás, o que leva com que seja necessário um grande cuidado na abertura e tapamento da vala, onde normalmente um fiscal do gás acompanha o trabalho, conforme se pode verificar na ilustração 11.



Ilustração 11 - Rotura já reparada, vala ainda aberta

Também o impacto social é muito grande, com repercussões negativas á imagem da empresa não existindo para o centro da cidade forma alternativa de abastecimento. Causa igualmente grande impacto os estragos causados pelas inundações e arrastamento de areia para as habitações e comércio local, causadas pelas roturas, originando para além da má

imagem da empresa, despesas por vezes consideráveis. Na ilustração 12 mostra em a) uma rotura do tipo longitudinal, e em b) a reparação da mesma no troço em estudo.



Ilustração 12 – a) Rotura na conduta de Fibrocimento de Ø300 b) Reparação da rotura

Ainda devemos ter em conta os custos associados às reparações normalmente executadas em horário nocturno, porque as roturas acontecem normalmente neste horário, onde o valor da pressão é maior nestas horas (quando não existe consumo não existe velocidade nas condutas, e a pressão é a pressão máxima dada pela altura do depósito, de cerca de 43m de altura de coluna de água). As reparações em horário nocturno são mais dispendiosas, tendo estas de prever serviço de máquinas a qualquer hora pagando mais caro a horas nocturnas, e também as equipas próprias onde a hora extra por homem é mais elevado neste horário, onde se estima que cada reparação destas ultrapasse facilmente 1.000,00€.

Outro motivo que leva a execução deste estudo é devido á grande possibilidade de vir a acontecer uma rotura na zona dentro do estaleiro. Neste estaleiro da Câmara Municipal de Benavente existe um refeitório e uma cozinha utilizada pelo pessoal operário da CMB que foi construído por cima da conduta distribuidora de água, em fibrocimento com 300mm de diâmetro neste troço, conforme demonstra a Ilustração 13.

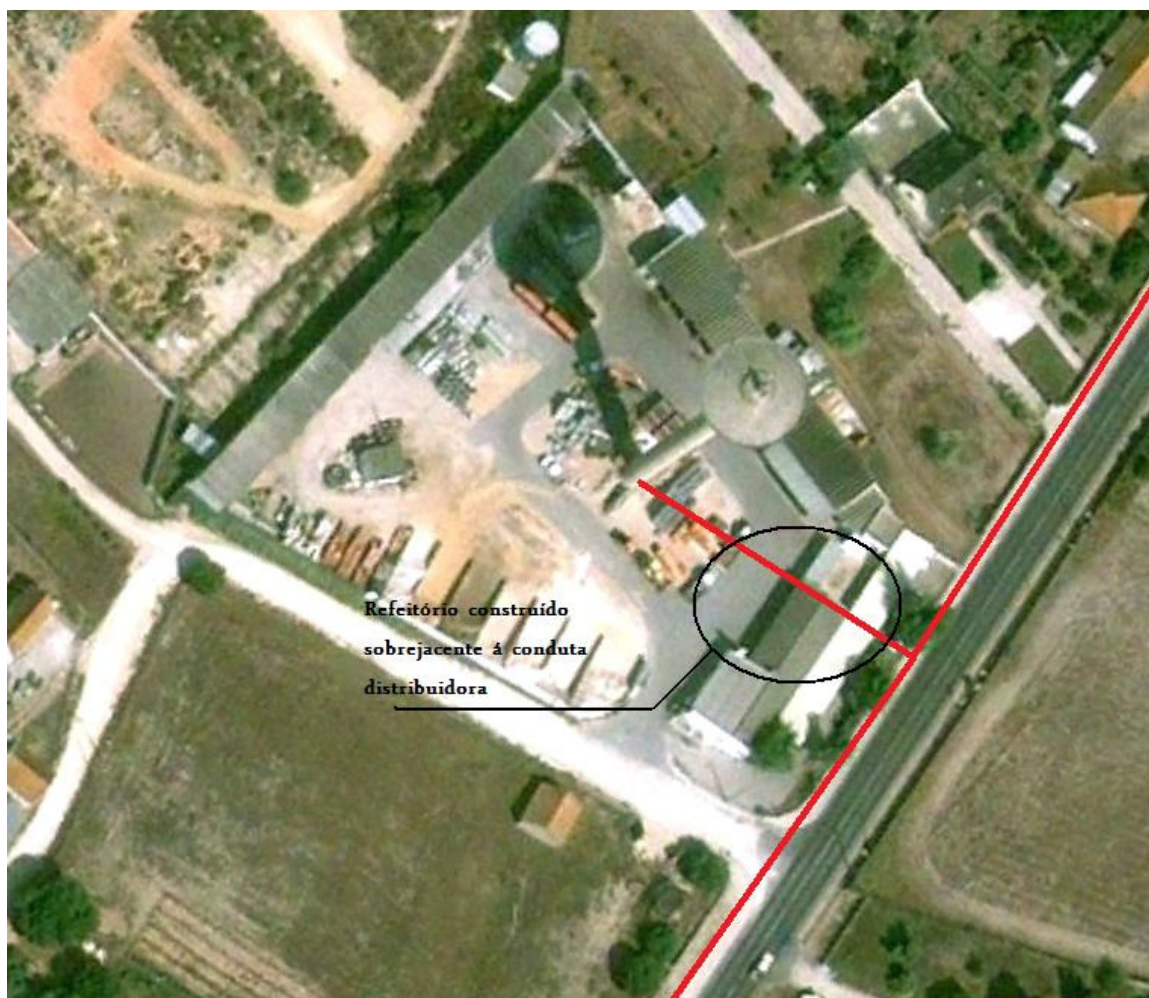


Ilustração 13 - Refeitório construído sobrejacente á conduta distribuidora

Uma rotura nesta zona causaria danos nesta instalação, bem como seria difícil o acesso á conduta sem danificar gravemente o edifício do refeitório, visto ser necessário abrir uma vala com uma retroescavadora para acesso á conduta.

É também importante referir que as futuras instalações dos Bombeiros Voluntários vão ser construídas perto do depósito de água de Samora Correia (ver ilustração 14), e será abastecido por esta conduta distribuidora em estudo, tendo já iniciado as obras. O ramal de abastecimento ao quartel será de Ø110, visto abastecer um marco de incêndio.



Ilustração 14 - Futuras instalações dos Bombeiros

### 5.1.1 Cálculo da Velocidade de escoamento para verificação da adequabilidade do diâmetro actual

#### Artigo 21.º Dimensionamento hidráulico

1 - No dimensionamento hidráulico deve ter-se em conta a minimização dos custos, que deve ser conseguida através de uma combinação criteriosa de diâmetros, observando-se as seguintes regras:

a) A velocidade de escoamento para o caudal de ponta no horizonte de projecto não deve exceder o valor calculado pela expressão:

$$V = 0,127 D^{0,4}$$

Onde V é a velocidade limite (m/s) e D o diâmetro interno da tubagem (mm);

b) A velocidade de escoamento para o caudal de ponta no ano de início de exploração do sistema não deve ser inferior a 0,30 m/s e nas condutas onde não seja possível verificar este limite devem prever-se dispositivos adequados para descarga periódica;

(Decreto Regulamentar nº 23/95)

Então, para um  $D_{int}=350\text{mm}$ ,  $V=0,127 \cdot 350^{0,4}$  a velocidade não deve ser superior a  $\Rightarrow V=1,322 \text{ m/s}$

Calculemos então a velocidade a partir do caudal real de ponta, de cerca de  $210\text{m}^3/\text{h}$ .  
 $Q=A.V \Rightarrow V=Q/A \Rightarrow V=Q/(\pi.R^2) \Rightarrow V=210/(\pi.(0,35^2/4)) \Rightarrow V=2182,69 \text{ m/h} \Rightarrow V=0,6 \text{ m/s}$

Conclui-se que a velocidade está bastante abaixo do limite máximo permitido no regulamento de 1,322 m/s, e ainda assim acima de 0,30 m/s, estando regulamentar o diâmetro da conduta, e sem problemas hidráulicos.

## 5.2 Técnicas e tecnologias na reabilitação de condutas de água

Hoje em dia, por força de necessidade e pela evolução tecnológica, existem novas formas e tecnologias para reabilitar condutas de abastecimento de água sem abertura de vala, minimizando assim os constrangimentos causados por este tipo de obra. Neste capítulo iremos abordar algumas das formas de reabilitar condutas de abastecimento de água. Na tabela 2 indicam-se as técnicas para reabilitar condutas de abastecimento, dividindo em dois grandes grupos, a substituição e a renovação, que se subdivide em outras famílias de técnicas.

Relembrando o que foi verificado no capítulo anterior de que não existe necessidade de aumentar a secção da conduta, sendo que o problema é meramente estrutural, ocasionando roturas frequentes. Visto isto, iremos neste capítulo falar nas técnicas que poderiam ser utilizadas para solucionar o problema estrutural deste caso de estudo, onde posteriormente será escolhida a mais adequada para ser comparada com a técnica tradicional de abertura de vala, com as vantagens e desvantagens de cada uma.

Tabela 2 - Principais tecnologias na reabilitação de condutas de água

Tipo de intervenção		Família de técnicas	Técnica
Renovação ( <i>renovation</i> )	Renovação não estrutural	Reparação ( <i>repair</i> )	Reparação generalizada de juntas ( <i>internal joint seals</i> )
		Revestimento interior ( <i>coating</i> ou <i>spray-lining</i> )	Revestimento interior com argamassa de cimento ( <i>cement mortar spray-lining</i> ) Revestimento interior com resina epóxi ( <i>epoxy spray-lining</i> )
	Renovação estrutural	Entubamento simples ou tradicional ( <i>conventional sliplining</i> )	Entubamento com tubagem contínua ( <i>lining with continuous pipes</i> ou <i>sliplining</i> )
			Entubamento com trechos de tubagem ( <i>lining with discrete pipes</i> )
		Entubamento não tradicional* ( <i>modified sliplining</i> )	Entubamento com tubagem ajustada ( <i>close-fit pipe lining</i> ): – Entubamento com tubagem dobrada ( <i>fold and form</i> ) – Entubamento com tubagem deformada ( <i>roll-down, draw-down, swagelining</i> ou <i>deformed/reformed</i> )
			Entubamento com tubagem curada <i>in situ</i> ( <i>cured-in-place pipe lining</i> ): – Inserção por inversão ( <i>inverted-in-place installation</i> ) – Inserção com guincho ( <i>winched-in-place installation</i> ) – Combinação dos métodos anteriores. Entubamento com manga adesiva por reversão ( <i>lining with adhesive-backed hose</i> )
Substituição ( <i>replacement</i> )	Substituição c/ abertura de vala ( <i>open trench</i> )	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> )
			Extracção da conduta existente sem tubo piloto ( <i>pipe ejection, pipe extraction</i> ou <i>pipe pulling</i> ) Extracção 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</i> ou <i>modified microtunneling</i> ) Construção de microtúnel/microgaléria com tubo piloto ( <i>pilot jacking with pipe bore</i> ) Perfuração dirigida ( <i>pipe reaming</i> ou <i>directional drilling</i> )		

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

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

### 5.2.1 Entubamento com tubagem contínua



Ilustração 15 – Entubamento com tubagem contínua ([www.ludwigpfeiffer.com](http://www.ludwigpfeiffer.com))

#### Descrição

Esta técnica consiste na inserção no interior de uma conduta existente de uma tubagem flexível contínua (i.e., tubos soldados entre si in situ ou tubagem fornecida em rolo, dependendo do diâmetro). Tipicamente, o entubamento é efectuado com uma tubagem de menor diâmetro do que a existente, não sendo alteradas as dimensões da sua secção transversal após a instalação (ver ilustração 15). Na terminologia anglo-saxónica, o processo é designado por *lining with continuous pipes* ou *sliplining* (ISO 11295:2008, prEN 15885:2008).

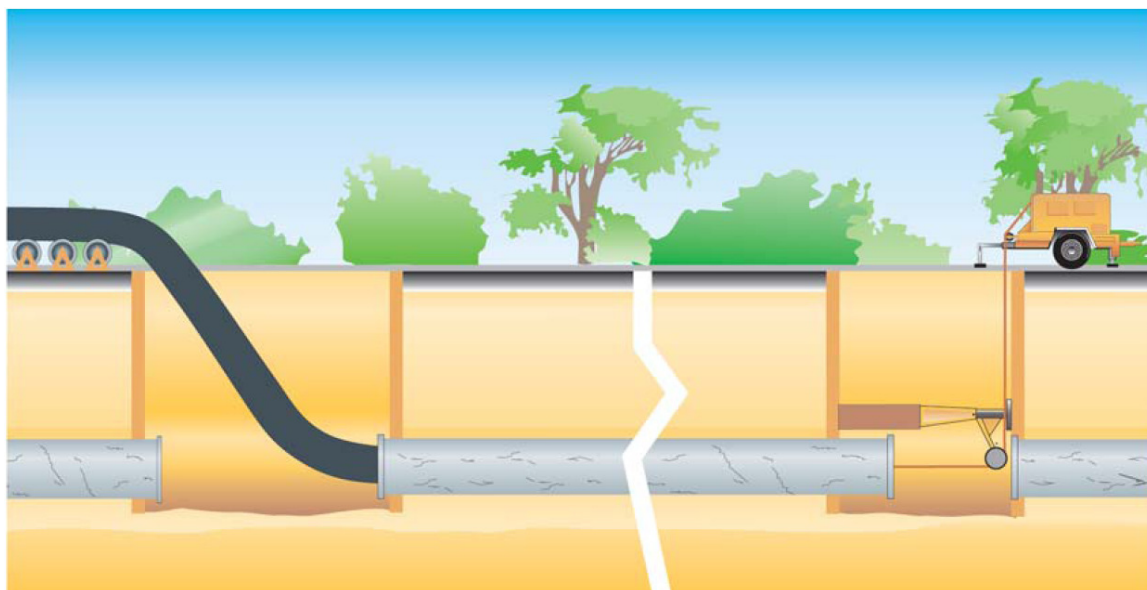


Ilustração 16 - Processo construtivo de reabilitação por entubamento com tubagem contínua

([www.ludwigpfeiffer.com](http://www.ludwigpfeiffer.com))

O entubamento envolve a abertura de dois pontos de acesso (poços) nas extremidades da conduta a reabilitar, tipicamente em zonas de mudança de direcção ou de existência de acessórios, conforme ilustração 16. Para a aplicação desta técnica, geralmente o trecho a reabilitar tem de estar fora de serviço e livre órgãos e acessórios (*e.g.*, curvas, tês, válvulas).

Depois de efectuada a limpeza e o polimento interior da parede da conduta a reabilitar, procede-se ao entubamento propriamente dito. Este processo inicia-se com a ligação de um cabo com uma ponta de inserção-tracção à tubagem a introduzir na conduta receptora (Figura 17c). Este cabo será, posteriormente, tensionado por um macaco hidráulico (Figura 17d), arrastando a tubagem para o interior da conduta existente, até que esta esteja totalmente inserida na existente (Figura 17e,f). A parede exterior da nova tubagem deverá ser devidamente protegida e lubrificada para facilitar esta operação sem provocar danos na sua superfície (Figura 17b).

Se a tubagem inserida for inferior ao comprimento da conduta a reabilitar, procede-se ao aumento do seu comprimento através da soldadura com outra tubagem. O processo de soldadura deverá ser devidamente monitorizado de acordo com procedimentos de controlo de qualidade. (Figura 17g).

Tipicamente, o vazio entre as duas condutas é preenchido com uma argamassa ou uma resina que permite a fixação da nova tubagem, evita a entrada de água e permite uma melhor distribuição de cargas externas, prevenindo o eventual colapso da conduta existente. É necessário localizar e tamponar os ramais de ligação, para evitar entrada do material de enchimento nos ramais.

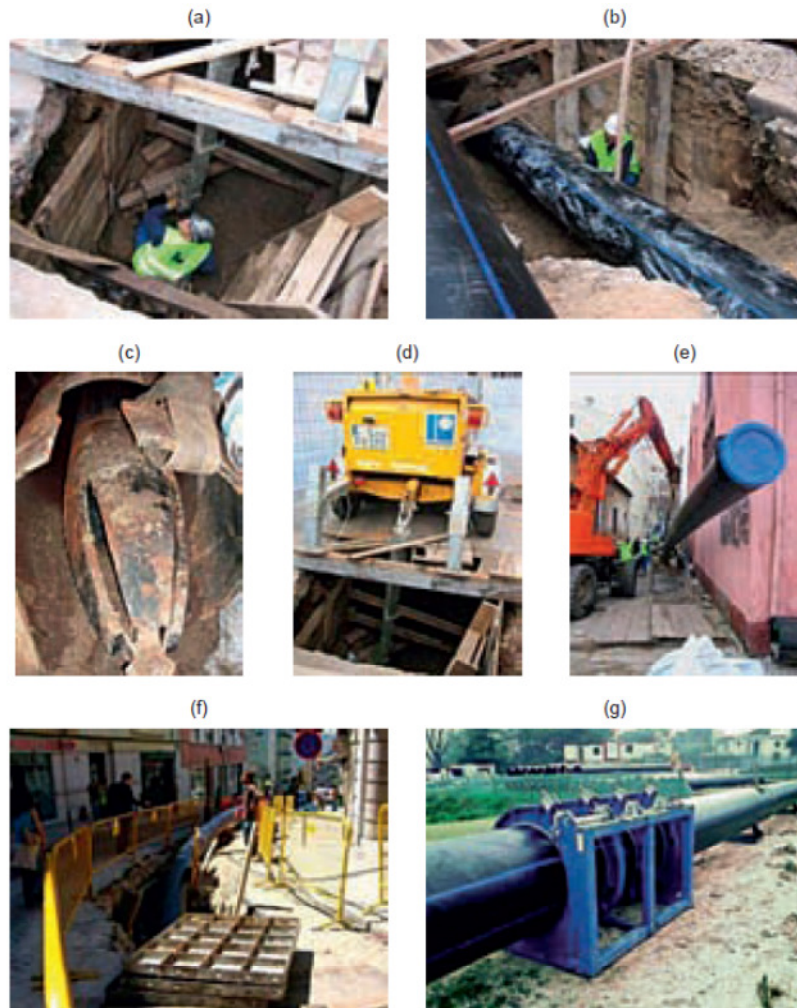


Ilustração 17 - Entubamento com tubagem contínua: (a) poço de acesso; (b) lubrificação da conduta a inserir; (c) ponta de inserção - tracção; (d) equipamento de tracção; (e),(f) inserção da conduta; (g) execução da soldadura entre tubos. ([www.ludwigpfeiffer.com](http://www.ludwigpfeiffer.com))

Neste processo há uma redução do diâmetro hidráulico da conduta após a reabilitação. Contudo, esta redução poderá ser amplamente compensada pelo melhor comportamento hidráulico da tubagem de polietileno.

A grande vantagem desta técnica é conferir resistência estrutural igual ou superior à da conduta existente, dado que é introduzida uma nova conduta no seu interior. É uma técnica relativamente simples e rápida de aplicar, permitindo a execução de curvas com elevado raio de curvatura. Podem ser utilizados diferentes tipos de materiais termoplásticos, sendo o PEAD o mais utilizado, com classes de pressão iguais ou superiores às da conduta existente.

Em geral, a principal desvantagem desta técnica é a perda da capacidade hidráulica relativamente à situação inicial de instalação da conduta existente, decorrente da redução significativa (entre 35 a 60%) do diâmetro conduta (Selvakumar *et al.*, 2002, prEN 15885:2008).

No entanto, a redução da rugosidade da parede da conduta (dado que o material inserido é praticamente liso) pode compensar a redução da secção. No caso da conduta a reabilitar apresentar um elevado grau de incrustação que é removido pela limpeza, a capacidade hidráulica pode até aumentar. A análise da capacidade de transporte antes e após a utilização desta técnica deverá ser analisada, sendo uma técnica particularmente adequada para condutas de grande diâmetro (Heijn e Larsen, 2004).

Uma outra desvantagem é a dificuldade em efectuar pequenos raios de curvatura e contornar acessórios instalados. Em geral, todas as válvulas, tês e curvas têm de ser removidas à partida mediante a escavação local e reinstaladas após a inserção da conduta. Muitos dos acessórios e válvulas existentes não são compatíveis com a conduta inserida, sendo necessário a aquisição de novos órgãos e acessórios. Também a ligação aos ramais domiciliários requer escavação local (Heijn e Larsen, 2004; Selvakumar *et al.*, 2002).

Um outro ponto fraco desta técnica (assim como dos demais processos de entubamento) é o processo de soldadura, que deverá ser devidamente executado por técnicos habilitados e monitorizado de acordo com os procedimentos de controlo de qualidade aplicáveis.

Tabela 3 - principais características e condições de aplicação - Entubamento com tubagem contínua

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 tracção ou por compressão através de poços localizados nas extremidades.	
<b>Características geométricas</b>	<b>Gama de diâmetros</b>	100 – 2000 mm
	<b>Extensão máxima</b>	300 m
	<b>Execução de curvas</b>	Permitem executar elevados graus de curvatura. ☹️
<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> </ul>	
<b>Características de instalação</b>	<ul style="list-style-type: none"> <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>	

Legenda: 😊 Principais vantagens; ☹️ Principais inconvenientes.

### 5.2.2 Re-entubamento por destruição da tubagem existente



Ilustração 18 - Re-entubamento por destruição da tubagem existente (www.ludwigpfeiffer.com)

## Descrição

O processo de rebentamento da conduta existente (pipe bursting) consiste na destruição por rebentamento da conduta existente e, simultaneamente, na inserção de uma nova tubagem de diâmetro igual ou superior, conforme ilustração 18. (Simicevic e Sterling, 2001, NRC, 2003, Heijn e Larsen, 2004, Grilo 2007, NP EN 12889:2008).

A destruição da conduta existente é efectuada através de uma unidade constituída por uma cabeça cónica, de diâmetro superior ao da conduta existente, que é impulsionada para o interior da conduta, ao mesmo tempo que é puxada ao longo da mesma por um equipamento de tracção (ver ilustração 20 e 22). A conduta existente é, assim, destruída e os seus fragmentos são projectados lateralmente contra o solo circundante. A nova tubagem é directamente arrastada pela cabeça e vai sendo instalada ao longo do desenvolvimento da conduta existente à medida que esta vai sendo destruída (ilustração 19). Estas intervenções podem ser realizadas a partir de poços de acesso abertos especificamente para o efeito.

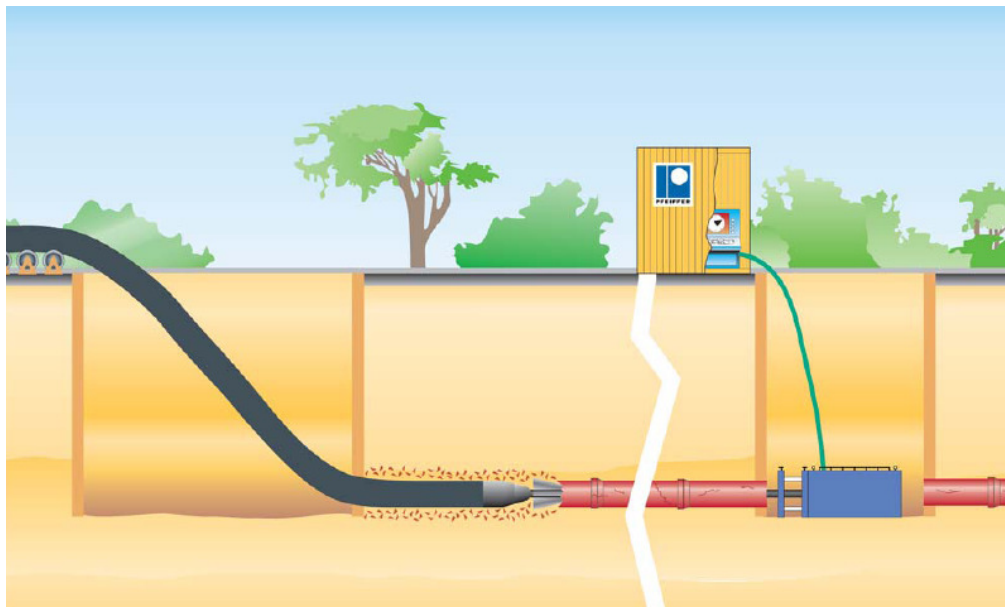


Ilustração 19 - Processo de Re-entubamento por destruição da tubagem existente (www.ludwigpfeiffer.com)

Pode ainda ser utilizado não só em sistemas de abastecimento de água, como também em sistemas de transporte e distribuição de gás (para baixas pressões) e em sistemas elevatórios de águas residuais.

Procedimento de aplicação

Existem três tipos de métodos para a destruição por rebentamento da conduta existente, conforme Ilustração 20:

**Método pneumático ou de percussão** – a cabeça cónica avança e destrói a conduta por percussão exercida por um martelo pneumático;

**Método hidráulico de expansão** – a cabeça expande com pressão exercida no seu interior e destrói a conduta;

**Método estático de tracção** – a cabeça tronco-cónica é movida pela tracção exercida num cabo e destrói a conduta à medida que avança. Em qualquer dos métodos, a cabeça é puxada por um cabo traccionado que facilita o rebentamento e que guia a unidade ao longo da conduta. Na ilustração 21 apresenta-se a forma da cabeça de rebentamento usada em cada um dos métodos.

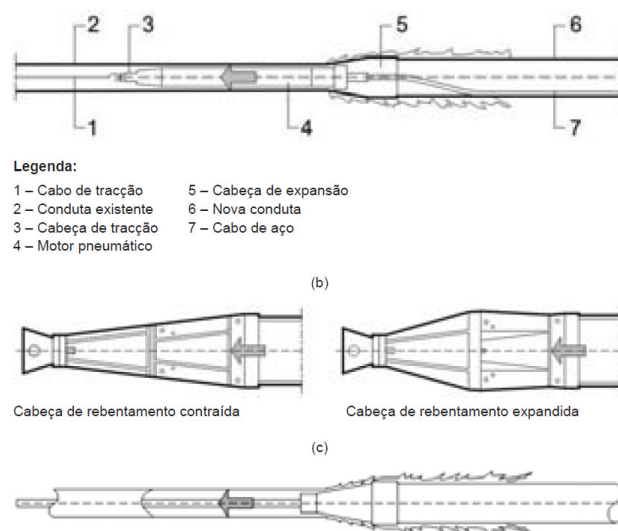


Ilustração 20 - Métodos de rebentamento da conduta: (a) sistema pneumático, (b) sistema hidráulico e (c) sistema estático de tracção

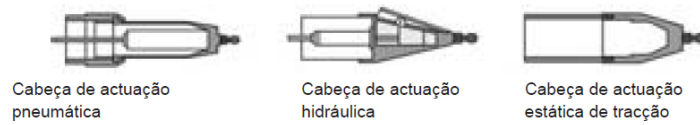


Ilustração 21 - Cabeças cónicas das unidades de rebentamento

Esta técnica é aplicada a condutas constituídas por materiais frágeis como seja o fibrocimento, o ferro fundido cinzento, o betão, e materiais plásticos. Não é uma técnica recomendável para a substituição de condutas de ferro fundido e de aço dada a dificuldade na destruição destes materiais por rebentamento. Existem casos em que se inserem discos cortantes e uma ponta afiada na cabeça de inserção para facilitar a destruição de materiais mais resistentes (ver ilustração 23).

O rebentamento da conduta existente é um dos métodos mais vantajosos quando há muito poucos ramais laterais e acessórios, a conduta está muito deteriorada em termos estruturais e é necessário aumentar a capacidade hidráulica da mesma. O diâmetro da conduta inserida pode ser significativamente superior ao da conduta existente, mas depende das características geotécnicas locais, da proximidade de outras infra-estruturas e do recobrimento existente. No entanto, esta técnica produz níveis de vibração e de assentamentos no terreno envolvente que podem afectar as infra-estruturas adjacentes. A unidade de destruição da conduta deverá respeitar distâncias mínimas de 1 m em relação a outras condutas enterradas e a 2,5 m de edifícios; caso contrário, deverão ser tomadas medidas especiais de protecção das infra-estruturas adjacentes. Também apresenta dificuldades acrescidas de aplicação em solos expansivos ou muito duros, em secções da conduta com reparações efectuadas com materiais metálicos, em zonas em que a conduta está envolvida em betão (maciços) e em zonas obturadas, o que muitas vezes se resolve com escavação local.

Apresentam-se na Tabela 5 as principais características desta técnica de reabilitação.



Ilustração 22 - Equipamento hidráulico de tracção

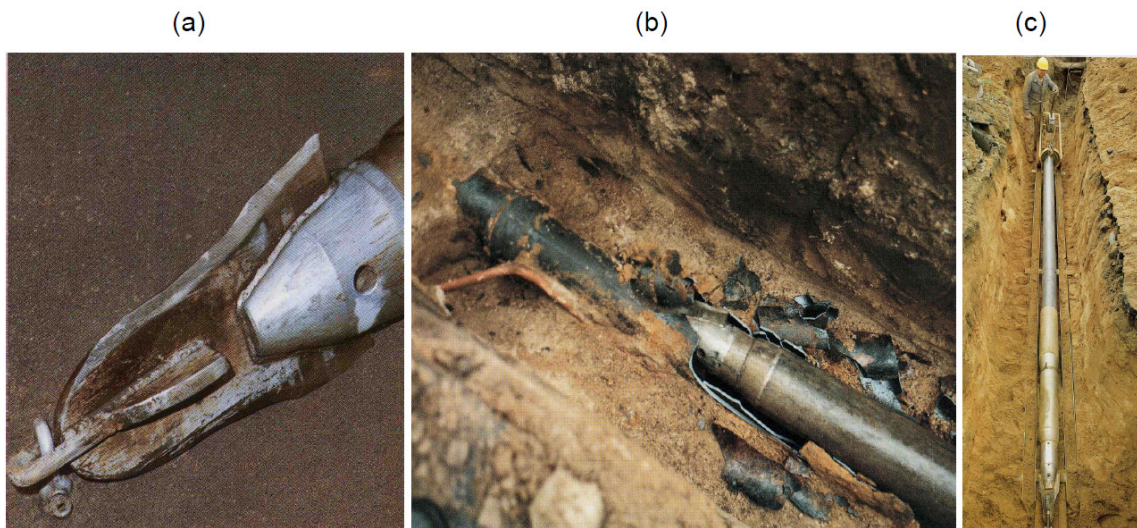


Ilustração 23 - Técnica pipebursting: (a) ponteira de ataque; (b) início do processo de rebentamento da tubagem existente; (c) poço de ataque aberto para instalação da ponteira (Brochier, 1996)

Tabela 4 - Rebentamento da conduta existente: principais características e condições de aplicação

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>	50 – 1200 mm
	<b>Extensão máxima</b>	150 m (para equipamento normal) 400 m (para equipamento de elevada potência)
	<b>Execução de curvas</b>	Não permite executar curvas ☹️
<b>Desempenho</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Permite o aumento da capacidade hidráulica. 😊</li> <li>– Assegura integridade estrutural. 😊</li> </ul>	
<b>Características de instalação</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Necessidade de inserção de condutas contínuas.</li> <li>– Não requer trabalhos preparatórios de limpeza. 😊</li> <li>– Área necessária para a execução dos trabalhos: <i>elevada</i> 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 (<i>e.g.</i>, edifícios antigos, colectores de grés). ☹️☹️</li> </ul>	

Legenda: 😊 Principais vantagens; ☹️ Principais inconvenientes.

Fonte: Simicevic e Sterling, 2001

### 5.2.3 Entubamento com tubagem ajustada

O processo de entubamento ajustado consiste na inserção de uma tubagem contínua cuja secção transversal foi reduzida relativamente à sua dimensão inicial para facilitar a instalação, no interior de uma conduta existente. O processo é revertido após a sua colocação, garantindo um ajustamento quase-perfeito à parede da conduta existente (sem espaço entre as duas) e sendo, por essa razão, designado na terminologia anglo-saxónica por *lining with closed-fit pipes* (ISO 11295:2008, prEN 15885:2008). Existem dois processos utilizados consoante o tipo de deformação e de reversão aplicados à nova tubagem:

#### 5.2.3.1 Método A - entubamento com tubagem dobrada (*fold and form*)

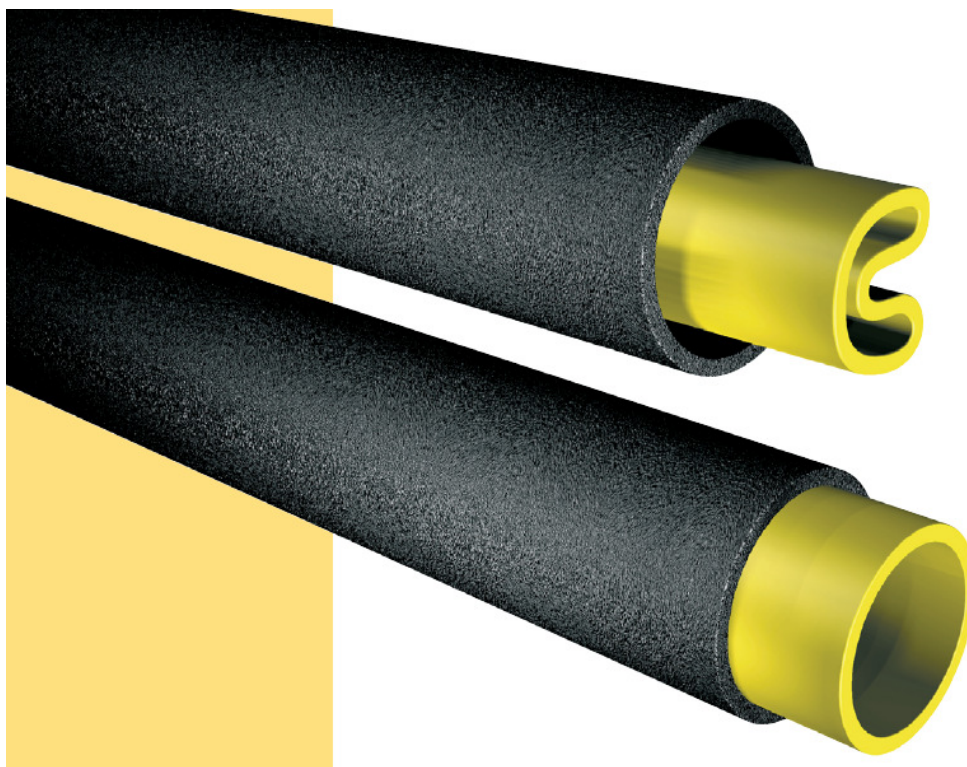


Ilustração 24 - Entubamento com tubagem dobrada (www.ludwigfeiffer.com)

O entubamento com tubagem dobrada consiste na redução da secção transversal da tubagem através da dobragem da conduta em forma de “U” ou “C” durante o processo de

fabrico ou in situ usando equipamento especial para o efeito (ilustração 24 e 25), obtendo-se reduções da secção transversal até 40%. Tipicamente, a forma da secção dobrada é mantida através de cintas colocadas ao longo da conduta. Uma vez inserida, as cintas são retiradas (caso tenham sido colocadas) e a tubagem é sujeita ao processo de reversão por efeito de aquecimento ou pressão interna da água, recuperando totalmente o diâmetro inicial. Neste método, podem ser utilizados materiais como o PVC e o PEAD, sendo este último o mais utilizado (Heijn e Larsen, 2004). Na ilustração 25 apresenta-se o processo de dobragem de uma conduta de PEAD in situ utilizando equipamento específico, assim como a inserção da conduta dobrada e o seu aspecto final depois de retiradas as cintas e efectuado o enchimento com água. Apresentam-se na tabela 6 as principais características e condições de aplicação do entubamento com tubagem contínua, com base nas normas ISO/DIS 11295:2008 e prEN 15885:2008.



**Ilustração 25 - Entubamento com tubagem dobrada:** (a) equipamento de dobragem; (b) dobragem da conduta; (c) colocação de cintas; (d) conduta dobrada; (e) cabeça de tracção; (g) conduta expandida.

([www.ludwigpfeiffer.com](http://www.ludwigpfeiffer.com))

### 5.2.3.2 Método B - Re-entubamento com tubo com diminuição diametral temporária

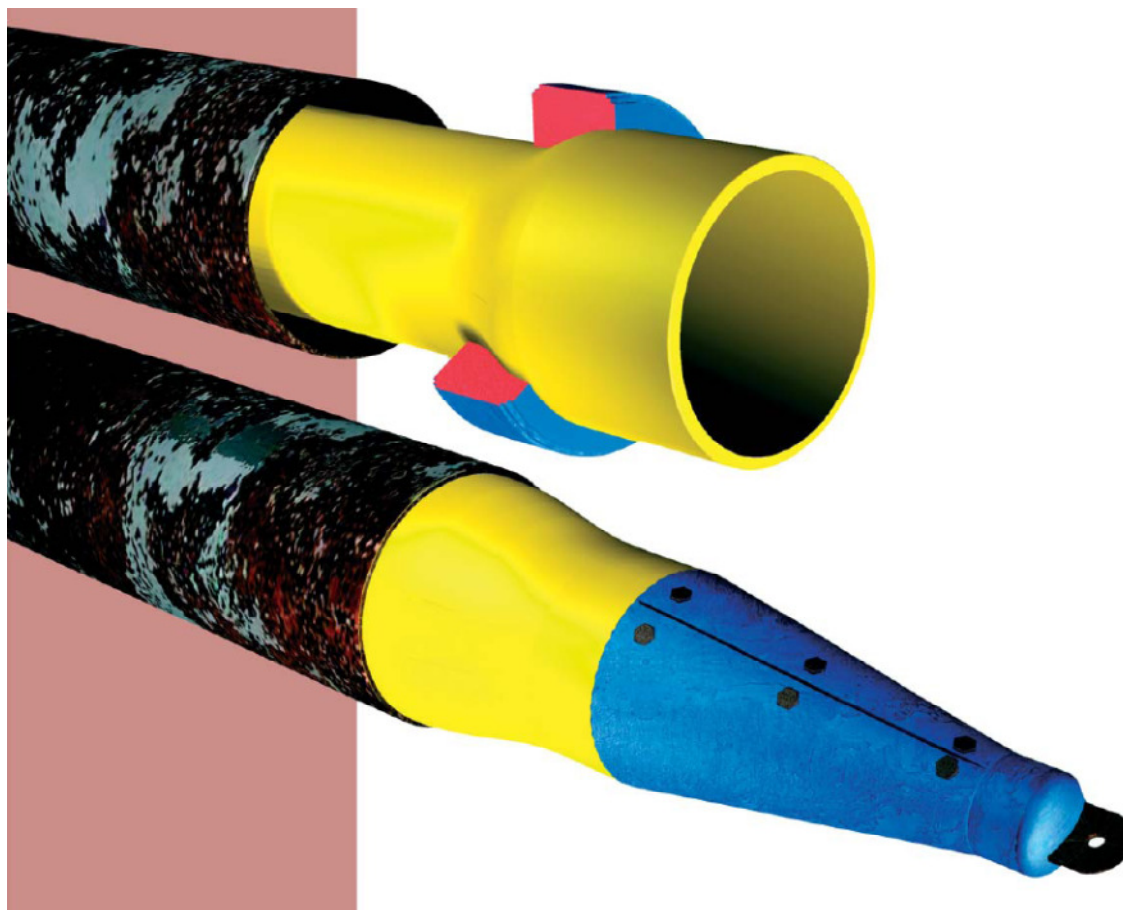


Ilustração 26 - Re-entubamento com tubo com diminuição diametral temporária (www.ludwigpfeiffer.com)

O entubamento com tubagem deformada consiste na redução temporária in situ da secção transversal da conduta, fazendo-a passar por uma matriz constituída por dois rolamentos concêntricos que deformam a sua secção transversal por um processo mecânico (compressão diametral) ou por um processo termo-mecânico (compressão diametral com aquecimento), imediatamente antes da sua inserção na conduta existente (Ilustração 27). Por este método, obtêm-se reduções na secção transversal de cerca de 10%, mantendo a forma circular da secção transversal. Após atingir a posição final, o esforço de tracção é

reduzido gradualmente e a tubagem regressa ao seu diâmetro original, garantindo-se a inexistência de espaço e um ajuste perfeito entre as duas tubagens. Este método foi originalmente concebido para a reabilitação de condutas de gás (Heijn e Larsen, 2004). São usadas tipicamente condutas de PE.

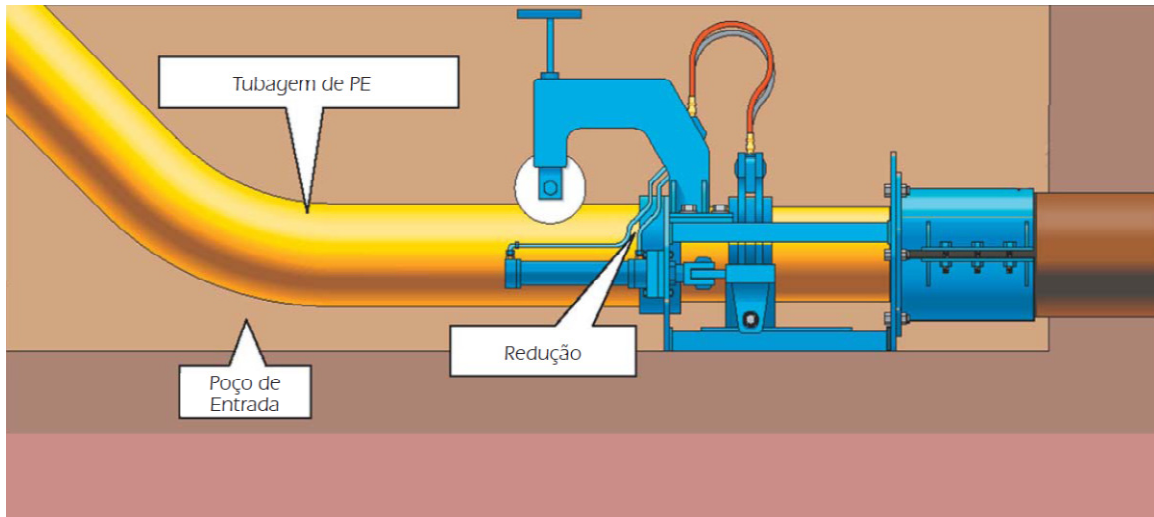


Ilustração 27 – Processo de compressão diametral (www.ludwigpfeiffer.com)

A colocação é tipicamente efectuada por tracção de uma cabeça metálica ou um gancho ligado à tubagem inserida através de um guincho e de um macaco hidráulico. A aplicação requer a escavação de poços de acesso nas duas extremidades da conduta.

A principal vantagem desta técnica é a possibilidade de reforçar a capacidade resistente da conduta existente, a rapidez da instalação, não ser necessário utilizar argamassas de enchimento e a possibilidade de poder ser utilizada em curvas com grande raio de curvatura (WRc, 2001). Como desvantagens destacam-se a necessidade de ser efectuada a escavação para a ligação dos ramais e necessitar de uma área significativa para o armazenamento das tubagens.

Tabela 5 - Entubamento com tubagem ajustada: principais características e condições de aplicação

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, 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>	<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> </ul>	
<b>Características de instalação</b>	<ul style="list-style-type: none"> <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>	

Legenda: 😊 Principais vantagens; 😞 Principais inconvenientes.

Tabela 6 - Tipificação de problemas em condutas, requisitos para melhoria de desempenho e potenciais técnicas de reabilitação

Tipificação de problemas	Requisitos	Potenciais técnicas de reabilitação
Elevado grau de tuber-culização ou incrustação, causando problemas de qualidade da água ou de redução da capacidade de transporte numa conduta estruturalmente robusta	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Isolamento da parede da conduta</li> <li>- Aumento da capacidade de transporte da conduta (sendo suficiente o diâmetro existente)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Revestimento interior</li> <li>- Entubamento com cura <i>in situ</i></li> <li>- Entubamento com manga adesiva</li> </ul>
Juntas defeituosas ou corrosão localizada provocando perdas de água elevadas numa conduta estruturalmente robusta	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Isolamento da parede da conduta</li> <li>- Selagem de orifícios, fissuras ou juntas abertas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reparação pontual de juntas</li> <li>- Entubamento com cura <i>in situ</i></li> <li>- Entubamento com manga adesiva</li> </ul>
Elevado grau de corrosão com perda de resistência estrutural causando elevado grau de degradação, perdas de água elevadas ou roturas frequentes	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aumento a resistência estrutural da conduta</li> <li>- Isolamento a parede da conduta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Entubamento simples</li> <li>- Entubamento ajustado</li> <li>- Entubamento com cura <i>in situ</i></li> <li>- Substituição com vala aberta</li> <li>- Rebentamento, esmagamento ou corte longitudinal da conduta existente</li> <li>- Extração da conduta existente</li> <li>- Construção de microtúnel</li> <li>- Perfuração dirigida</li> </ul>
Secção da conduta insuficiente com necessidade de aumento de capacidade numa conduta com perda de resistência estrutural	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aumento da capacidade de transporte da conduta (necessidade de aumento de diâmetro)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Substituição com vala aberta</li> <li>- Substituição com vala aberta</li> <li>- Rebentamento, esmagamento ou corte longitudinal da conduta existente</li> <li>- Extração da conduta existente</li> <li>- Construção de microtúnel</li> <li>- Perfuração dirigida</li> </ul>
Secção da conduta insuficiente com necessidade de aumento de capacidade numa conduta estruturalmente robusta	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aumento da capacidade de transporte da conduta (necessidade de aumento de diâmetro)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Idem do anterior</i></li> <li>- Não intervir directamente na conduta mas adoptar alternativas de reforço (e.g., criar troços de ligação a outras zonas, duplicar a conduta sem a desactivar)</li> </ul>

#### 5.4 Escolha do método de reabilitação sem abertura de vala que mais se adequa ao caso de estudo

Facilmente e de uma forma expedita poder-se-á fundamentar a exclusão da aplicabilidade de alguns métodos, nomeadamente o método de substituição por destruição da tubagem existente, por vários motivos. Um deles seria a dificuldade de passar e destruir as juntas de ligação (do tipo junta Gibault), de resistência elevada onde existem nos locais das diversas reparações de roturas já efectuadas (ver ilustração 28 e 11). A outra razão seria o risco causado pela movimentação do solo às infra-estruturas de gás que passam a uma reduzida distância a esta conduta de abastecimento. É de salientar que não é necessário o aumento do diâmetro da tubagem, que é a grande vantagem do método de rebentamento. Também sabemos, das tabelas resumo de cada uma das técnicas, que a de rebentamento dá para um máximo de 150m, ao contrário do entubamento que ronda os 500m, que daí que o de rebentamento é um dos métodos mais caros, comparativamente aos outros, que não necessitam de tanta energia de tracção, e serem possíveis de executar maiores troços de conduta, entre os dois poços (de partida e chegada).



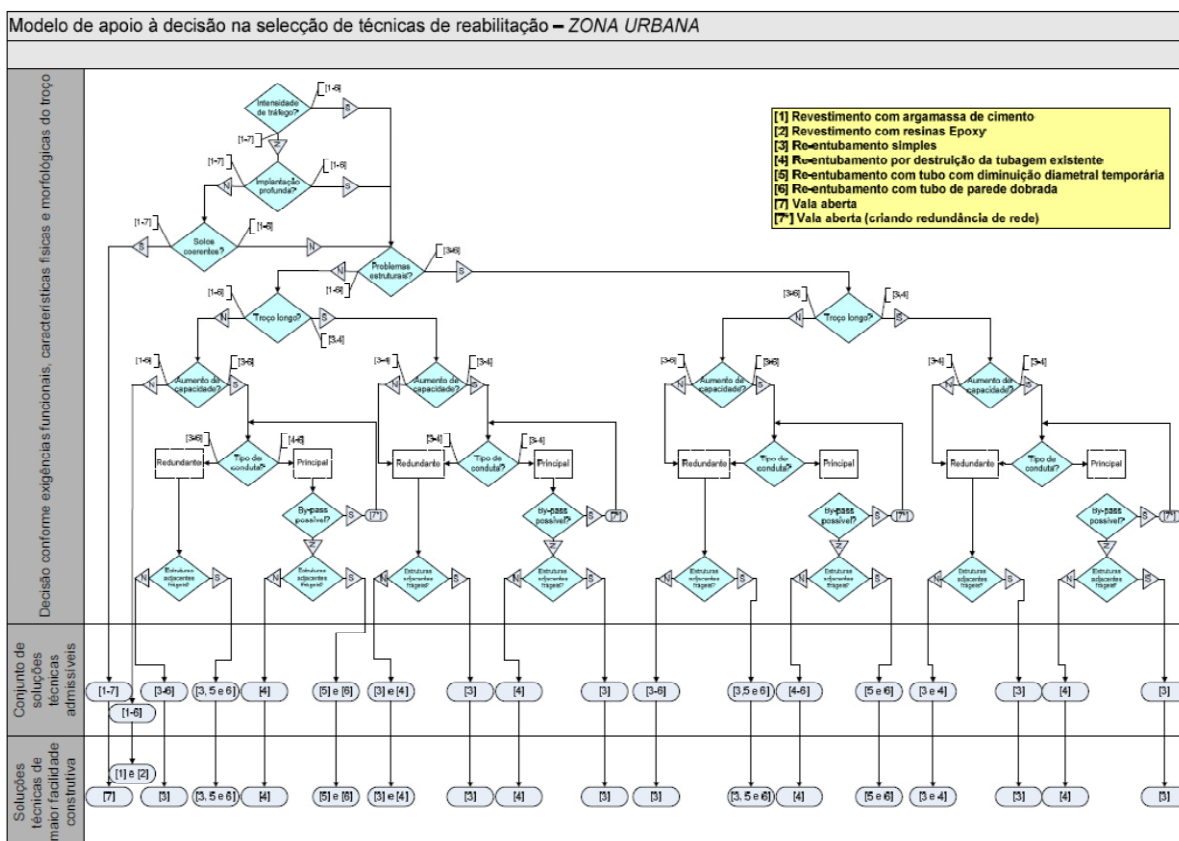
Ilustração 28 - junta Gibault

Excluída apenas uma hipótese, resta-nos comparar duas outras hipóteses restantes, que são o entubamento com a tubagem ajustada, e o entubamento simples. A grande diferença

entre estes dois métodos, é que o método de tubagem ajustada utiliza uma tubagem com diâmetro externo exactamente igual ou ligeiramente superior á tubagem existente, sendo por isso necessário ter um equipamento de redução de diâmetro temporário, e por isso um maior gasto de energia comparativamente ao entubamento simples, que o diâmetro da tubagem a utilizar é mesmo inferior ao diâmetro da tubagem existente, e que por esse motivo se torna mais simples e económico, apesar de posteriormente ser necessário fazer o enchimento entre as duas tubagens. O método de tubagem ajustada, dado que se consegue um diâmetro ligeiramente superior ao método de entubamento simples, tem ganhos de capacidade hidráulica, mas dado que, no caso de estudo não existe necessidade de aumentar a capacidade hidráulica, deverá escolher-se o método mais económico, **Re-entubamento simples**.

Analisando por o quadro na ilustração 29, para ajuda á decisão do melhor método, ao qual aplicando ao caso em estudo faríamos o seguinte caminho:

Intensidade de tráfego? -> sim (EN118 com bastante tráfego) -> Problemas estruturais? -> Sim (problemas de roturas na conduta) -> Troço longo? -> Sim (acima de 500m) -> Aumento de capacidade? -> Não (não é necessário aumentar o diâmetro) -> Tipo de conduta? -> Principal (O corte da mesma corta o abastecimento á localidade de todo o Porto Alto e parte de Samora Correia -> By pass possível? -> Sim -> Estruturas adjacentes frágeis? -> Sim (2 condutas de gás principais) -> solução [3] – **Re-entubamento simples**.



**Ilustração 29 – Modelo de apoio à decisão na selecção de técnicas de reabilitação (Tomás Velez Grilo - Técnicas de Reabilitação de Sistemas de Abastecimento de Água - Metodologia conceptual e aplicação a casos de estudo - Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil).**

### 5.5 Análise do método de re-entubamento simples vs método tradicional de abertura de vala

Pensando no nosso caso de estudo, a técnica tradicional de substituição com abertura de vala, tem vantagens e inconvenientes, mas ainda assim é um método para o qual é fácil obter mão-de-obra, equipamentos e materiais necessários, tornando-se por isso bastante económico.

De qualquer forma, a abertura de vala, no caso em estudo, obriga a remover e voltar a colocar um poste de iluminação publico, e também os pavimentos, calçada, lancil, e

betuminoso que têm custos a considerar, que se poupariam com o método sem abertura de vala.

Para executar o método de Re-entubamento, e dado que a conduta é um abastecimento principal sem forma alternativa de abastecimento dos 5 clientes, teríamos que executar uma conduta por fora em PEAD para abastecimento temporário a estes 5 clientes, visto que o trabalho leva alguns dias a executar, e é impensável fazê-lo com corte de abastecimento.

Vantagens no método de abertura de vala:

Com abertura de vala é possível colocar uma tubagem nova paralelamente à tubagem existente mesmo com esta em carga, o que tem a grande vantagem de conseguirmos executar o trabalho todo sem corte do abastecimento, e só no final da conduta estar colocada é que ligaríamos as extremidades, trabalho que, bem programado é possível fazer em algumas horas. Relembro também que os ramais existentes são apenas cinco, e a única forma de fazer qualquer alteração dos mesmos é com vala aberta, tal como a execução dos nós.

Desvantagens do método de abertura de vala:

As grandes desvantagens da abertura de vala, é o constrangimento ao trânsito viário da estrada Nacional 118, dado que irá existir movimento de máquinas, supressão de berma para movimento das mesmas, e constrangimento dos peões, dado que levantaríamos passeio ao longo do troço. Também as entradas para moradias e um supermercado ficariam condicionadas, onde teríamos de assegurar a entrada do trânsito automóvel para o parque de estacionamento com chapas metálicas. Relembro que dado ser uma estrada nacional, é necessário pedido de licenciamento à EP, onde a autorização vem com exigências a nível técnico de reposição da vala, de sinalização e possível caução bancária, que no caso de abertura de vala, serão maiores as exigências do que no caso de re-entubamento.

Com a técnica de re-entubamento simples eliminamos as desvantagens acima da abertura de vala, minimizando assim os impactos sociais causados pela obra, dado que só vai ser necessário abrir para o poço de ataque e o poço de chegada, e eventualmente algum nó onde seja necessário colocar acessórios, e pequenos poços para os ramais.



## Bibliografia:

ALEGRE, H.; ALMEIDA, M.C. – *Avaliação de níveis de qualidade serviço*, Vol. 12 da série “Gestão de sistemas de saneamento básico”, estudo realizado para a DGA e financiado pelo Fundo de Coesão da União Europeia, LNEC, Lisboa, 1995.

ALEGRE, H.; COVAS, D. – *Uma abordagem centrada na reabilitação*, Vol. 16 da série “Gestão Patrimonial de infra-estruturas de saneamento básico”, LNEC ERSAR e IST, Lisboa, 2010.

BAPTISTA, J. M.; MATOS, M. R.; *O saneamento básico em Portugal*, Série Gestão de Sistemas de Saneamento Básico, Volume 1, LNEC, Lisboa, 1995

COELHO, S.T.; ALEGRE, H. – *Indicadores de desempenho de sistemas de saneamento básico*, projecto financiado pela Direcção-Geral do Ambiente, relatório final, LNEC, Lisboa, 1997.

MAOT, Plano Estratégico de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais (2000-2006)

## Webgrafia:

Instituto Nacional de estatística <http://metaweb.ine.pt/>

## Anexos

## Anexo I – Indicadores de desempenho recomendados pelo ERSAR

INDICADORES DE DESEMPENHO PARA ABASTECIMENTO DE ÁGUA	Alta	Baixa
<b>Defesa dos interesses dos utilizadores</b>		
<u>Acessibilidade do serviço aos utilizadores</u>		
AA01 - Cobertura do serviço (%)	•	•
AA02 - Preço médio do serviço (€/m <sup>3</sup> )	•	•
<u>Qualidade do serviço prestado aos utilizadores</u>		
AA03 - Falhas no abastecimento [(n.º/(ponto de entrega . ano) ou n.º/(10 <sup>3</sup> ramais . ano)]	•	•
AA04 - Análises de água realizadas (%)	•	•
AA05 - Qualidade da água fornecida (%)	•	•
AA06 - Resposta a reclamações escritas (%)	•	•
<b>Sustentabilidade da entidade gestora</b>		
<u>Sustentabilidade económico-financeira da entidade gestora</u>		
AA07 - Rácio de cobertura dos custos operacionais (-)	•	•
AA08 - Custos operacionais unitários (€/m <sup>3</sup> )	•	•
AA09 - Rácio de solvabilidade (-)	•	•
AA10 - Água não facturada (%)	•	•
<u>Sustentabilidade infra-estrutural da entidade gestora</u>		
AA11 - Cumprimento do licenciamento das captações de água (%)	•	•
AA12 - Utilização das estações de tratamento (%)	•	•
AA13 - Capacidade de reserva de água tratada (d)	•	•
AA14 - Reabilitação de condutas (%/ano)	•	•
AA15 - Reabilitação de ramais (%/ano)	-	•
<u>Sustentabilidade operacional da entidade gestora</u>		
AA16 - Avarias em condutas [n.º/(100 km . ano)]	•	•
<u>Sustentabilidade em recursos humanos da entidade gestora</u>		
AA17 - Recursos humanos [n.º/(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> . ano) ou n.º/(10 <sup>3</sup> ramais . ano)]	•	•
<b>Sustentabilidade ambiental</b>		
AA18 - Ineficiência da utilização de recursos hídricos (%)	•	•
AA19 - Eficiência energética de instalações elevatórias [kWh/(m <sup>3</sup> x 100 m)]	•	•
AA20 - Destino final de lamas do tratamento (%)	•	•

(•) Aplicável; (-) Não aplicável

(Série Guias Técnicos - Sistema de avaliação da qualidade dos serviços de águas e resíduos prestados aos utilizadores)

## Anexo II – Plantas