

Gestão patrimonial de infra-estruturas de águas residuais e pluviais

Uma abordagem centrada na reabilitação

Autoria:

Maria do Céu Almeida

Maria Adriana Cardoso



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL



Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos

GESTÃO PATRIMONIAL DE INFRA-ESTRUTURAS DE ÁGUAS RESIDUAIS E PLUVIAIS

Uma abordagem centrada na reabilitação

Autoria:

Maria do Céu Almeida

Maria Adriana Cardoso

FICHA TÉCNICA

Título:

Gestão patrimonial de infra-estruturas de águas residuais e pluviais. Uma abordagem centrada na reabilitação

Autoria:

Maria do Céu Almeida
Maria Adriana Cardoso

Comissão técnica de apreciação:

Jaime Melo Baptista, João Almeida, Edgar Carvalho e Ana Rita Ramos

Colaboração:

A elaboração deste guia técnico contou com a colaboração da Helena Alegre do LNEC e da Dídia Covas do IST, nomeadamente na harmonização com o guia para sistemas de abastecimento de água, do desenhador Fernando Barreto do LNEC e dos bolsiros do Projecto AWARE-P, João Paulo Leitão, Nelson Carriço, Maria Santos Silva e Tiago Henrique.

Agradecimentos:

Agradece-se a colaboração das diversas pessoas e entidades que contribuíram para este guia através de fornecimento de informação específica, imagens, comentários e sugestões, incluindo: AdP Serviços S.A., AGS – Administração e Gestão de Sistemas de Salubridade S.A., Câmara Municipal de Lisboa, EPAL S.A., REFER EPE, SANEST S.A., SIMTEJO S.A., Serviços Municipalizados de Oeiras e Amadora e Compagnie General des Eaux – Portugal.

Financiamento:

A elaboração deste guia técnico foi co-financiada pela Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos e pelo Mecanismo Financeiro do Espaço Económico Europeu (EEA Grants), no âmbito do projecto AWARE-P – Advanced Water Asset Rehabilitation – Portugal, e pelos end-users do projecto: AdP Serviços S.A, AGS S.A., SMAS Oeiras & Amadora e Veolia Águas de Mafra.

Edição:

Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos
Laboratório Nacional de Engenharia Civil

Concepção gráfica:

Dimensão 6, comunicação, design, publicidade, Lda.

Revisão linguística:

Sítio do Livro, Lda.

Composição e paginação:

Europress, Lda.

Impressão e acabamentos:

Europress, Lda.

Tiragem:

1250 exemplares

Local e data da edição:

Lisboa, Dezembro de 2010

ISBN:

978-989-8360-05-2

Depósito legal:

267953/07

PREFÁCIO DA ERSAR

Desde 1993 foram realizados em Portugal mais de oito mil milhões de euros de investimentos em sistemas de abastecimento de água, saneamento de águas residuais e gestão de resíduos urbanos, dos quais mais de dois terços foram comparticipados por fundos comunitários. Em resultado dos fortes investimentos realizados, a situação evoluiu de forma bastante significativa no sentido de uma adequada prestação destes serviços de interesse geral à generalidade da população portuguesa e dando cumprimento aos exigentes normativos comunitários e nacionais em matéria ambiental e de saúde pública.

Contudo, após este ciclo de infra-estruturação é necessário redireccionar esforços para uma adequada gestão das infra-estruturas existentes, desde a sua manutenção preventiva às actividades de reparação e reabilitação, como forma de garantir elevados níveis de serviço ao longo de toda a sua vida útil. Num contexto, presente e futuro, em que os recursos financeiros tendem a ser cada vez mais escassos, e sem garantias de novos financiamentos comunitários, é indispensável rentabilizar e maximizar as infra-estruturas existentes como forma de assegurar a sustentabilidade económica e financeira dos serviços nos médio e no longo prazos.

A importância da gestão patrimonial de infra-estruturas foi inclusivamente reconhecida na recente legislação do sector, nomeadamente no Decreto-Lei n.º 194/2009, de 20 de Agosto, que determina que as entidades gestoras dos serviços devem dispor de informação sobre a situação actual e projectada das infra-estruturas, a sua caracterização e a avaliação do seu estado funcional e de conservação, sendo que as entidades gestoras que sirvam mais de 30 mil habitantes devem ainda promover e manter um sistema de gestão patrimonial de infra-estruturas.

Consciente da importância desta ferramenta e da sua potencial dificuldade de implementação, a ERSAR, no cumprimento da sua missão de regulação dos serviços de águas e resíduos em Portugal, integrou o projecto AWARE-P – *Advanced Water Assets Rehabilitation* – Portugal (www.aware-p.pt) em cujo âmbito foram elaborados dois guias técnicos de gestão patrimonial de infra-estruturas de serviços.

O presente Guia técnico, relativo a infra-estruturas de águas residuais e pluviais, foi elaborado pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) em parceria com a ERSAR.

O objectivo deste guia técnico é apoiar as entidades gestoras, nomeadamente os seus técnicos, a implementar de forma adequada as metodologias de gestão patrimonial de infra-estruturas, num processo evolutivo, de melhoria contínua no sentido da consolidação e sofisticação do sistema de gestão patrimonial de infra-estruturas.

Com efeito, a elaboração do plano de gestão patrimonial de infra-estruturas deve estar devidamente suportada por conhecimento e informação de base sobre os sistemas geridos. De referir que os pequenos sistemas, que em

virtude da sua escala não terão condições para implementar sistemas avançados de gestão patrimonial de infra-estruturas, e que por essa razão não são abrangidos pela obrigação legal referida, podem, e devem, aplicar medidas concretas para uma gestão patrimonial de infra-estruturas simplificada, que também são apresentadas neste Guia técnico.

A ERSAR pretende com este Guia técnico, dar mais um contributo no apoio às entidades gestoras, numa área particularmente importante e relevante para a qualidade do serviço prestado aos utilizadores e para a sustentabilidade económica e financeira das entidades gestoras.

Jaime Melo Baptista

(Presidente do Conselho Directivo da ERSAR)

Fernanda Maças

(Vogal do Conselho Directivo da ERSAR)

Carlos Lopes Pereira

(Vogal do Conselho Directivo da ERSAR)

PREFÁCIO DO LNEC

O presente guia resulta de um protocolo estabelecido entre o Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) e a Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos (ERSAR). Este guia faz parte de um conjunto de dois, sendo o primeiro dedicado aos sistemas de abastecimento de água. Com estas publicações, que se seguem a oito guias anteriormente elaborados em conjunto e publicados na mesma série, o LNEC e a ERSAR vêm confirmar o seu empenhamento na produção de guias que possam contribuir para a melhoria da qualidade dos serviços de abastecimento de água, de gestão de águas residuais e de gestão de resíduos urbanos.

A gestão patrimonial de infra-estruturas de águas residuais e pluviais é um tema estratégico, em que o LNEC tem vindo a apostar, em particular na última década, nomeadamente através de programas de investigação, de estudos de investigação aplicada e de consultoria especializada. Entre estes, destacam-se os projectos europeus CARE-W (2000-2005) e CARE-S (2001-2006), respectivamente sobre reabilitação de redes de água (Sægrov *et al.*, 2005) e de redes de águas residuais e pluviais (Sægrov *et al.*, 2006), onde o LNEC teve uma participação activa. Actualmente, encontra-se em desenvolvimento o projecto AWARE-P – Advanced Water Asset Rehabilitation in Portugal (2009-2011), coordenado pelo LNEC, no âmbito do qual está enquadrado o desenvolvimento destes guias.

A ERSAR tem como um dos seus objectivos estratégicos contribuir para a maior eficiência dos operadores, tanto regulados como não regulados, através de parcerias com as instituições técnicas e científicas mais relevantes do sector. A insuficiente ou inadequada reabilitação dos sistemas é, reconhecidamente, uma das causas de ineficiência dos operadores de sistemas urbanos de água, razão pela qual a ERSAR e o LNEC entenderam oportuna a iniciativa de elaboração destes guias.

Para além de colmatar uma lacuna em termos da bibliografia em língua portuguesa, cremos que este guia apresenta uma abordagem inovadora. De facto, embora os modernos princípios de gestão apontem consistentemente para a necessidade de planear a actividade de uma organização em termos estratégicos, táticos e operacionais, e algumas publicações dedicadas à gestão de infra-estruturas também preconizarem estes princípios, a forma de os concretizar, num modelo dirigido e aplicado, não se encontra publicada.

O presente guia procura ocupar este espaço, assentando na experiência profissional da equipa que nele participou, na extensa bibliografia consultada e no desenvolvimento de novos procedimentos, que importa aperfeiçoar e enriquecer com a experiência e prática dos utilizadores.

Tal como em guias anteriores, pretende-se proporcionar um instrumento de trabalho para as entidades gestoras, a quem cabe a tarefa principal de o pôr em prática.

Carlos Matias Ramos

(Presidente do LNEC)

Rafaela de Saldanha Matos

(Directora do Departamento de Hidráulica
e Ambiente do LNEC)

ÍNDICE GERAL

	pág.
PARTE I – ENQUADRAMENTO GERAL	1
1. Introdução	3
2. Relevância da reabilitação e conceitos básicos	5
3. Reabilitação no contexto da gestão técnica	43
PARTE II – ABORDAGEM INTEGRADA DE REABILITAÇÃO	49
4. Estratégia geral de reabilitação	51
5. Planeamento estratégico	55
6. Planeamento tático	63
7. Planeamento operacional	85
PARTE III – INSTRUMENTOS, METODOLOGIAS E TÉCNICAS DE APOIO À REABILITAÇÃO	95
8. Instrumentos e metodologias de apoio à reabilitação	97
9. Técnicas de reabilitação	211
10. Procedimentos operacionais	279
BIBLIOGRAFIA	291
ANEXOS	305

ÍNDICES DETALHADOS

ÍNDICE DE TEXTO	pág.
PARTE I – ENQUADRAMENTO GERAL	1
1. Introdução	3
2. Relevância da reabilitação e conceitos básicos	5
2.1. Relevância da reabilitação	5
2.2. Conceitos de reabilitação	11
2.2.1. Nota introdutória	11
2.2.2. Conceitos e terminologia de reabilitação	12
2.2.3. Outros conceitos relevantes	15
2.3. Causas de degradação do desempenho dos sistemas	16
2.3.1. Principais tipos de causas	16
2.3.2. Causas internas	17
2.3.3. Causas externas	26
2.3.4. Incorreções de concepção e projecto	27
2.3.5. Práticas de construção inadequadas	28
2.3.6. Insuficiências de operação e de manutenção	30
2.3.7. Outras causas	32
2.4. Principais tipos de consequências do desempenho inadequado	32
2.4.1. Dimensões de análise das consequências	32
2.4.2. Dimensão técnica	32
2.4.3. Dimensão económico-financeira	34
2.4.4. Dimensão saúde e segurança públicas	35
2.4.5. Dimensão ambiental	36
2.4.6. Dimensão social	37
2.5. Relação entre causas, anomalias e sintomas	37
3. Reabilitação no contexto da gestão técnica	43
3.1. Nota introdutória	43
3.2. Reabilitação nas componentes da gestão técnica	43
PARTE II – ABORDAGEM INTEGRADA DE REABILITAÇÃO	49
4. Estratégia geral de reabilitação	51
5. Planeamento estratégico	55
5.1. Estrutura do planeamento estratégico	55
5.2. Contexto externo e interno	56
5.3. Definição dos objectivos estratégicos	58
5.4. Definição das estratégias e produção do plano	60
6. Planeamento tático	63
6.1. Estrutura do planeamento tático	63
6.2. Critérios de avaliação, medidas de desempenho e metas ..	64

6.3. Diagnóstico	70
6.4. Avaliação	76
6.5. Desenvolvimento do plano tático	78
7. Planeamento operacional	85
7.1. Estrutura do planeamento operacional	85
7.2. Implementação das intervenções propostas e programa de trabalhos	86
7.2.1. Etapas da implementação	86
7.2.2. Programa base	86
7.2.3. Estudo prévio	87
7.2.4. Anteprojecto ou projecto-base	88
7.2.5. Projecto de execução	89
7.2.6. Construção	90
7.2.7. Recepção da obra	92
7.3. Monitorização do desempenho	92
7.4. Compilação de informação para revisão do plano	93
7.5. Actualização do programa de trabalhos	93
PARTE III – INSTRUMENTOS, METODOLOGIAS E TÉCNICAS DE APOIO À REABILITAÇÃO	95
8. Instrumentos e metodologias de apoio à reabilitação	97
8.1. Nota introdutória	97
8.2. Instrumentos e metodologias para a recolha de dados	97
8.2.1. Tarefas típicas para recolha de dados	97
8.2.2. Inspeção	99
8.2.3. Medição	105
8.3. Instrumentos e tecnologias para o armazenamento, processamento e disponibilização de dados	113
8.3.1. Gestão da informação	113
8.3.2. Processamento e análise de dados de caudal e de precipitação	118
8.4. Modelação matemática para apoio à reabilitação	123
8.4.1. Utilização da modelação matemática	123
8.4.2. Metodologia para desenvolvimento e utilização de modelos matemáticos	127
8.4.3. Principais dados necessários e resultados produzidos	134
8.4.4. Principais aplicações computacionais disponíveis ..	136
8.5. Instrumentos e técnicas de avaliação de desempenho	139
8.5.1. Objectivos da avaliação de desempenho	139
8.5.2. Estabelecimento de um sistema de avaliação de desempenho para apoio à reabilitação	140
8.5.3. Indicadores de desempenho	143
8.5.4. Utilização de índices para avaliação do desempenho técnico	146
8.5.5. Aplicações computacionais disponíveis	153

8.6.	Abordagens com base em análise de custos	154
8.6.1.	Objectivos das abordagens baseadas em custos ...	154
8.6.2.	Índice de valor da infra-estrutura	154
8.6.3.	Avaliação económica de alternativas	156
8.7.	Metodologias para avaliação da condição estrutural	161
8.8.	Metodologias para controlo de afluências indevidas	163
8.8.1.	Problemática das afluências indevidas e da exfiltração	163
8.8.2.	Impactes das afluências indevidas e da exfiltração	168
8.8.3.	Enquadramento legal, de planeamento estratégico e de regulação	169
8.8.4.	Abordagens metodológicas gerais	172
8.8.5.	Métodos para identificação de causas e apoio ao diagnóstico	176
8.8.6.	Medidas de desempenho específicas	189
8.9.	Instrumentos integrados de apoio à decisão em reabilitação	194
8.9.1.	Nota introdutória	194
8.9.2.	Sistema CARE-S	195
8.9.3.	Estrutura e funcionalidades do sistema CARE-S ...	199
9.	Técnicas de reabilitação	211
9.1.	Nota introdutória	211
9.2.	Classificação das técnicas de reabilitação	211
9.3.	Técnicas de renovação	214
9.3.1.	Considerações gerais	214
9.3.2.	Entubamento com tubagem contínua	214
9.3.3.	Entubamento com tubagem ajustada	218
9.3.4.	Entubamento com tubagem curada <i>in situ</i>	222
9.3.5.	Entubamento com troços de tubagem	227
9.3.6.	Entubamento com banda em espiral	230
9.3.7.	Entubamento formado <i>in loco</i>	232
9.3.8.	Entubamento com segmentos de tubagem	234
9.3.9.	Revestimento projectado ou com cofragem	237
9.4.	Técnicas de substituição	240
9.4.1.	Considerações gerais	240
9.4.2.	Substituição com abertura de vala	240
9.4.3.	Substituição com abertura de vala reduzida	243
9.4.4.	Substituição em galeria sem intervenção humana .	244
9.4.5.	Substituição em galeria com intervenção humana .	252
9.5.	Técnicas de reparação	255
9.5.1.	Considerações gerais	255
9.5.2.	Reparação com injeção de argamassa não retráctil	256
9.5.3.	Reparação com remendo curado <i>in situ</i>	260
9.5.4.	Reparação com material projectado	262
9.5.5.	Reparação com vedação com meios mecânicos	266
9.5.6.	Reparação da ligação de ramal	268

9.6. Técnicas específicas para câmaras de visita	271
9.7. Aplicabilidade e selecção das técnicas de reabilitação	272
10. Procedimentos operacionais	279
10.1. Nota introdutória	279
10.2. Ensaio de estanquidade com água ou com ar	279
10.2.1. Ensaio em componentes pré-instalação	279
10.2.2. Ensaio em componentes pós-instalação	280
10.3. Limpeza	281
10.3.1. Gestão de operações de limpeza	281
10.3.2. Controlo das operações de limpeza	284
10.3.3. Práticas de trabalho	285
10.3.4. Técnicas de limpeza	286
BIBLIOGRAFIA	291
ANEXOS	305
Anexo I – Lista de normas e legislação relevante	307
Anexo I-A – Lista de normas europeias e portuguesas	307
Anexo I-B – Lista de normas ISO	310
Anexo I-C – Legislação nacional	311
Anexo I-D – Legislação comunitária	312
Anexo II – Requisitos a considerar na implementação do plano de reabilitação	313
Anexo II-A – Fase de projecto	313
Anexo II-B – Fase de construção	325
Anexo III – Indicadores de desempenho para apoio à reabilitação recomendados no sistema CARE-S	333
Anexo IV – Abreviaturas de materiais	337

ÍNDICE DE FIGURAS

	pág.
Figura 2.1 – Evolução da população servida (ERSAR, 2009a)	6
Figura 2.2 – Exemplo de distribuição de materiais em colectores num sistema de grande dimensão	7
Figura 2.3 – Exemplo de distribuição de diâmetro dos colectores num sistema de grande dimensão	7
Figura 2.4 – Materiais predominantes nos colectores em diferentes gamas de diâmetros: 200 a 500 mm e 1000 a 1500 mm	8
Figura 2.5 – Ilustração da evolução da degradação ao longo do tempo, por efeito de causas internas, no caso de um grande colector em betão simples	19
Figura 2.6 – Esquemas dos mecanismos de degradação sequenciais no caso de um grande colector em betão simples	20
Figura 2.7 – Evidência de desgaste devido à agressividade química das águas residuais	21
Figura 2.8 – Locais sujeitos a maior desgaste por efeito do escoamento	23
Figura 2.9 – Evidência de corrosão numa câmara de visita	24
Figura 2.10 – Efeito da altura de sedimentos na capacidade hidráulica (Ashley <i>et al.</i> , 2004)	25
Figura 2.11 – Exemplos de deposição de sedimentos em colectores	26
Figura 2.12 – Exemplos de deficiências associadas a problemas de construção – materiais plásticos	30
Figura 2.13 – Exemplos de deficiências associadas a problemas de construção – materiais rígidos	30
Figura 2.14 – Exemplos de consequências de desempenho hidráulico inadequado	33
Figura 2.15 – Exemplos de consequências de desempenho ambiental inadequado	34
Figura 2.16 – Exemplos de ocorrências com potencial impacto na segurança e saúde públicas	36
Figura 2.17 – Exemplos de ocorrências com potencial impacto social	37
Figura 3.1 – Processo de gestão do risco	46
Figura 4.1 – Relação entre níveis de planeamento, níveis de decisão e âmbito dos planos	53
Figura 5.1 – Fases do planeamento estratégico	55
Figura 6.1 – Fases do planeamento tático	63
Figura 6.2 – Etapas típicas da fase de diagnóstico no planeamento tático	70

Figura 6.3	– Etapas típicas da fase de avaliação no planeamento tático	76
Figura 6.4	– Etapas típicas da fase de desenvolvimento do plano tático	79
Figura 6.5	– Exemplo de processo de decisão para a selecção de soluções para melhoria da condição estrutural	81
Figura 6.6	– Representação esquemática do processo de degradação do desempenho ao longo do tempo ...	82
Figura 7.1	– Fases do planeamento operacional	85
Figura 8.1	– Equipamento e imagens de levantamento com laserscan	101
Figura 8.2	– Exemplo de localização de medidores de caudal para diferentes níveis de densidade de pontos de medição	109
Figura 8.3	– Exemplos de instalações de medição de caudal	111
Figura 8.4	– Exemplo de udómetro e hietograma	113
Figura 8.5	– Exemplo de tabela síntese de eventos pluviométricos independentes	120
Figura 8.6	– Apresentação das tabelas e gráficos dos eventos pluviométricos seleccionados	121
Figura 8.7	– Perfil adimensional do caudal de tempo seco	122
Figura 8.8	– Evolução dos caudais diários médios, máximos e mínimos	123
Figura 8.9	– Faseamento do desenvolvimento de um modelo	128
Figura 8.10	– Exemplo de planta e perfil longitudinal de um modelo ..	130
Figura 8.11	– Exemplo de resultados da fase de calibração	133
Figura 8.12	– Exemplo de resultados de modelação na forma gráfica	135
Figura 8.13	– Exemplo de resultados de modelação na forma de tabela	136
Figura 8.14	– Exemplo de resultados de modelação na forma de representação espacial	136
Figura 8.15	– Etapas de implementação do sistema de avaliação de desempenho das componentes de uma infra-estrutura	141
Figura 8.16	– Sistema de indicadores de desempenho da IWA (Alegre, 2007)	144
Figura 8.17	– Exemplos de funções de desempenho	150
Figura 8.18	– Exemplos de resultados da metodologia de avaliação ..	152
Figura 8.19	– Fases incluídas no ciclo de vida e na vida completa (ISO 15686-5: 2008)	158
Figura 8.20	– Esquema ilustrativo do efeito da precipitação e da infiltração em sistemas separativos domésticos ..	166

Figura 8.21 – Exemplos de situações de descarga de caudais não tratados	169
Figura 8.22 – Faseamento típico para minimização de aflúências indevidas	172
Figura 8.23 – Caudal registado num colector separativo doméstico ..	177
Figura 8.24 – Alternativas de faseamento de campanhas de medição	178
Figura 8.25 – Exemplos de anomalias detectadas por inspecção visual	179
Figura 8.26 – Aplicação de teste de fumo	181
Figura 8.27 – Exemplo de uso de traçadores para identificação do local de ligação de ramal: traçador (esq.) e condutivímetro (dir.)	182
Figura 8.28 – Simulação do efeito da precipitação no caudal da rede separativa doméstica e comparação com observações ..	187
Figura 8.29 – Diagrama de desempenho de um sistema para a altura de escoamento (eventos fraco (a), médio (b) e forte (c))	187
Figura 8.30 – Diagrama do sistema para a velocidade de escoamento (eventos fraco (a), médio (b) e forte (c))	188
Figura 8.31 – Representação nível versus velocidade (<i>scattergraph</i>)	190
Figura 8.32 – Participantes no projecto CARE-S	196
Figura 8.33 – Componentes principais do protótipo CARE-S	197
Figura 8.34 – Janela de importação de dados do “CARE-S Manager”	201
Figura 8.35 – Janela para correr as ferramentas específicas a partir do “CARE-S Manager”	201
Figura 8.36 – PI-Tool/S: Janela para escolha do “data set” com que se pretende trabalhar	202
Figura 8.37 – Janela para selecção de indicadores e de variáveis no módulo de avaliação de desempenho	202
Figura 8.38 – Janelas dos gráficos produzidos automaticamente	203
Figura 8.39 – Janelas de resultados do Z-Model	204
Figura 8.40 – Janelas de resultados do Hellmud	206
Figura 8.41 – Janelas de selecção das tecnologias de reabilitação disponíveis	207
Figura 8.42 – Janelas de resultados do módulo das consequências sócio-económicas	208
Figura 8.43 – Janelas de resultados de SRP	209
Figura 8.44 – Janelas de resultados de LTP	209
Figura 9.1 – Esquema representativo da técnica de entubamento contínuo	215

Figura 9.2	– Entubamento contínuo com soldadura dos tubos	216
Figura 9.3	– Diagrama com faseamento típico de uma obra com a técnica de entubamento contínuo	217
Figura 9.4	– Esquema representativo de técnicas de entubamento ajustado	220
Figura 9.5	– Esquema representativo de técnicas de entubamento com tubagem curada <i>in situ</i>	222
Figura 9.6	– Diagrama com faseamento típico de uma obra com a técnica de entubamento com tubagem curada <i>in situ</i>	223
Figura 9.7	– Entubamento com tubagem curada <i>in situ</i> (inserção com guincho)	224
Figura 9.8	– Entubamento com tubagem curada <i>in situ</i> (inserção por inversão)	225
Figura 9.9	– Esquema representativo da técnica de entubamento com troços de tubagem	228
Figura 9.10	– Esquema representativo da técnica de entubamento com banda em espiral	230
Figura 9.11	– Esquema da técnica de entubamento formado <i>in loco</i>	233
Figura 9.12	– Diagrama com faseamento típico de uma obra com a técnica de entubamento formado <i>in loco</i>	233
Figura 9.13	– Esquema da técnica de entubamento com segmentos de tubagem	235
Figura 9.14	– Esquema representativo da técnica de revestimento projectado ou com cofragem	238
Figura 9.15	– Esquema representativo da técnica de substituição com abertura de vala (a) parede da vala vertical, (b) vala com taludes	241
Figura 9.16	– Exemplos de substituição com abertura de vala	241
Figura 9.17	– Esquema da técnica de substituição com abertura de vala reduzida	243
Figura 9.18	– Técnicas de substituição em galeria sem intervenção humana: técnicas não dirigíveis	245
Figura 9.19	– Técnicas de substituição em galeria sem intervenção humana: técnicas dirigíveis	245
Figura 9.20	– Substituição em galeria sem intervenção humana: esquema de técnica com deslocamento do solo com sistema de impacto	247
Figura 9.21	– Substituição em galeria sem intervenção humana: esquema de técnica com deslocamento do solo com rebentamento do colector	247

Figura 9.22 – Substituição em galeria sem intervenção humana: detalhe de técnica com deslocamento do solo com rebentamento do colector	247
Figura 9.23 – Substituição em galeria sem intervenção humana: esquema de técnica com escavação por percussão ou impulso com tubo aberto	248
Figura 9.24 – Substituição em galeria sem intervenção humana: esquema de técnica com escavação por perfuração com trado	249
Figura 9.25 – Aplicação da técnica de micro galeria com remoção hidráulica	250
Figura 9.26 – Aplicação da técnica de micro galeria com remoção hidráulica	251
Figura 9.27 – Esquema representativo da técnica de cravamento de tubagem	253
Figura 9.28 – Esquema representativo da injeção manual de argamassa em juntas	256
Figura 9.29 – Pormenor ilustrativo do efeito da injeção de argamassa em alvenaria	256
Figura 9.30 – Esquema representativo da injeção de enchimento com argamassa não retráctil	257
Figura 9.31 – Esquema representativo de reparação com remendo curado <i>in situ</i>	261
Figura 9.32 – Aplicação de reparação com remendo curado <i>in situ</i> ..	261
Figura 9.33 – Reparação com material projectado: (a) aplicação com robot e (b) pormenor do módulo de projecção	264
Figura 9.34 – Reparação com material projectado: aplicação manual	264
Figura 9.35 – Reparação com vedação com meios mecânicos: exemplo de técnica para colectores visitáveis	266
Figura 9.36 – Reparação da ligação de ramal: exemplos de configuração	268
Figura 9.37 – Reparação da ligação de ramal: exemplo de técnicas com robot	269
Figura 10.1 – Gestão de operações de limpeza	282
Figura 10.2 – Operação de limpeza com jacto de água de alta pressão com sucção	287

ÍNDICE DE QUADROS

pág.

Quadro 2.1	– Desempenho infra-estrutural dos operadores regulados de 2005 a 2008: intercepção e tratamento de águas residuais (IRAR 2006, 2007, 2008; ERSAR, 2009b)	9
Quadro 2.2	– Desempenho infra-estrutural dos operadores regulados de 2005 a 2008: colecta e transporte de águas residuais (IRAR 2006, 2007, 2008; ERSAR, 2009b)	10
Quadro 2.3	– Vida útil média para componentes de sistemas de águas residuais e pluviais	16
Quadro 2.4	– Comportamento médio dos materiais ao desgaste	20
Quadro 2.5	– Causas e sintomas associados a anomalias hidráulicas	38
Quadro 2.6	– Causas e sintomas associados a impactos ambientais	39
Quadro 2.7	– Causas e sintomas associados a anomalias estruturais	40
Quadro 2.8	– Causas e sintomas associadas a impactos sócio-económicos	41
Quadro 2.9	– Causas e sintomas com impacto potencial na saúde pública	41
Quadro 5.1	– Exemplos de aspectos do contexto externo relevantes para uma estratégia de reabilitação	57
Quadro 5.2	– Exemplos de aspectos do contexto interno relevantes para uma estratégia de reabilitação	57
Quadro 5.3	– Objectivos estratégicos segundo as normas (a) EN 752:2008 e (b) ISO 24511:2007(E)	58
Quadro 5.4	– Exemplo de critério, medida de desempenho e meta associados ao objectivo estratégico “Protecção da saúde e segurança públicas”	59
Quadro 5.5	– Exemplo de critério, medida de desempenho e meta associados ao objectivo estratégico “Sustentabilidade da entidade gestora”	60
Quadro 5.6	– Exemplo de critério, medida de desempenho e meta associados ao objectivo estratégico “Fornecimento do serviço em condições normais e de emergência”	60
Quadro 5.7	– Exemplo de critério, medida de desempenho e meta associados ao objectivo estratégico “Protecção do meio ambiente”	60
Quadro 6.1	– Exemplos de critérios tácticos e sua relação com os objectivos estratégicos	65
Quadro 6.2	– Exemplos de critérios de avaliação para diferentes categorias	66

Quadro 6.3	– Exemplos de medidas de desempenho e metas associados aos critérios associados ao desempenho hidráulico	67
Quadro 6.4	– Exemplos de medidas de desempenho e metas associados aos critérios associados ao desempenho ambiental	68
Quadro 6.5	– Exemplos de medidas de desempenho e metas associados aos critérios associados à condição estrutural	68
Quadro 6.6	– Exemplos de medidas de desempenho e metas associados aos critérios associados ao desempenho sócio-económico	69
Quadro 6.7	– Exemplos de medidas de desempenho e metas associados aos critérios associados à qualidade de serviço	69
Quadro 6.8	– Aspectos a considerar na etapa de análise da informação	73
Quadro 6.9	– Matriz com exemplos de soluções de reabilitação ..	80
Quadro 8.1	– Ferramentas de apoio à gestão da informação	115
Quadro 8.2	– Exemplos de objectivos de modelação em sistemas de águas residuais e pluviais	126
Quadro 8.3	– Exemplo de ficha de definição de indicador de desempenho	145
Quadro 8.4	– Objectivos relativos à avaliação da capacidade de escoamento e da condição de auto-limpeza do sistema	151
Quadro 8.5	– Níveis de condição estrutural interna	162
Quadro 8.6	– Parâmetros recomendados para detecção de ligações indevidas a colectores	184
Quadro 8.7	– Outros indicadores relevantes na avaliação do desempenho técnico para a situação mais desfavorável observada	189
Quadro 8.8	– Indicadores de desempenho para a infiltração, calculados com base no caudal mínimo diário	191
Quadro 8.9	– Indicadores de desempenho para aflúências indevidas à rede doméstica de origem pluvial	192
Quadro 8.10	– Indicadores de desempenho para aflúências indevidas à rede pluvial de origem doméstica ou industrial	192
Quadro 9.1	– Classificação das técnicas de reabilitação	213
Quadro 9.2	– Entubamento com tubagem contínua: características e condições de aplicação	218
Quadro 9.3	– Entubamento com tubagem ajustada: características e condições de aplicação	221
Quadro 9.4	– Entubamento com tubagem curada <i>in situ</i> : características e condições de aplicação	226

Quadro 9.5 – Entubamento com troços de tubagem: características e condições de aplicação	229
Quadro 9.6 – Entubamento com banda em espiral: características e condições de aplicação	231
Quadro 9.7 – Entubamento formado <i>in loco</i> : características e condições de aplicação	234
Quadro 9.8 – Entubamento com segmentos de tubagem: características e condições de aplicação	236
Quadro 9.9 – Revestimento projectado ou com cofragem: características e condições de aplicação	239
Quadro 9.10 – Substituição com abertura de vala: características e condições de aplicação	242
Quadro 9.11 – Substituição com abertura de vala reduzida: características e condições de aplicação	244
Quadro 9.12 – Substituição em galeria sem intervenção humana: características e condições de aplicação	252
Quadro 9.13 – Substituição em galeria com intervenção humana: características e condições de aplicação	254
Quadro 9.14 – Reparação com injeção de argamassa não retráctil com recurso a robot: características e condições de aplicação	258
Quadro 9.15 – Reparação com injeção manual de argamassa não retráctil: características e condições de aplicação	259
Quadro 9.16 – Reparação com injeção de enchimento com argamassa não retráctil: características e condições de aplicação	260
Quadro 9.17 – Reparação com remendo curado <i>in situ</i> : características e condições de aplicação	262
Quadro 9.18 – Reparação com material projectado: características e condições de aplicação	265
Quadro 9.19 – Reparação com vedação com meios mecânicos: características e condições de aplicação	267
Quadro 9.20 – Reparação da ligação de ramal: características e condições de aplicação	270
Quadro 9.21 – Síntese das características de aplicação das técnicas de reabilitação	273
Quadro 9.22 – Síntese das condições de aplicação das técnicas ..	274
Quadro 9.23 – Níveis de desempenho estrutural: cargas externas ..	275
Quadro 9.24 – Níveis de desempenho estrutural: cargas internas ..	275
Quadro 9.25 – Níveis de desempenho hidráulico	276
Quadro 9.26 – Níveis de impacto local	276
Quadro 9.27 – Níveis de acessibilidade ao colector	276
Quadro 9.28 – Níveis típicos associados a técnicas de renovação e reparação	277

LISTA DE ACRÓNIMOS

ASCE	<i>American Society of Civil Engineers</i>
AWARE-P	<i>Advanced Water Asset Rehabilitation in Portugal</i>
CAD	<i>Computerassisteddesign</i>
CARE-S	<i>Computer Aided Rehabilitation of Sewer Networks</i>
CAT	<i>Combined Sewer Overflow Assessment Tool</i>
CCTV	<i>Closedcircuit TV</i>
CEN	<i>EuropeanCommittee for Standardization</i>
CRC	<i>CurrentReplacementCost</i>
ERP	<i>EnterpriseResourcePlanning</i>
ERSAR	Entidade Reguladora de Serviços de Águas e Resíduos
ETAR	Estação de tratamento de águas residuais
GAT	<i>GroundwaterAssesmentTool</i>
GPI	Gestão patrimonial de infra-estruturas
ID	Indicadores de desempenho
IE tool	<i>Infiltration-Exfiltrationtool</i>
INAG	Instituto da Agua
IndD	Índices de desempenho
INSAAR	Inventário Nacional de Sistemas de Abastecimento de Água e de Águas Residuais
IRAR	Instituto Regulador de Águas e Resíduos
ISO	<i>InternationalOrganizationofStandardization</i>
IST	Instituto Superior Técnico
IVI	Índice de valor da infra-estrutura
IWA	<i>InternationalWaterAssociation</i>
LCC	<i>LifeCycleCost</i>
LIMS	Sistemas de gestão da informação laboratorial
LNEC	Laboratório Nacional de Engenharia Civil
LTP	<i>Long TermPlanning</i>
MAOT	Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território
ND	Níveis de desempenho
PEAASAR	Plano Estratégico de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais

PF	Falha potencial (<i>Potentialfaillure</i>)
QREN	Quadro de Referência Estratégico Nacional
RV	<i>ReplacementValue</i>
SCADA	<i>Supervisory control and data acquisition</i>
SIG	Sistemas de informação geográfica
SNIRH	Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos
SRP	<i>ShortRehabilitationPlanning</i>
SRT	<i>SelectionofRehabilitationTechnology</i>
SWOT	<i>Strengths, Weaknesses, Opportunities e Threats</i>
TA	Taxa de actualização
VAL	Valor actual líquido
WLC	<i>WholeLifeCosts</i>
WRc	<i>WaterResearch Centre</i>

PARTE I – ENQUADRAMENTO GERAL

1. INTRODUÇÃO

A gestão patrimonial de infra-estruturas (GPI) urbanas de água é cada vez mais reconhecida como essencial para atingir a sustentabilidade dos serviços urbanos de água. As actividades de reabilitação e manutenção integram-se naturalmente na gestão dos activos corpóreos, desejavelmente numa base de gestão sustentável no ciclo de vida. Com a entrada em vigor do Decreto-Lei n.º 194/2009, de 20 de Agosto, relativo ao regime dos serviços municipais de abastecimento de água, de saneamento de águas residuais e de gestão de resíduos urbanos, a publicação deste guia torna-se particularmente oportuna. Este decreto-lei (Art.º 8.º), requer que as entidades gestoras que sirvam mais do que 30000 habitantes promovam e mantenham um sistema de GPI que, no essencial, corresponde à implementação de uma estratégia proactiva de reabilitação.

Assim, a reabilitação de infra-estruturas urbanas de água constitui uma actividade determinante para a garantia do cumprimento dos requisitos de desempenho dos sistemas. De facto, por um lado, as infra-estruturas estão sujeitas a diferentes causas de degradação ao longo do tempo e, por outro, as exigências de desempenho tendem a aumentar.

Um dos objectivos da ERSAR, Entidade Reguladora de Serviços de Águas e Resíduos, é promover o aumento da eficiência das entidades gestoras de sistemas de águas residuais. No entanto, a coexistência de sistemas separativos e unitários, leva a que seja de interesse abordar a problemática da reabilitação dos sistemas de águas residuais e pluviais conjuntamente, quer pela existência de interligações, quer pela afinidade das abordagens.

Este guia tem como objectivo apoiar as entidades gestoras de sistemas de águas residuais e pluviais na definição de uma estratégia preventiva de reabilitação das suas infra-estruturas, em particular para as redes de colectores, estando excluídas as questões específicas de outros componentes, como sejam as instalações de tratamento ou de bombeamento, embora em geral a abordagem seja aplicável aos diferentes tipos de componentes.

A abordagem proposta propicia a utilização de técnicas inovadoras, científica e tecnicamente robustas e concretizadas em instrumentos amigáveis, operacionais e eficazes, de forma a potenciar a melhoria da qualidade do serviço prestado aos utilizadores, garantindo a sustentabilidade infra-estrutural, operacional, económico-financeira e ambiental das entidades gestoras portuguesas.

O guia pretende constituir um instrumento de apoio à gestão técnica, assentando em bases técnico-científicas sólidas e actuais, com um carácter essencialmente prático. Nesta linha, apresentam-se exemplos da experiência portuguesa que permitem ilustrar a aplicação de diferentes soluções em contextos diversos.

O texto está organizado em três partes. A primeira parte é de enquadramento geral. Para além desta introdução, justifica-se a relevância da reabilitação, apresentando-se os conceitos-chave nesta temática, as principais causas de degradação do desempenho dos sistemas, as consequências associadas e a interacção entre causas, anomalias e sintomas. A finalizar esta parte, enquadra-se a reabilitação nos principais processos de gestão técnica de sistemas de águas residuais e pluviais tendo em conta a norma ISO 24511:2007 (ISO, 2007b).

Na segunda parte, relativa à abordagem integrada da reabilitação, propõe-se uma estratégia geral de reabilitação, nas perspectivas do planeamento estratégico, tático e operacional. Para cada uma destas perspectivas, pormenorizam-se as principais fases.

Na terceira parte, apresentam-se os instrumentos, as metodologias e as técnicas mais relevantes para a reabilitação, incluindo instrumentos e metodologias para: recolha, armazenamento, processamento e disponibilização de dados; modelação matemática do comportamento hidráulico; avaliação de desempenho; avaliação da condição estrutural; controlo de afluências indevidas; e instrumentos integrados de apoio à decisão. Finalmente, descrevem-se diferentes técnicas de reabilitação.

Este guia tem como principais destinatários os técnicos das entidades gestoras de sistemas de águas residuais e pluviais. Pode também ser útil para técnicos de empresas de consultoria de engenharia e constituir um elemento de estudo em cursos de formação avançada ou contínua em engenharia civil e áreas afins.

O guia pode ser utilizado como um texto didáctico, de leitura sequencial, ou como um livro de consulta. No segundo caso, recomenda-se uma leitura prévia do Capítulo 4, onde se sintetiza a estratégia geral de reabilitação recomendada e se apresenta a organização dos diversos capítulos da parte II. Na parte III podem ser consultados os diversos instrumentos, metodologias e técnicas de apoio à reabilitação.

2. RELEVÂNCIA DA REABILITAÇÃO E CONCEITOS BÁSICOS

2.1. Relevância da reabilitação

Os sistemas de drenagem urbana, para além de prestarem um serviço fundamental para a saúde e o bem-estar das populações, e para a preservação do ambiente, com todos os benefícios económicos e sociais daí decorrentes, constituem uma parcela do património construído de grande valor, a proteger e a manter, correspondente a vultuosos investimentos realizados no passado e a realizar no futuro.

Na Europa, os sistemas de drenagem no conceito actual remontam pelo menos ao século XIII. Em Valência, Espanha, existem referências à construção de uma rede de drenagem concluída em 1258 (Marqués, 1993). Em Paris, a construção do primeiro colector coberto remonta a 1370 (Burian e Eduards, 2002). Em Lisboa, na sequência do terramoto de 1755, foi construída uma parte da rede da Baixa Pombalina, ainda hoje em funcionamento como colector unitário. No século XIX, na sequência de epidemias com graves consequências que levaram, em muitos casos, à adopção de uma visão higienista, foram construídas redes em várias cidades europeias. Por exemplo, o início da construção da rede de drenagem de Londres ocorre na segunda metade do século XIX na sequência da aprovação do “*British Public Health Act*”, em 1848 (UCL, 2002). Em 1884, Ressano Garcia desenvolveu um plano para a rede geral de esgotos da cidade de Lisboa. No Porto é concluída, em 1907, aquela que se pensa ser a primeira rede separativa doméstica portuguesa que, por falta de ramais de ligação, só se considera em funcionamento em 1927, depois de obras de reabilitação em virtude de duas décadas sem utilização (Medeiros, 2000).

Apesar destes desenvolvimentos precoces, os níveis de atendimento da população servida com rede de drenagem de águas residuais em Portugal mantiveram-se muito baixos até 1976 (segundo Martins, 1998, cerca de 30%). Segundo estimativas referentes a 1990, este valor terá duplicado neste período de duas décadas e, em 2002, atingido 68% (IRAR, 2005). De acordo com IRAR (2007), o atendimento era de 73% em 2005. Os valores dos níveis de atendimento no continente, publicados no relatório do INSAAR relativo a 2007 (INAG, 2008), são de 80% e 70%, respectivamente para o serviço de drenagem de águas residuais e para o tratamento de águas residuais. Na Figura 2.1 apresenta-se a evolução estimada da população servida (ERSAR, 2009a).

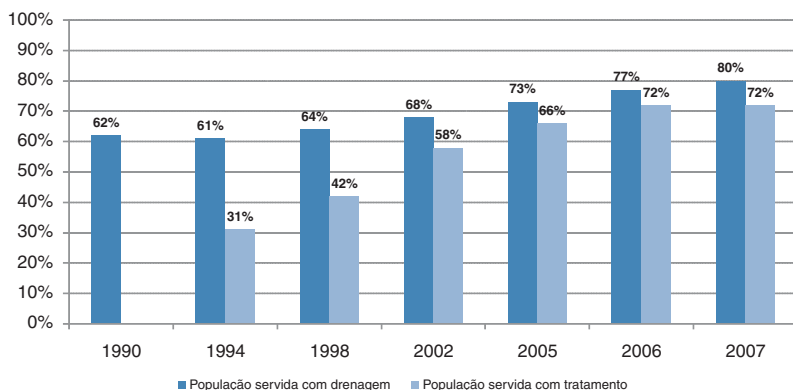


Figura 2.1 – Evolução da população servida (ERSAR, 2009a)

Assim, no PEAASAR, são previstos investimentos significativos para a conclusão das infra-estruturas dos sistemas de águas residuais até 2013, de 480 milhões de euros para os sistemas plurimunicipais, e de 1,5 bilhões de euros para os sistemas municipais (MAOT, 2006). No relativo à reabilitação, é referida apenas a necessidade associada ao controlo de aflúências indevidas aos sistemas unitários e separativos domésticos.

A informação sistematizada sobre as infra-estruturas existentes é ainda escassa. O INSAAR (2002) aponta para extensões totais de emissários, interceptores e exdutores de cerca de 1 300 km. No que toca às redes de drenagem, a informação disponível menciona comprimentos próximos de 10 000 km (IRAR, 2006). As estimativas referidas no PEAASAR para a extensão de interceptores, para o final de 2008, apontavam para um valor de 4 067 km (MAOT, 2006). No sector concessionado, a informação disponível para o ano de 2008 aponta para um total de colectores, interceptores e emissários de cerca de 3300 km nos sistemas em alta, e cerca de 4 700 km nos sistemas em baixa (ERSAR, 2009a).

A evolução da expansão das redes de drenagem espelha, naturalmente, o desenvolvimento em termos de materiais, componentes, técnicas e qualidade de construção. Em resultado, as redes de colectores apresentam grande heterogeneidade, tendencialmente tanto maior quanto mais cedo foi iniciada a construção dos sistemas de drenagem, nomeadamente no tipo de secção transversal e dimensões, de materiais, no tipo de juntas, de métodos de dimensionamento e de técnicas de construção.

Na Figura 2.2 apresenta-se a distribuição de materiais para uma entidade gestora de grande dimensão (população servida superior a

175 000 habitantes e extensão das redes de colectores superior a 400 km, valores de 2007). Na Figura 2.3 ilustra-se a extensa gama de dimensão de colectores para o mesmo sistema. Na Figura 2.4 ilustram-se as diferenças nos materiais existentes para diferentes gamas de dimensão de colectores, para o mesmo caso.

Actualmente, são significativos os investimentos na reabilitação dos sistemas de drenagem urbana nas cidades europeias, tendo sido estimado, em 2005, em cerca de 5 biliões de euros por ano, valor que tem tendência a aumentar nas próximas décadas, devido ao envelhecimento dos sistemas (Saegrov, 2005). Em Portugal, não estão disponíveis estimativas relativas às necessidades de reabilitação dos sistemas e a informação disponível é insuficiente para comparar a situação da realidade portuguesa com a de outros países europeus.

No entanto, a aplicação do sistema de avaliação da qualidade de serviço da ERSAR tem resultado na compilação de alguma informação relativa a algumas entidades gestoras e respectivos sistemas.

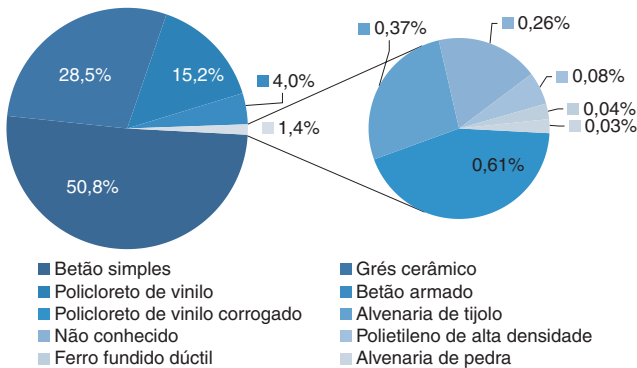


Figura 2.2 – Exemplo de distribuição de materiais em colectores num sistema de grande dimensão

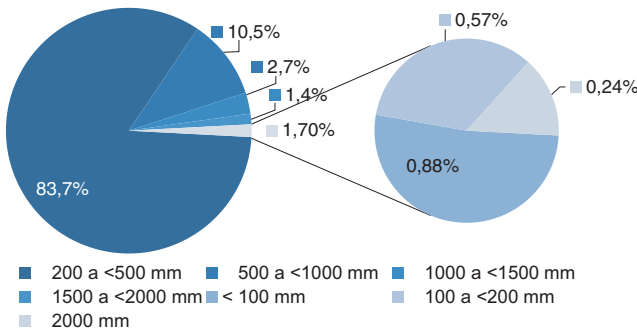


Figura 2.3 – Exemplo de distribuição de diâmetro dos colectores num sistema de grande dimensão

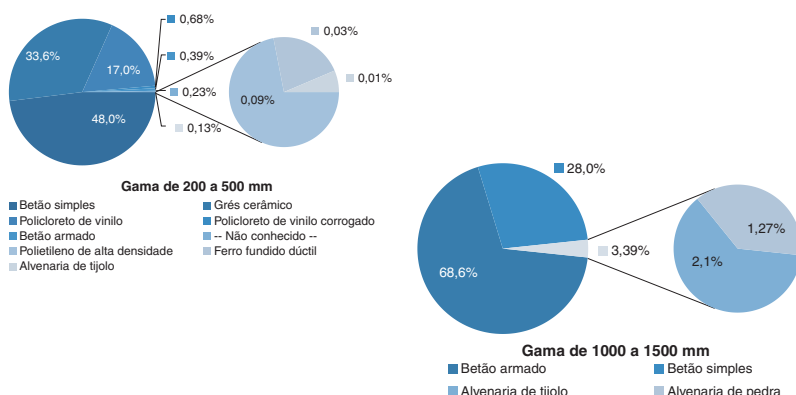


Figura 2.4 – Materiais predominantes nos colectores em diferentes gamas de diâmetros: 200 a 500 mm e 1000 a 1500 mm

No Quadro 2.1 transcrevem-se os indicadores de desempenho mais relevantes no contexto da reabilitação para os operadores que, em 2005, eram regulados (IRAR, 2006). Não existe ainda informação para as restantes entidades gestoras.

Estes valores indiciam que a maioria dos sistemas necessita de ser objecto de reabilitação. Importa ressaltar que estes resultados se referem apenas a uma pequena parte dos sistemas de águas residuais, em particular a um número reduzido de sistemas em baixa e, para alguns indicadores, reflectem apenas as situações detectadas reactivamente. Provavelmente, se fosse adoptada, na prática, uma abordagem preventiva, quer em termos de inspecção, quer em termos de reabilitação, que permitisse conhecer melhor a realidade, estes valores seriam mais gravosos (*e.g.*, nos indicadores de obstruções e de colapsos). No entanto, a actividade de reabilitação avalia-se como significativamente inferior às necessidades, especialmente nos sistemas em baixa.

Um dos aspectos críticos identificados como causadores de ineficiências das entidades gestoras portuguesas na actualidade, prende-se com a necessidade de reabilitação dos sistemas (IRAR, 2007).

A reabilitação pode ser necessária devido à degradação do desempenho funcional dos componentes dos sistemas ou por serem alteradas as condições de base que deram origem àquele sistema (*e.g.*, alteração dos objectivos de serviço, expansão da área de serviço, aumento da área impermeabilizada).

Dado o elevado valor patrimonial destas infra-estruturas e os avultados investimentos em jogo, torna-se indispensável a utilização racional dos recursos, o que implica o estabelecimento correcto de

prioridades de intervenção nos sistemas, ou seja, que se actue onde, quando e como for mais adequado, tendo em vista o desempenho global dos sistemas, numa óptica de desenvolvimento sustentado.

Quadro 2.1 – Desempenho infra-estrutural dos operadores regulados de 2005 a 2008: interceptação e tratamento de águas residuais (IRAR 2006, 2007, 2008; ERSAR, 2009b)

Sector e indicador	Valores Média ponderada (mín. – max.)	Intervalo de referência (Bom desempenho)
Saneamento de águas residuais urbanas: interceptação e tratamento	1ª linha: 2005 2ª linha: 2006 3ª linha: 2007 4ª linha: 2008	
AR 03 – Ocorrência de inundações (m²/100 km de colector/ano)	117 (0-481) 517 (0-4.824) 127 (0-780) 125 (0-708)	0-100
AR 08 – Utilização das estações de tratamento (%)	53 (33-193) 73 (41-416) 63 (35-131) 65 (38-138)	70-90
AR 09 – Tratamento de águas residuais recolhidas (%)	94 (79-117) 93 (54-100) 94 (55-100) 96 (57-112)	100
AR 10 – Capacidade de bombeamento de águas residuais (%)	7,9 (0-21,9) 9,1 (4,9-21,7) 8,5 (3,3-31,7) 8,3 (3,4-21,3)	-
AR 11 – Reabilitação de colectores (%/ano)	1,2 (0-32,5) 0,5 (0-4,3) 0,2 (0-1,0) 0,3 (0-2,6)	1,0-2,0
AR 13 – Obstruções de colectores (n.º/100 km/ano)	8 (0-41) 12 (0-51) 9 (0-42) 9 (0-32)	0-15
AR 14 – Falhas em grupos electrobomba (horas/grupo electrobomba/ano)	84 (0-380) 78 (0-235) 68 (0-590) 50 (0-178)	0-48
AR 15 – Colapsos estruturais em colectores (n.º/100 km/ano)	0,7 (0-4,1) 1,8 (0-7,4) 1,6 (0-6,4) 1,5 (0-8,3)	0
AR 18 – Cumprimentos dos parâmetros de descarga (%)	35 (0-100) 45 (0-100) 69 (25-100) 75 (0-100)	100
AR 19 – Utilização dos recursos energéticos (kWh/m³)	0,38 (0,06-1,79) 0,37 (0,06-1,04) 0,43 (0,06-0,95) 0,43 (0,06-0,81)	-

Quadro 2.2 – Desempenho infra-estrutural dos operadores regulados de 2005 a 2008: colecta e transporte de águas residuais (IRAR 2006, 2007, 2008; ERSAR, 2009b)

Sector e indicador	Valores Média ponderada (mín. – max.)	Intervalo de referência (Bom desempenho)
Saneamento de águas residuais urbanas: colecta e transporte	1ª linha: 2005 2ª linha: 2006 3ª linha: 2007 4ª linha: 2008	
AR 03 – Ocorrência de inundações (n.º/100 km de colector/ano)	0,3 (0-1,3) 0,6 (0-2,1) 0,4 (0-1,7) 0,5 (0-1,5)	0-0,5
AR 08 – Utilização das estações de tratamento (%)	74 (38-184) 101 (42-167) 87 (44-141) 89 (28-157)	70-90
AR 09 – Tratamento de águas residuais recolhidas (%)	82 (40-100) 89 (46-100) 93 (51-100) 96 (65-100)	100
AR 10 – Capacidade de bombeamento de águas residuais (%)	5,2 (0-26,7) 10,4 (1,7-34,0) 10,9 (1,7-46,0) 9,7 (1,3-18,8)	-
AR 11 – Reabilitação de colectores (%/ano)	0,2 (0-0,6) 0,2 (0-0,7) 0,2 (0-1,5) 0,2 (0-1,9)	1,0-2,0
AR 12 – Reabilitação de ramais de ligação (%/ano)	0,4 (0-1,2) 0,2 (0-1,2) 0,3 (0-3,3) 0,5 (0-3,3)	≥2,0
AR 13 – Obstruções de colectores (n.º/100 km/ano)	153 (10-261) 104 (24-254) 99 (10-255) 91 (11-220)	0-30
AR 14 – Falhas em grupos electrobomba (horas/grupo electrobomba/ano)	57 (0-2503) 1 (0-8) 2 (0-25) 5 (0-28)	0-48
AR 15 – Colapsos estruturais em colectores (n.º/100 km/ano)	2,1 (0-5,9) 1,3 (0-5,1) 1,8 (0-7,2) 2,0 (0-8,3)	0
AR 18 – Cumprimentos dos parâmetros de descarga (%)	12 (0-47) 67 (0-100) 85 (0-100) 90 (67-100)	100
AR 19 – Utilização dos recursos energéticos (kWh/m³)	0,22 (0-0,74) 0,25 (0,01-0,79) 0,31 (0,01-0,84) 0,33 (0,01-0,91)	-

Neste capítulo definem-se os principais conceitos associados à reabilitação de sistemas de águas residuais e pluviais e a terminologia utilizada no âmbito deste guia, ainda não uniformizada em língua portuguesa. Seguidamente, propõe-se uma sistematização das principais causas de degradação do desempenho dos sistemas, que se complementa com a identificação das diferentes dimensões em que se podem manifestar e avaliar as consequências dessa degradação ou das deficiências de desempenho. Sendo a degradação detectável através de sintomas ou anomalias, apresenta-se seguidamente uma lista de anomalias associadas a diferentes causas e sintomas.

2.2. Conceitos de reabilitação

2.2.1. Nota introdutória

As infra-estruturas de águas residuais e de águas pluviais são indiscutivelmente fundamentais para a qualidade de vida em meio urbano. No entanto, a sua existência não é evidente para o utilizador comum, que acaba por não ter a percepção correcta da sua importância. Isto deve-se, por um lado, ao facto de serem infra-estruturas enterradas e, por outro, de estarem a jusante do utilizador. Esta será uma das razões para que a reabilitação destas infra-estruturas seja, até hoje, encarada numa perspectiva reactiva.

As infra-estruturas ou sistemas de águas residuais e de águas pluviais são constituídos essencialmente por redes de colectores (tubagens e câmaras de visita), que são o objecto principal deste guia, por elementos acessórios (*e.g.*, sarjetas, sumidouros, descarregadores), por instalações complementares (*e.g.*, instalações elevatórias, bacias de retenção, desarenadores), por instalações de tratamento e por dispositivos de descarga final.

Globalmente, estas infra-estruturas devem assegurar continuamente a sua função enquanto se justificar o serviço a que se destina. Assim, uma infra-estrutura deve ser mantida permanentemente em condições de operacionalidade adequadas à satisfação dos níveis de serviço pretendidos. Este requisito impede, em geral, que a infra-estrutura seja substituída na globalidade, de uma só vez. Deve antes ser reabilitada progressivamente ao longo do tempo, com intervenções mais ou menos localizadas nos seus componentes, que não ponham em causa a continuidade de prestação do serviço e que garantam uma vida ilimitada à infra-estrutura. Pode atribuir-se uma vida útil limitada a um componente individual mas não à infra-estrutura no seu todo (Burns *et al.*, 1999).

Estas infra-estruturas diferenciam-se de outras em aspectos que condicionam a sua reabilitação, incluindo:

- dão suporte a serviços que são monopólios naturais, perante os quais as regras de mercado não são aplicáveis, em particular no que se refere à concorrência e à forma de avaliação do valor do património existente;
- os serviços a que dão suporte são assumidos como evidentes nos países desenvolvidos, sendo pouco valorizados pelas populações;
- são predominantemente constituídas por componentes enterrados, cuja condição é difícil de avaliar;
- são infra-estruturas que se comportam como um sistema, e não como um somatório de componentes individuais.

A vida útil dos componentes é difícil de avaliar, havendo diversos conceitos associados, como o tempo de vida total, a vida útil propriamente dita, o tempo de vida em termos contabilísticos e o tempo de vida em termos económicos. A vida útil tende a ser considerada com os mesmos valores que o tempo de vida contabilística. No âmbito da reabilitação interessa considerar, em particular, a **vida útil**, entendida como o período de tempo após a instalação durante o qual o componente mantém um desempenho compatível com as exigências estabelecidas, sem necessidade de intervenções para além da sua manutenção (Abreu e Lucas, 2003).

A reabilitação preventiva permite actuar no sentido de aumentar a vida útil. O potencial para estender a vida útil através de acções de manutenção e de reabilitação difere de tipo para tipo de componente. A vida útil pode ainda ser limitada por questões de obsolescência.

2.2.2. Conceitos e terminologia de reabilitação

A reabilitação, encarada de uma forma sistemática e integrada, é uma actividade relativamente nova dentro do sector e no contexto nacional. Assim, afigura-se como importante a apresentação dos principais conceitos e a definição da terminologia a utilizar, na linha do que é adoptado neste sector a nível internacional, pelo que os conceitos e terminologia que seguidamente se apresentam estão de acordo com documentos normativos europeus. Considera-se ainda a harmonização com a terminologia geral sobre patologia da construção (Abreu e Lucas, 2003).

O conceito de reabilitação tem sofrido evoluções ao longo do tempo. Numa fase inicial, considerava-se a reabilitação no sentido

mais restrito da reposição da condição estrutural. O *Sewerage Rehabilitation Manual*, editado pelo Water Research Centre (WRc) em 1983, propõe que neste conceito se incorpore a reposição do desempenho hidráulico, para além do estrutural. A definição adoptada desde então para reabilitação é “todos os aspectos de melhoria do desempenho dos sistemas existentes. A reabilitação estrutural inclui reparação, renovação ou reconstrução. A reabilitação hidráulica inclui substituição, reforço, redução ou atenuação do caudal e, ocasionalmente, renovação” (WRc, 1983).

Actualmente, o âmbito da reabilitação destas infra-estruturas é mais alargado (WRc, 2001; CEN, 2008), incluindo-se, para além do desempenho estrutural e hidráulico, outras vertentes do desempenho das infra-estruturas, como sejam o ambiental e o operacional. Assim, no âmbito deste guia adopta-se a seguinte definição:

Reabilitação (*Rehabilitation*)

1. Conjunto de medidas para restaurar ou melhorar o desempenho de um sistema de águas residuais ou pluviais existente (EN 752:2008).
2. Intervenção destinada a proporcionar desempenho compatível com exigências ou condicionalismos actuais (Abreu e Lucas, 2003).

As actividades de reabilitação podem ser encaradas de duas formas pelas entidades gestoras:

- **Reabilitação reactiva** – intervenção executada quando o funcionamento do sistema é interrompido ou comprometido com disfunções graves, implicando habitualmente uma actuação rápida. Um exemplo de reabilitação reactiva é a reposição da integridade estrutural após o colapso num colector.
- **Reabilitação preventiva** – abordagem planeada para precaver que a degradação do desempenho de um sistema atinja níveis indesejáveis, tendo por objectivo repor o desempenho nos níveis desejáveis ou melhorá-lo em face de novas solicitações ou exigências.

Dadas as limitações de recursos das entidades gestoras, a opção acaba, frequentemente, por ser pela reabilitação reactiva. No entanto, os benefícios de uma abordagem preventiva têm vindo a ser reconhecidos, especialmente face às exigências crescentes segundo várias dimensões, incluindo os aspectos técnicos, de saúde pública, de segurança, ambientais, económico-financeiros e sociais. Esta é a abordagem proposta neste guia e que se desenvolve na Parte II.

A melhoria do desempenho de um sistema pode ser obtida através de reabilitação da infra-estrutura, mas também através de melhorias nas actividades de manutenção e de operação. Assim, importa distinguir entre si os conceitos de reabilitação, de manutenção e de operação.

Manutenção (*Maintenance*)

1. Trabalhos de rotina efectuados para garantir o bom desempenho ao longo do tempo (EN 752:2008).
2. Intervenção periódica destinada à prevenção ou à correcção de ligeiras degradações dos componentes, para que estes atinjam o seu tempo de vida útil, sem perda de desempenho (Abreu e Lucas, 2003).

Operação (*Operation*)

Acções efectuadas durante o funcionamento normal dos sistemas (*e.g.*, monitorização e regulação, EN 752:2008). A operação inclui também as actividades de inspecção.

A classificação dos métodos de reabilitação é feita normalmente considerando três categorias, nomeadamente reparação, renovação e substituição. Seguidamente apresentam-se estas definições.

Reparação (*Repair*)

1. Rectificação de anomalias localizadas (EN 752:2008), podendo inserir-se ou não em acções de reabilitação.
2. Intervenção destinada a corrigir anomalias (Abreu e Lucas, 2003).

Renovação (*Renovation*)

Intervenção num componente do sistema existente, incorporando o material existente, total ou parcialmente, melhorando o seu desempenho corrente (EN 752:2008).

Substituição (*Replacement*)

Construção de um novo componente do sistema, incorporando a função do componente existente que é desactivado, podendo ser ou não no alinhamento do componente existente (EN 752:2008). Inclui as operações designadas em língua inglesa por *renewal*, onde são mantidas a função e capacidade do componente existente.

2.2.3. Outros conceitos relevantes

Na temática da reabilitação são utilizados diferentes conceitos, com termos muitas vezes de uso comum na linguagem corrente, pelo que importa clarificar a definição no âmbito deste guia.

De acordo com Abreu e Lucas (2003) a **patologia da construção** (entendida no seu sentido lato, podendo significar a própria construção, aqui a infra-estrutura, o componente individual ou o material de construção) consiste no estudo das anomalias das construções, dos seus elementos (ou componentes) ou dos seus materiais. Por **anomalia** (ou defeito) entende-se a redução do desempenho previsto. Quando a anomalia se deve a erros de especificação, de projecto, de execução ou de utilização, designa-se por **deficiência**. No caso de a anomalia ser provocada por acções externas fala-se de **dano**.

A alteração progressiva do estado das construções, que pode conduzir à ocorrência de anomalias, designa-se por **degradação**, enquanto que, por **deterioração** se entende a alteração do estado ou condição que tem associada a ocorrência de anomalias. As formas de manifestação de degradação ou de anomalia é através de **sintomas** que, se forem detectáveis por observação directa, se designam por **sinais**. Ao processo de identificação de uma anomalia com base nos respectivos sintomas entende-se por **diagnóstico**. A redução do desempenho que ocorre gradualmente no tempo, em condições normais de utilização, designa-se geralmente por **envelhecimento** (Abreu e Lucas, 2003).

Como referido anteriormente, a vida útil pode ter diversos conceitos associados. O **tempo de vida total** de um componente é aquele que decorre entre a execução e a desactivação ou demolição. O tempo de vida em termos contabilísticos, a **vida útil contabilística** é definida pelo período de amortização, em geral, fixo para cada classe de componente.

A vida útil depende do tipo e da natureza do componente, apresentando-se no Quadro 2.3 valores indicativos médios de vida útil para diferentes componentes. Os valores de vida útil geralmente aceites nos EUA e na Europa Central e do Norte tendem a ser superiores aos considerados em Portugal.

Quadro 2.3 – Vida útil média para componentes de sistemas de águas residuais e pluviais

Tipo de componente	Vida útil média (anos)			
	Portugal	Reino Unido ²	África do Sul ¹	EUA
Construção civil				
Edifícios	40-50	30-100	50-100	50-75
Colectores e ramais de ligação	40	40-125	70-100	50-100
Câmaras de visita	40	50	20-50	20-50
Equipamento				
Grupos electro-bombas	20-25	-	15	35-40
Válvulas	15-20	-	-	30
Equipamento eléctrico	15	15	15	15-35
Equipamento de controlo	15	-	-	25

¹ Stephenson e Barta (2005);

² BS 7543:1992, citado em Dias (2003); CPSA (2006); Read (2004)

Naturalmente que os valores de vida útil apresentados podem ser muito afectados por factores como a qualidade de produção dos materiais, condições de transporte e armazenamento, qualidade da construção, adequação às condições operacionais e práticas de manutenção.

2.3. Causas de degradação do desempenho dos sistemas

2.3.1. Principais tipos de causas

A reabilitação pode ser necessária devido à degradação do desempenho funcional dos componentes dos sistemas ou por serem alteradas as condições de base que deram origem àquele sistema, como foi referido anteriormente.

Os principais tipos de causas que podem conduzir à degradação do desempenho de componentes dos sistemas de águas residuais e pluviais incluem:

- causas internas;
- causas externas;

- incorrecções de concepção e projecto;
- práticas de construção inadequadas;
- insuficiências de manutenção e operação;
- outras causas.

A alteração progressiva do estado dos componentes, inicialmente por causas primárias, pode conduzir à deterioração destes componentes, com a ocorrência de anomalias. Estas anomalias podem constituir também causas de degradação do desempenho, que se poderão designar por secundárias.

Nas secções seguintes apresenta-se uma breve descrição de cada tipo de causa.

2.3.2. Causas internas

No âmbito deste guia, como causas internas entendem-se as associadas ao funcionamento em condições normais de utilização, incluindo o desgaste natural dos materiais, resultado de:

- condições do escoamento;
- agressividade da atmosfera no interior do componente.

Adicionalmente, o desempenho funcional dos sistemas de águas residuais e pluviais pode ser comprometido se, devido à entrada de material sólido e à ocorrência de condições de escoamento propícias, se verificar a acumulação de sedimentos e outros materiais ao longo do sistema.

Degradação da infra-estrutura associada às condições do escoamento

A degradação de infra-estruturas de transporte de águas residuais por acção de causas internas inclui o desgaste físico, químico ou bioquímico associado às condições de escoamento e ao tipo de aflúências, decorrente do uso contínuo da infra-estrutura.

O principal mecanismo aparente é a degradação mecânica dos materiais, ou seja, o desgaste ou erosão devido à acção mecânica pelo movimento do escoamento, que leva à perda gradual de material da superfície do colector. Este processo, que ocorre na zona do perímetro molhado da superfície interior do colector, é maioritariamente causado pelos materiais transportados pelo escoamento (areia, areão, gravilha, objectos de diversas origens,

materiais e dimensões) mas, embora com menor importância, também pelo movimento do próprio fluído sobre a superfície e pela agressividade das águas residuais (Stein, 2001). Alguns métodos de limpeza de colectores também podem contribuir para o desgaste do material (ver 2.3.6). Segundo Stein (2001), a taxa de erosão depende de vários factores, incluindo:

- material do colector;
- diâmetro do colector;
- composição e densidade do fluído – determinada pelo conteúdo em sólidos;
- tipo, dimensões e forma dos materiais sólidos transportados ou arrastados;
- agressividade química do fluído;
- velocidade do escoamento;
- ângulo de contacto entre o fluxo e a superfície;
- regime do escoamento – laminar ou turbulento.

O desgaste por acção do escoamento pode ocorrer em todo o perímetro molhado, com especial incidência nas zonas com maior tempo de escoamento, e pode ser medida pela espessura do material removido, embora de difícil concretização prática. Numa fase inicial, a redução da espessura do material pode ocorrer associada a um aumento da rugosidade (Figura 2.5a). Em casos extremos, o desgaste do material pode atingir toda a espessura do colector (Figura 2.5d). Na Figura 2.5d a espessura do material original era de 0,4 m e na Figura 2.5g de 0,2 m.

Na Figura 2.5 apresenta-se a evolução da degradação ao longo do tempo, por efeito de causas internas, no caso de um grande colector em betão simples, até ao colapso. Na Figura 2.6 apresentam-se esquemas ilustrativos deste processo de degradação associado às condições de escoamento.



(a) Desgaste da superfície da soleira e da parte inferior dos hasteais (inertes visíveis)



(b) Fissura longitudinal paralela à caleira



(c) Fissura longitudinal, indicador de desgaste da espessura do material e infra-escavação



(d) Desgaste de toda a espessura do material do colector e sinais de infra-escavação



(e) Falha parcial de material da soleira com alguma infra-escavação dos hasteais



(f) Falha total da soleira com infra-escavação dos hasteais



(g) Falha extensa da soleira com infra-escavação importante do hasteal direito



(h) Colapso do colector

Figura 2.5 – Ilustração da evolução da degradação ao longo do tempo, por efeito de causas internas, no caso de um grande colector em betão simples

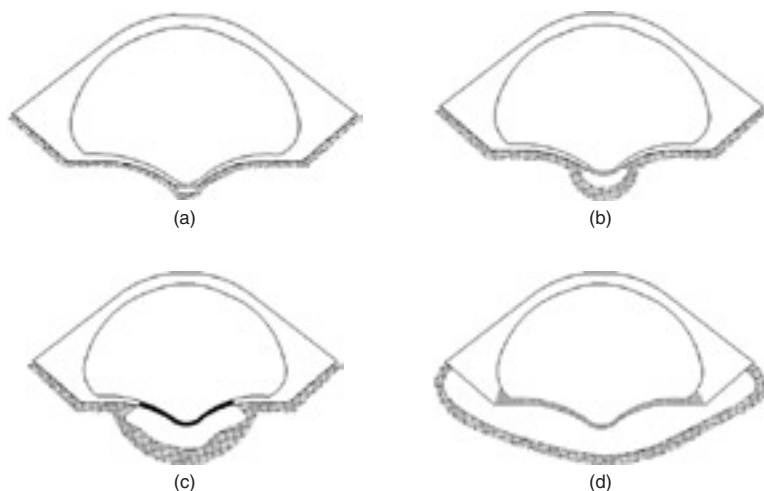


Figura 2.6 – Esquemas dos mecanismos de degradação sequenciais no caso de um grande colector em betão simples

De acordo com Stein (2001), em termos de valor absoluto de redução da espessura, o material com menor resistência média será o fibrocimento e os que apresentam melhor comportamento são o PVC, o ferro fundido com revestimento cimentício e o grés. Analisando em termos relativos à espessura do material, os materiais com melhor comportamento são o betão e o grés (Quadro 2.4).

Quadro 2.4 – Comportamento médio dos materiais ao desgaste

Valor absoluto de redução da espessura (ordenação decrescente)	Redução relativa em percentagem da espessura do material (ordenação decrescente)
Fibrocimento	Fibrocimento
Betão	PVC
PVC	Ferro fundido com revestimento cimentício
Grés	Betão
Ferro fundido com revestimento cimentício	Grés

As **dimensões** do colector e a tipologia da sua **secção transversal** determinam os locais onde ocorre com maior incidência o desgaste do material. Na Figura 2.5, apresenta-se um exemplo de desgaste da soleira para uma secção de um colector unitário de grandes dimensões. De facto, neste caso, dada a permanência

do escoamento na caleira central, especialmente em períodos de tempo seco, é natural que se observem maiores perdas de material nesta zona do perímetro da secção transversal. Verifica-se também algum desgaste nas banquetas bilaterais à caleira central (soleira) e na parte inferior interior dos hasteais, onde os inertes estão visíveis e onde não se observam vestígios do recobrimento que terá sido aplicado durante a construção.

As **características das águas residuais** podem ser significativamente variáveis no espaço e ao longo do tempo. A **agressividade** química ou bioquímica do escoamento, associada à acção mecânica, poderá resultar em corrosão do material e maior desgaste das superfícies (Figura 2.7). A presença de águas residuais industriais pode constituir um factor agravante.

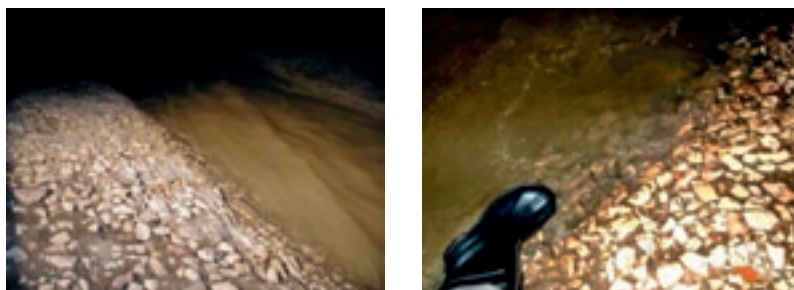


Figura 2.7 – Evidência de desgaste devido à agressividade química das águas residuais

A ocorrência e magnitude da corrosão depende primariamente de (Stein, 2001):

- agressividade do meio (tipo e concentração);
- disponibilidade e susceptibilidade do material;
- temperatura.

Os materiais particularmente susceptíveis à corrosão são:

- materiais cimentícios (*e.g.*, betão, fibrocimento);
- materiais metálicos (*e.g.*, aço, ferro fundido).

O revestimento da superfície destes materiais com uma camada de protecção resistente é frequentemente utilizado para evitar problemas de corrosão.

O grés é particularmente resistente e os materiais plásticos apresentam resistência variável consoante a temperatura, tipo e concentração da substância agressiva, e da ocorrência simultânea de desgaste mecânico (Stein, 2001).

O transporte de **material sólido de várias dimensões**, frequentemente muito superior por ocorrência de precipitação sobretudo em colectores unitários e pluviais, constitui um factor de agravamento do desgaste. Por ocorrência de precipitação, observam-se grandes afluições pluviais (escoamento directo, sub-superficial e infiltração) que diluem as águas residuais domésticas, industriais e comerciais, mas que, devido à maior capacidade de transporte, mobilizam caudais sólidos significativos (areias, pedras, etc.). Estes caudais, com magnitude variável em função dos eventos de precipitação, resultam em escoamentos que vão ocupar um perímetro significativamente maior da secção transversal, com maior frequência na parte inferior onde habitualmente se observam efeitos, tais como os inertes visíveis no caso do betão.

A **velocidade do escoamento** pode ser um factor particularmente importante quando atinge valores elevados. Assim, devem ser evitadas velocidades excessivas, em especial em escoamentos com materiais abrasivos. Marsalek *et al.* (1992) recomendam valores abaixo de 3,6 m/s a 6,0 m/s, que mostraram ser prejudiciais no escoamento de águas limpas. Em Portugal, a velocidade de escoamento máxima admissível para o dimensionamento de colectores pluviais e unitários é 5 m/s e para colectores domésticos é 3 m/s (Decreto Regulamentar n.º 23/95). Esta exigência permite minimizar o desgaste dos materiais ao longo do tempo.

A existência de troços com inclinação elevada, onde ocorre a aceleração do escoamento, é um factor agravante pois as velocidades poderão atingir valores significativamente superiores aos referidos anteriormente. Segundo Stein (2001), para velocidades acima de 8 m/s poderá ocorrer erosão devido à cavitação, especialmente com o aumento da rugosidade das superfícies e da fragilidade do material. Locais mais susceptíveis à ocorrência deste tipo de erosão incluem as superfícies de quedas, arestas e troços com velocidades muito elevadas.

O **ângulo de contacto entre o fluxo e a superfície** e a **turbulência** do escoamento são factores agravantes do desgaste do material. Assim, locais com quedas, rampas, e de afluentes a nível superior à soleira dos colectores e câmaras de visita, são sujeitos a uma maior acção de desgaste (Figura 2.8). A zona onde se localiza o ressalto a jusante das rampas é também um local de desgaste acentuado (Almeida *et al.*, 2009).



Figura 2.8 – Locais sujeitos a maior desgaste por efeito do escoamento

Assim, é recomendável assegurar acções de manutenção adequadas nos locais em situação de desgaste acentuado. A execução de inspecções permite confirmar a ocorrência de mecanismos indutores de desgaste da soleira que, localmente, possam levar remoção de toda a espessura do material, atingindo o terreno de fundação.

Degradação associada à agressividade da atmosfera

A principal causa identificada de degradação da infra-estrutura associada à atmosfera dos sistemas de colectores é o ataque dos materiais acima da superfície líquida por ácido sulfúrico (H_2SO_4).

A presença de sulfuretos em águas residuais é comum, devido quer à decomposição da matéria orgânica (nos biofilmes, nas camadas de sedimentos ou no escoamento), quer à redução dos sulfatos presentes no escoamento, em condições de anaerobiose. Se não ocorrer a oxidação no meio líquido, pode dar-se a libertação de sulfuretos dissolvidos voláteis para a atmosfera do sistema de colectores sob a forma de gás sulfídrico (H_2S). Este gás dissolve-se na água condensada na superfície dos materiais em contacto com a atmosfera e, por acção de bactérias, pode formar-se ácido sulfúrico. Este ácido está na origem da corrosão dos materiais susceptíveis.

A libertação do gás sulfídrico é incrementada em locais onde ocorre turbulência do escoamento, incluindo quedas, curvas, à saída de condutas elevatórias e ressaltos hidráulicos. Habitualmente, quando se observa corrosão nos colectores, verifica-se ser mais intensa no coroamento das tubagens e mais ligeiro perto da superfície livre.

De acordo com ASCE (1989), os materiais cimentícios (*e.g.*, betão e fibrocimento) e os metálicos são pouco resistentes à corrosão por ácido sulfúrico, enquanto o grés e os plásticos são considerados como relativamente inertes. Na Figura 2.9 apresentam-se exemplos de sinais de corrosão por ácido sulfúrico.

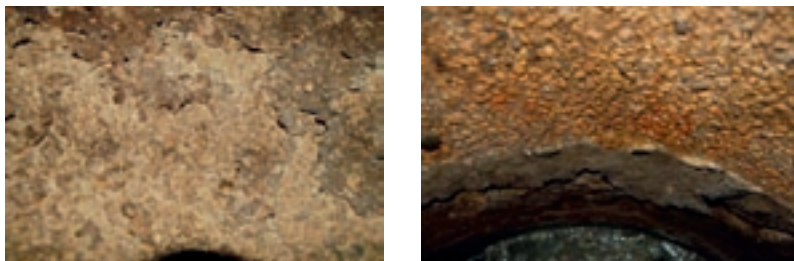


Figura 2.9 – Evidência de corrosão numa câmara de visita

Degradação do desempenho devido à acumulação de material sólido

A entrada de material sólido de diferentes tipos, dimensões e formas, se combinada com insuficiente capacidade de transporte nos colectores, pode resultar na acumulação de depósitos em locais propícios, em virtude da menor velocidade do escoamento ou da existência de obstáculos no percurso.

Devido à inadequação dos dispositivos de entrada ou de manutenção dos acessos (*e.g.*, câmaras de visita), podem acabar por entrar no sistema sólidos de maiores dimensões que constituem obstáculos ao escoamento, podendo mesmo vir a causar obstruções.

Em particular, se não for garantida a capacidade de auto-limpeza dos colectores, e portanto de velocidades mínimas, existe grande probabilidade de ocorrerem zonas com acumulação de sedimentos. Estudos sobre a formação de depósitos em colectores (Delaplace, 1991; Chebbo *et al.*, 1995; Ashley *et al.*, 2004, entre outros) permitiram observar que as áreas de depósitos são, em geral, bem definidas e correspondem frequentemente a uma combinação das seguintes condições:

- colectores de cabeceira;
- troços com inclinação reduzida, nula ou em contra-pendente;
- zonas a montante de confluências, de obstáculos, de elevação da soleira, de muretes, de estações elevatórias ou de ETAR;
- redução do gradiente da linha de energia (*e.g.*, redução de declive, alargamento da secção, aumento da rugosidade);
- manutenção do fluxo de material sólido com redução do caudal ou aumento do fluxo de material sólido.

A degradação do desempenho, causado pela acumulação de material sólido nos sistemas de águas residuais e pluviais, pode manifestar-se segundo as vertentes seguintes:

- **desempenho hidráulico** – redução da capacidade de escoamento, podendo resultar em entrada em carga, inundações ou descargas. Na Figura 2.10 apresentam-se valores do efeito da acumulação de sedimentos no caudal escoado;
- **desempenho ambiental** – acumulação de poluentes nos sedimentos, que podem ser mobilizados por ocorrência de maiores caudais e ter impacto negativo nas ETAR ou meios receptores; aumento potencial das descargas sem tratamento adequado para o meio receptor, em termos da frequência e do volume descarregado;
- **desempenho estrutural** – eventual contributo para a concentração de sulfuretos, potenciando a agressividade da atmosfera do colector para os materiais;
- **impactos sócio-económicos** – potencial aumento da formação de gases (*e.g.*, gás sulfídrico, metano), aumentando o risco de ocorrência de odores e o risco associado à operação e manutenção. Tem implicações nos custos de operação e de manutenção.

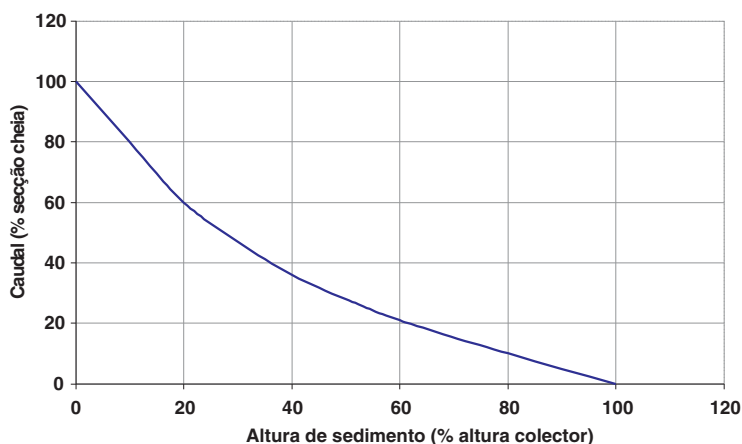


Figura 2.10 – Efeito da altura de sedimentos na capacidade hidráulica (Ashley *et al.*, 2004)



Figura 2.11 – Exemplos de deposição de sedimentos em colectores

2.3.3. Causas externas

As causas externas de degradação do desempenho dos sistemas de águas residuais e pluviais, no âmbito deste guia, entendem-se como aquelas que são exteriores à infra-estrutura.

Assim, as causas externas mais comuns, potencialmente relevantes para a degradação do desempenho, podem ser classificadas nas seguintes categorias:

- sobrecargas (estáticas ou dinâmicas) não recomendáveis em face das características resistentes da estrutura (*e.g.*, aterro, edificações, rodovias, ferrovias, tráfego rodoviário, tráfego ferroviário), particularmente se excêntricas (descentradas);
- actividades de escavação na proximidade da estrutura do colector (*e.g.*, construção de edificações, colocação ou reparação de outras infra-estruturas, sondagens, etc.);
- ocorrência de sismos e subsidência do solo – as principais causas de dano associadas a sismos são os deslocamentos em falhas, os movimentos transientes do solo decorrentes da propagação das ondas sísmicas, os deslizamentos de terras e a flutuação da infra-estrutura causada pela liquefacção do solo (Torres-Vera e Canas, 2003; Datta, 1999; Trifunac e Todorovska, 1997);
- movimento de água no solo, que poderá levar ao arrastamento de material fino do solo, podendo resultar em vazios que podem originar deslocamentos dos componentes da infra-estrutura;
- agressividade do solo ou da água intersticial (aferida através de características que incluem pH, dióxido de carbono agressivo, sulfatos, amónia, magnésio, resistividade, correntes vagabundas);
- intrusão de raízes, que tem maior probabilidade de ocorrência em componentes a menor profundidade, mais próximos de

árvores e arbustos, em áreas permeáveis, ou que apresentem pior condição estrutural);

- ocorrência de fenómenos hidrológicos excepcionais (*e.g.*, inundações de estações elevatórias, arrastamento de componentes devido a cheias, deslizamentos de taludes);
- danos por terceiras entidades (*e.g.*, danos provocados durante a execução de obras em estruturas e infra-estruturas).

O conhecimento das características da infra-estrutura é essencial para a identificação, quer das causas, quer das anomalias que destas possam resultar.

2.3.4. Incorreções de concepção e projecto

Nas fases de concepção e projecto de sistemas de águas residuais e pluviais podem ser feitas opções, ou cometidos erros, resultando em deficiências que podem ter impacto significativo no desempenho global do sistema ou de alguns componentes. Nesta secção são referidas algumas incorreções mais correntes, que se identificam como causas da degradação do desempenho.

Naturalmente que, nas redes mais antigas, a concepção e o projecto dos sistemas foram efectuados num enquadramento significativamente diferente do actual e perante cenários de evolução que dificilmente coincidem com aquela que realmente ocorreu. Em consequência, muitos destes sistemas, se tivessem sido concebidos ou projectados actualmente, teriam abordagens técnicas diferentes.

Assim, os aspectos relativos à concepção referidos neste ponto aplicam-se especialmente a sistemas mais recentes ou devem ser considerados em futuros desenvolvimentos.

Em termos das fases de concepção e projecto, destacam-se os seguintes aspectos:

- prática mais ou menos generalizada de conceber e dimensionar subsistemas sem ter em consideração o funcionamento global do sistema onde se integram, incluindo as instalações de tratamento e os meios receptores (*e.g.*, infra-estruturas de novas urbanizações);
- frequentemente, as estimativas de caudais afluentes aos sistemas são feitas por critérios tradicionais de projecto sem incorporar a informação e o conhecimento da exploração (*e.g.*, utilização da informação dos caudais reais ocorrentes nos sistemas; habitualmente, não é feita a devida conside-

ração das ocorrências comuns de caudais indevidos, sejam de infiltração, de pluviais, de domésticos ou industriais, consoante aplicável);

- na implantação dos sistemas, habitualmente não são devidamente consideradas a topografia (para potenciar o escoamento superficial em canais ou depressões), a rede de drenagem natural (que pode ser utilizada para reduzir a extensão da rede de colectores pluviais e reduzir as aflúências a sistemas unitários), e a hidrogeologia (se os colectores forem colocados abaixo do nível freático potencia-se a ocorrência de caudais de infiltração);
- não são incorporadas as soluções tendentes a renaturalizar o ciclo urbano da água (*e.g.*, soluções de controlo na origem) e a aumentar a sustentabilidade ambiental do sistema como um todo (*e.g.*, separação de águas residuais na origem a fim de aplicar a solução técnica adequada à sua qualidade e quantidade);
- reduzida consideração dos aspectos de qualidade da água (*e.g.*, potenciar as condições aeróbias nos colectores) e de segurança (*e.g.*, promover a adopção de soluções técnicas e de materiais compatíveis com a redução dos perigos nas actividades de operação e manutenção dos sistemas);
- reduzida aplicação de sistemas de controlo adequados que permitam flexibilizar a exploração dos sistemas e melhorar globalmente o desempenho;
- falta de consideração de dispositivos de pré-tratamento na ligação de instalações específicas (*e.g.*, separadores de gorduras e óleos em unidades de restauração, separadores de hidro-carbonetos nas estações de serviço e em grandes superfícies pavimentadas como aeroportos e parques de estacionamento, pré-tratamento em unidades industriais);

Os erros de dimensionamento podem ser variados, sendo que frequentemente estão associados a disposições construtivas inadequadas, deficiente selecção de materiais (em função das cargas e factores agressivos previstos), acessórios e equipamentos, sem a devida consideração das condições locais, levando à degradação precoce do desempenho dos componentes dos sistemas.

2.3.5. Práticas de construção inadequadas

A qualidade de construção é um aspecto determinante para o desempenho das infra-estruturas de águas residuais e pluviais. As

deficiências decorrentes de erros de execução das várias fases da obra, podem manifestar-se tanto no curto prazo (*e.g.*, a deformação de tubagens de material plástico por má compactação das camadas de enchimento das valas), como no médio ou longo prazos (*e.g.*, falta de protecção anti-corrosão em ambientes agressivos).

As práticas inadequadas podem estar associadas às várias etapas do processo de construção, destacando-se:

- insuficiente consideração das condições locais (*e.g.*, condições geotécnicas);
- não cumprimento em obra das especificações de projecto;
- inexistência de controlo de qualidade dos materiais, equipamentos e de execução da obra;
- procedimentos desadequados de recepção, manuseamento, armazenamento e instalação de materiais e equipamentos (*e.g.*, danos durante o transporte e montagem de tubagens, longa exposição a radiação solar de tubagens plásticas);
- execução deficiente do assentamento de tubagens (*e.g.*, má colocação ou execução de juntas) e compactação das camadas de enchimento das valas, tendo em consideração as condições locais e os materiais utilizados;
- exactidão insuficiente no alinhamento e assentamento das tubagens (*e.g.*, troços colocados com inclinações indevidas);
- execução deficiente de ligações de ramais, ou de colectores, a colectores existentes (*e.g.*, ramais salientes nos colectores, ligação indevida de pluviais a sistemas separativos domésticos ou de domésticos a pluviais, falta de estanquidade das ligações);
- execução deficiente de câmaras de visita (*e.g.*, juntas deficientes, tampas não niveladas com o pavimento, coberturas não estanques);
- não execução de inspecção visual antes da entrada em serviço para verificação da condição estrutural;
- falta de limpeza de resíduos de construção prévia à entrada em serviço.

Na Figura 2.12 e na Figura 2.13 apresentam-se alguns exemplos derivados de construção deficiente.



Figura 2.12 – Exemplos de deficiências associadas a problemas de construção – materiais plásticos

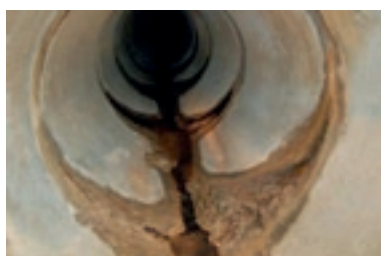


Figura 2.13 – Exemplos de deficiências associadas a problemas de construção – materiais rígidos

2.3.6. Insuficiências de operação e de manutenção

As actividades de operação e manutenção são essenciais para garantir a funcionalidade dos sistemas de forma eficaz. Nas actividades de operação incluem-se as tarefas seguintes:

- inspecção periódica dos sistemas para levantamento de anomalias e de necessidades de actuação. Devem ser inspeccionados, com periodicidades adequadas, os colectores e câmaras de visita, as estações elevatórias, os descarregadores e estruturas de retenção, os dispositivos de entrada, os separadores, etc.;
- operação com estratégia adequada de estações elevatórias, de comportas, de válvulas e outros reguladores;
- actuação em caso de contingência, incluindo descarga accidental de poluentes, falhas em estações elevatórias e reguladores, colapsos de colectores, inundações.

As actividades de manutenção incluem:

- a limpeza preventiva de colectores para garantir o bom funcionamento em locais susceptíveis, *e.g.*, à deposição de sedi-

mentos, à intrusão de raízes e à acumulação de depósitos de gorduras;

- a limpeza reactiva de colectores, frequentemente devido a obstrução por efeito de obstáculos, depósitos de sedimentos, raízes e acumulação de gorduras;
- conservação do equipamento electromecânico para garantir o bom funcionamento dos equipamentos como, por exemplo, as bombas;
- a execução de acções pontuais de reparação para correcção de ligeira degradação dos componentes mantendo o normal funcionamento do sistema.

Em sistemas de águas residuais e pluviais, as principais insuficiências de operação e manutenção resultam de:

- inexistência, inadequação ou incumprimento de planos de operação e de manutenção;
- inexistência, inadequação ou incumprimento de procedimentos escritos para as diferentes tarefas específicas;
- inexistência de procedimentos de registo para as diferentes actividades, recorrendo a relatórios-padrão, e de incorporação da informação relevantes nos diferentes sistemas de informação;
- lacunas de formação, de base e de especialização, e de actualização de conhecimentos do pessoal afecto às diferentes actividades de operação e manutenção;
- estratégias inadequadas de operação de reguladores (*e.g.*, níveis de actuação mal definidos);
- manutenção insuficiente de válvulas e de outros reguladores, que deve ser feita de modo regular, devido a serem muito susceptíveis à degradação dos materiais constituintes e à acumulação de materiais causadores de perturbações ao funcionamento normal (*e.g.*, falha de válvulas de maré por acumulação de resíduos que impedem o fecho completo);
- monitorização insuficiente em locais críticos dos sistemas (*e.g.*, inexistência de monitorização nos colectores e descarregadores de descarga dos sistemas);
- selecção ou utilização incorrecta de técnicas de manutenção (*e.g.*, alguns métodos de limpeza de colectores podem contribuir para o desgaste do material e para a ocorrência de corrosão

em materiais susceptíveis, se resultarem na destruição de camadas de protecção).

Outros aspectos importantes para o desempenho global dos sistemas envolvem a sustentabilidade ambiental das actividades, o que inclui a adequada utilização de recursos (*e.g.*, água, energia) e a utilização de boas práticas ambientais (*e.g.*, manipulação e deposição adequada de resíduos de operações de limpeza).

2.3.7. Outras causas

Entre outras causas que podem levar à degradação do desempenho, inclui-se a obsolescência de equipamentos. Esta prende-se, em geral, com questões de eficiência ou flexibilidade em termos operacionais ou de manutenção (*e.g.*, indisponibilidade de peças no mercado, baixo rendimento energético ou insuficiência de modos de operação do equipamento face às necessidades).

2.4. Principais tipos de consequências do desempenho inadequado

2.4.1. Dimensões de análise das consequências

As consequências do desempenho inadequado dos sistemas de águas residuais e pluviais podem ser avaliadas segundo diferentes pontos de vista ou dimensões, para além dos aspectos técnicos e económico-financeiros usados tradicionalmente. Assim, actualmente, podem distinguir-se as dimensões técnica, económico-financeira, saúde e segurança públicas, ambiental e social, que seguidamente se apresentam.

2.4.2. Dimensão técnica

As consequências do desempenho inadequado, analisadas segundo a dimensão técnica, integram os aspectos associados ao funcionamento dos sistemas que podem ser de natureza hidráulica, estrutural e ambiental.

Em termos hidráulicos, as consequências mais comuns nos sistemas são:

- falta de capacidade de transporte dos sistemas ou seus componentes, podendo resultar na entrada em carga, inundação e descargas indevidas;
- condicionamento do escoamento (*e.g.*, por obstrução ou obstáculos ou efeito de maré), criando influência de jusante e,

consequentemente, reduzindo a capacidade hidráulica para montante;

- velocidade de escoamento fora da gama recomendada (excessivamente baixa ou elevada), podendo resultar na acumulação de depósitos ou desgaste acelerado dos materiais;
- aumento da rugosidade dos materiais, com efeito na capacidade de transporte.

Em termos estruturais, as consequências mais comuns nos sistemas são:

- redução da capacidade resistente dos diferentes componentes que pode levar à falha parcial ou total (colapso) e, consequentemente, redução da fiabilidade do sistema e dos seus componentes;
- ocorrência de deformação dos elementos;
- anomalias que potenciam a degradação dos materiais da estrutura, *e.g.*, fissuras, degradação superficial, corrosão de armaduras no caso de betão armado, também com consequências em termos da fiabilidade dos sistemas e seus componentes.



Figura 2.14 – Exemplos de consequências de desempenho hidráulico inadequado

Do ponto de vista ambiental, as consequências mais frequentes estão associadas à poluição do solo ou dos meios hídricos, incluindo:

- ocorrência de fugas de água residual para o solo e águas subterrâneas, por vezes designada por exfiltração;
- ocorrência de inundação resultante do extravasamento de água residual do sistema;
- descarga de águas residuais não tratadas para os meios receptores, que ocorre quando a capacidade hidráulica do sistema

é atingida e os descarregadores do sistema entram em funcionamento;

- redução da eficiência das instalações de tratamento, *e.g.*, devido à afluência excessiva de águas pluviais;
- ligações indevidas de águas residuais domésticas a colectores pluviais, resultando na poluição em contínuo dos meios receptores.



Figura 2.15 – Exemplos de consequências de desempenho ambiental inadequado

As consequências segundo a dimensão técnica podem passar também por consequências na operação e manutenção. De facto, a ocorrência de falhas no sistema ou nos seus componentes resulta num maior número de intervenções de contingência, em particular em acções de manutenção.

2.4.3. Dimensão económico-financeira

As consequências do desempenho inadequado em termos económico-financeiros, incluem:

- o agravamento dos custos operacionais, ou seja, dos custos directos de exploração do sistema nas actividades de operação (*e.g.*, custos associados à bombagem e tratamento por aumento dos volumes afluentes ou de redução da eficiência) e de manutenção (*e.g.*, aumento da frequência das desobstruções e de reparações);
- a redução do valor residual do sistema. De facto, protelar as intervenções de reabilitação resulta, frequentemente, no agravamento da degradação do desempenho. Adicionalmente, implica, em regra, o aumento dos custos de reabilitação do componente e, no limite, por exemplo em caso de colapso, custos acrescidos pelo impacto no desempenho de outros componentes da infra-estrutura;

- penalizações decorrentes do incumprimento de obrigações contratuais, legais ou regulamentares, relativos a níveis de desempenho intoleráveis (*e.g.*, sanções previstas no Decreto-Lei n.º 152/97, de 19 de Junho);
- custos para terceiros decorrentes de falhas no desempenho implicando danos para pessoas ou bens alheios à entidade gestora (*e.g.*, danos noutras infra-estruturas ou estruturas; danos em propriedades privadas; lesões pessoais);
- externalidades correspondentes à valoração económica de impactos sociais (*e.g.* perturbações ao tráfego de pessoas e veículos, ruído associado a obras, perdas económicas das actividades comerciais) e ambientais (*e.g.*, efeitos da poluição devida a descargas nos meios hídricos, incluindo impactos em actividades associadas ao meio e destruição da fauna e flora; impactos associados ao aumento das emissões de carbono) do desempenho deficiente.

As externalidades devem ser consideradas de modo adequado no processo de decisão. De facto, decisões apropriadas do ponto de vista da entidade gestora podem não ser eficientes em termos sociais e ambientais (Grimshaw *et al.*, 2007).

2.4.4. Dimensão saúde e segurança públicas

As consequências do desempenho inadequado podem ter reflexos em termos dos riscos, quer para a saúde pública, quer para a segurança pública, em geral, e do pessoal das entidades gestoras, em particular.

O risco para a saúde pública pode aumentar com ocorrências que possam tornar mais provável o contacto com águas poluídas. A exposição pode ocorrer devido a ocorrências como:

- inundações a partir de sistemas com afluências de águas residuais domésticas (*e.g.*, sistemas unitários, separativos domésticos e separativos pluviais com afluências indevidas);
- descargas para o meio receptor, particularmente se forem consideradas águas balneares;
- exfiltração para águas subterrâneas, com a contaminação de água para consumo humano, através de captações ou de condutas com falta de estanquidade.

O aumento do risco para a segurança pública pode decorrer de:

- aumento do número de acidentes associados a mau estado de conservação de dispositivos colocados na via pública (*e.g.*, tampas de câmaras de visita partidas ou salientes, sumidouros ou sarjetas danificados; acumulação de lençóis de água em rodovias por drenagem deficiente);
- aumento da exposição a abatimentos de terreno devido ao colapso de colectores em mau estado de conservação;
- danos para pessoas devido à ocorrência de inundações (*e.g.*, arrastamento, quedas).



Figura 2.16 – Exemplos de ocorrências com potencial impacto na segurança e saúde públicas

O aumento do risco para os técnicos da entidade gestora ou de entidades subcontratadas pode decorrer da não garantia das condições recomendadas na legislação aplicável (*e.g.*, pelo Decreto Regulamentar n.º 23/95, de 23 de Agosto e pela Portaria n.º 762/2002, de 1 de Julho).

2.4.5. Dimensão ambiental

Em termos ambientais, as consequências do desempenho inadequado, podem ter reflexos variáveis no espaço (*e.g.*, dependendo da sensibilidade do meio) e no tempo (*e.g.*, devido à sazonalidade da precipitação). Globalmente destacam-se os seguintes impactos potenciais:

- poluição devida a inundações, descargas nos meios hídricos e exfiltração, incluindo destruição da fauna e flora;
- impactos associados ao aumento das emissões de carbono, nomeadamente, pelo aumento do consumo de energia;
- uso ineficiente de recursos, por exemplo, água, energia e reagentes, *e.g.*, consequência do aumento do volume de água bombada e tratada ou da redução da eficiência dos equipamentos e instalações de tratamento.

2.4.6. Dimensão social

Em termos ambientais, as consequências do desempenho inadequado, podem ter reflexos variáveis no espaço (*e.g.*, dependendo da sensibilidade do meio) e no tempo (*e.g.*, devido à sazonalidade da precipitação). Globalmente destacam-se os seguintes impactos potenciais:

- poluição devida a inundações, descargas nos meios hídricos e exfiltração, incluindo destruição da fauna e flora;
- impactos associados ao aumento das emissões de carbono, nomeadamente, pelo aumento do consumo de energia;
- uso ineficiente de recursos, *e.g.*, água, energia e reagentes, por exemplo, consequência do aumento do volume de água bombada e tratada ou da redução da eficiência dos equipamentos e instalações de tratamento.

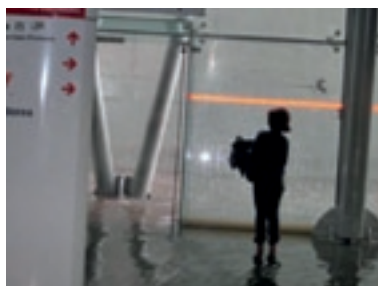


Figura 2.17 – Exemplos de ocorrências com potencial impacto social

2.5. Relação entre causas, anomalias e sintomas

A deterioração de um sistema ou componente, por efeito de uma ou mais causas, corresponde à alteração da sua condição, ou seja, à ocorrência de anomalias. Por sua vez, os sintomas constituem evidências da degradação ou da anomalia. Assim, o diagnóstico (entendido como a interpretação dos sintomas) é essencial para a detecção das anomalias. Por outro lado, o conhecimento das causas (*vd.* 2.3) é essencial no processo de reabilitação, pois permite não só adequar a intervenção correctiva, mas também localizar anomalias idênticas e precaver ocorrências futuras. Nos quadros seguintes, Quadro 2.5 a Quadro 2.9, apresentam-se exemplos de anomalias ou redução do desempenho, sintomas associados e causas, para diferentes dimensões de consequência, nomeadamente, dimensão técnica (hidráulica, ambiental e estrutural), sócio-económica e impacto na saúde pública.

**Quadro 2.5 – Causas e sintomas associados
a anomalias hidráulicas**

Anomalia	Sintomas primários	Causas primárias
Insuficiente capacidade de escoamento: altura do escoamento elevada	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Altura do escoamento acima do regulamentar ▪ Entrada em carga do colector ▪ Extravasamento com inundação ▪ Extravasamento com descarga 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Incorreção de planeamento, projecto, construção ▪ Infiltração ▪ Ligações indevidas ▪ Aumento da rugosidade ▪ Acumulação de material sólido ▪ Obstáculos ao escoamento (depósitos e incrustações, obstruções, intrusão de raízes) ▪ Interrupção do funcionamento de instalações elevatórias ▪ Deformações ▪ Desvio posicional ▪ Assentamento
Insuficiente capacidade de escoamento: caudal elevado	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Altura do escoamento acima do regulamentar ▪ Entrada em carga do colector ▪ Extravasamento com inundação ▪ Extravasamento com descarga 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Incorreções no planeamento, projecto, construção ▪ Aumento da área servida ▪ Infiltração ▪ Ligações indevidas ▪ Interrupção do funcionamento de instalações elevatórias
Velocidade excessiva: desgaste dos materiais	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Desgaste dos materiais sob acção do escoamento (e.g., aumento da rugosidade, redução da espessura do material, armaduras visíveis) ▪ Ruptura/colapso ▪ Fissuras 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Incorreções de planeamento, projecto, construção ▪ Aumento da área servida ▪ Infiltração ▪ Ligações indevidas
Velocidade baixa: insuficiente auto-limpeza	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Acumulação de sedimentos ▪ Odores ▪ Atmosfera agressiva/perigosa 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Incorreções de planeamento, projecto, construção ▪ Inclinações reduzidas ou contra-inclinações ▪ Obstáculos ao escoamento (depósitos e incrustações, obstruções, intrusão de raízes) ▪ Insuficiente retenção de material sólido na entrada do sistema ▪ Entrada em carga ▪ Efeitos de maré
Drenagem deficiente: escoamento superficial	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Inundação ▪ Velocidade e altura do escoamento superficial elevados 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Falta de capacidade dos dispositivos de entrada ▪ Entrada em carga ▪ Insuficiente capacidade de vazão

Quadro 2.6 – Causas e sintomas associados a impactos ambientais

Anomalia	Sintomas primários	Causas primárias
Descarga de caudais sem tratamento adequado: rede de colectores	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Evidência de afluentes poluídos nos meios receptores ▪ Odores ▪ Valores dos parâmetros de qualidade da água acima do limite aceitável 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Colectores separativos domésticos ou unitários não ligados a sistema de tratamento ▪ Ligações indevidas de ramais ou colectores separativos domésticos, unitários ou de efluentes industriais a sistemas separativos pluviais ▪ Ligações indevidas de ramais ou colectores pluviais a sistemas separativos domésticos ▪ Infiltração ▪ Obstruções nos colectores ▪ Interrupção do funcionamento de instalações elevatórias ▪ Mobilização de sedimentos poluídos por efeitos de aumento do caudal nos sistemas unitários e separativos pluviais ▪ Insuficiente capacidade de vazão
Descarga de caudais sem tratamento adequado: tratamento ineficiente ou insuficiente	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Evidência de afluentes poluídos nos meios receptores ▪ Odores ▪ Valores dos parâmetros de qualidade da água acima do limite aceitável 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Incorreção de planeamento, projecto, construção ▪ ETAR com disfunções ou com nível de tratamento inferior ao exigido. ▪ Afluências pluviais excessivas à ETAR ▪ Afluência de substâncias de origem industrial que afectem a eficiência dos processos de tratamento ▪ Infiltração
Exfiltração para o solo ou meios hídricos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sinais de poluição no solo ou meios hídricos ▪ Odores ▪ Fissuras ou similar no sistema de colectores 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sistema de colectores não estanque (e.g., fissuras, juntas abertas)

Quadro 2.7 – Causas e sintomas associados a anomalias estruturais

Anomalia	Sintomas primários	Causas primárias
Fissuras	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Infiltração ▪ Exfiltração ▪ Rotura ▪ Colapso 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cargas excessivas (externas ou internas) ▪ Desvio posicional ▪ Desgaste mecânico ▪ Deformação ▪ Danos devidos ao transporte, armazenamento, assentamento, manuseamento ▪ Instalação deficiente em vala ▪ Sismos ▪ Danos por terceiras entidades ▪ Deslizamento de taludes
Redução de resistência estrutural	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Rotura ▪ Deformação ▪ Colapso ▪ Assentamento ▪ Falta de material ▪ Fissuras ▪ Redução da espessura do material 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Incorreções de projecto e construção ▪ Desgaste mecânico (arrastamento de material sólido, cavitação, procedimentos ou técnicas de limpeza inadequados) ▪ Corrosão (agressividade da atmosfera do colector, do escoamento ou do solo e águas intersticiais) ▪ Deformação ▪ Inadequada selecção de materiais ▪ Protecção inadequada contra a corrosão (falta, inadequada ou danificada) ▪ Velocidade do escoamento elevada ▪ Infiltração ▪ Exfiltração ▪ Sismos ▪ Danos por terceiras entidades ▪ Deslizamento de taludes

Quadro 2.8 – Causas e sintomas associadas a impactos sócio-económicos

Anomalia	Sintomas primários	Causas primárias
Ocorrência de gases tóxicos ou odores	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Odores ▪ Atmosfera agressiva/perigosa 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Arejamento insuficiente ▪ Afluência de substâncias de origem industrial ▪ Acumulação de material sólido
Perturbações para a população e actividades económicas	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Inundações ▪ Falha ou colapso de colectores ▪ Evidência de afluentes poluídos em arruamentos 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Insuficiente capacidade de escoamento ▪ Insuficiente drenagem do escoamento superficial ▪ Perda de resistência estrutural ▪ Exfiltração
Agravamento de custos operacionais	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aumento de caudais bombeados ▪ Redução na eficiência de tratamento 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Infiltração ▪ Ligações indevidas ▪ Equipamentos pouco eficientes
Aumento de custos de manutenção	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Maior frequência de entupimentos e obstruções ▪ Maior frequência de reparações 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Acumulação de material sólido ▪ Intrusão de raízes ▪ Fissuração ▪ Infiltração ▪ Exfiltração ▪ Degradação estrutural ▪ Entrada de materiais sólidos

Quadro 2.9 – Causas e sintomas com impacto potencial na saúde pública

Anomalia	Sintomas primários	Causas primárias
Inundações com origem em sistemas com águas residuais domésticas	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Evidência de afluentes poluídos em arruamentos ou alojamentos. ▪ Odores. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Insuficiente capacidade de vazão ▪ Obstruções nos colectores ▪ Interrupção do funcionamento de instalações elevatórias
Contaminação dos meios receptores em zonas balneares ou com usos recreativos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Evidência de afluentes poluídos nos meios receptores. ▪ Odores. ▪ Parâmetros de qualidade da água com valores acima do limite aceitável, em zonas balneares ou com usos recreativos. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Descarga de caudais sem tratamento adequado: rede de colectores ▪ Descarga de caudais sem tratamento adequado: tratamento ineficiente ou insuficiente
Contaminação de água para consumo humano	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Evidência de poluição nos meios receptores. ▪ Odores. ▪ Parâmetros de qualidade da água para consumo com valores inaceitáveis. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ETAR com disfunções ou com tratamento inferior ao exigido ▪ Afluência de substâncias que afectem a eficiência dos processos de tratamento ▪ Exfiltração para o solo ou meios hídricos

3. REABILITAÇÃO NO CONTEXTO DA GESTÃO TÉCNICA

3.1. Nota introdutória

A reabilitação deve ser enquadrada no âmbito das diferentes actividades e sectores das entidades gestoras, de forma a permitir uma gestão técnica integrada, envolvendo os vários níveis de decisão, *i.e.* estratégico, tático e operacional. Adicionalmente, não pode deixar de ser considerado o contexto em que se integra a infra-estrutura, tanto em termos das unidades territoriais (*e.g.*, bacias hidrográficas), como em termos do sistema urbano.

Assim, a reabilitação deve ser devidamente integrada nos diversos aspectos incluídos na gestão técnica de sistemas de águas residuais e pluviais. De acordo com a norma ISO 24511:2007, estes incluem a gestão:

- de actividades e processos;
- dos recursos;
- patrimonial de infra-estruturas;
- de informação;
- ambiental;
- do risco.

Nas secções seguintes identificam-se as principais áreas onde deve existir integração das actividades associadas à reabilitação, tendo por base a estrutura da norma acima referida e ainda a norma EN 752:2008.

3.2. Reabilitação nas componentes da gestão técnica

Gestão de actividades e de processos

Nas entidades gestoras de sistemas de águas residuais e pluviais existem diversas actividades e processos aos diversos níveis hierárquicos da organização, onde se integram aspectos relativos à reabilitação, nomeadamente:

- definição e estabelecimento de políticas;
- formulação de estratégias;

- desenvolvimento de procedimentos;
- cumprimento de requisitos de regulação;
- coordenação interna e externa;
- operação, controlo e redefinição de processos.

As abordagens de reabilitação deverão assegurar a articulação necessária em cada uma destas actividades e processos.

Gestão de recursos

As entidades gestoras devem gerir eficientemente os recursos de que dispõem. Também as actividades de reabilitação devem incorporar a gestão eficiente dos recursos, nomeadamente:

- recursos humanos;
- materiais e equipamentos (activos físicos não fixos, *e.g.*, peças sobressalentes, veículos e produtos químicos);
- recursos financeiros (proveitos, despesas, reservas e investimentos);
- recursos naturais (*e.g.*, terrenos, água e energia).

Gestão patrimonial de infra-estruturas

As entidades gestoras têm activos corpóreos (*e.g.*, infra-estruturas físicas, instalações) e activos incorpóreos. As actividades de reabilitação e manutenção integram-se naturalmente na gestão dos activos corpóreos, desejavelmente numa base de gestão sustentável no ciclo de vida. Outras actividades da gestão de activos estreitamente associadas à reabilitação incluem:

- manutenção de inventários actualizados (*e.g.*, cadastro);
- avaliação da condição dos componentes da infra-estrutura;
- manutenção de dados de monitorização;
- optimização das amortizações e dos reinvestimentos;
- gestão do risco.

Todas estas acções devem ser direccionadas para maximizar o desempenho dos activos em termos do serviço que prestam.

Gestão da relação com os clientes

As entidades gestoras fornecem um serviço aos seus utilizadores. A gestão da relação com os clientes é essencial para o sucesso destas organizações. Nas abordagens de reabilitação devem estar incorporadas as necessidades e expectativas dos utilizadores, desde logo na identificação de disfunções do sistema e dos seus componentes que afectem de forma mais directa os utilizadores, e na selecção de soluções e métodos de implementação que causem menores perturbações. A utilização atempada de técnicas de comunicação adequadas permite reduzir substancialmente os impactos sócio-económicos da reabilitação.

Gestão de informação

A gestão de informação é basilar para qualquer abordagem de reabilitação. Assim, devem ser garantidos os fluxos de informação necessários para assegurar a boa execução das actividades de reabilitação e a adequada gestão da informação, nas suas diferentes fases, incluindo a aquisição, avaliação, registo, actualização e arquivo.

De facto, a reabilitação deve usar a informação disponível sobre as infra-estruturas, a sua condição física e o seu desempenho. Informação inexistente, incompleta ou incorrecta pode ter consequências gravosas nas decisões. Neste contexto, o processo de gestão de informação tem uma ligação muito directa e determinante na reabilitação.

Gestão ambiental

O planeamento e a execução das actividades de reabilitação deve incorporar os princípios e práticas de protecção ambiental, numa perspectiva integrada e de longo prazo, por exemplo, através de:

- consideração do desenvolvimento urbanístico;
- uso eficiente da água e da energia;
- prevenção e controlo da poluição;
- minimização dos impactos das actividades de construção (e.g., ruído e perturbações à população);
- protecção da saúde pública;
- protecção dos meios receptores.

Gestão do risco e análise de fiabilidade

Todas as actividades de uma organização envolvem riscos que devem ser geridos. O processo de gestão do risco permite apoiar a tomada de decisão tendo em consideração a incerteza e possíveis ocorrências futuras que, expectavelmente, tenham impactos nos objectivos da organização. O risco, no sentido mais lato, entende-se como o efeito da incerteza nos objectivos (ISO 31 000:2009).

A reabilitação enquadra-se naturalmente na gestão do risco, porquanto tem por objectivo restaurar ou melhorar o desempenho do sistema ou seus componentes, contribuindo para o cumprimento dos objectivos da organização. Assim, constitui uma abordagem que se integra nas acções de controlo do risco, tanto preventiva de consequências negativas, como contribuindo positivamente para os objectivos de gestão (valorização da infra-estrutura e melhoria do desempenho).

Na definição de estratégias de reabilitação são frequentemente utilizadas metodologias de gestão do risco e de análise de fiabilidade. A principal metodologia normalizada para a gestão do risco é apresentada na Figura 3., de acordo com a AS/NZS 4360:2004 (AS/NZS, 2004, 2005) e a ISO 31 000:2009 (ISO, 2008e), duas normas de referência na área da gestão do risco.

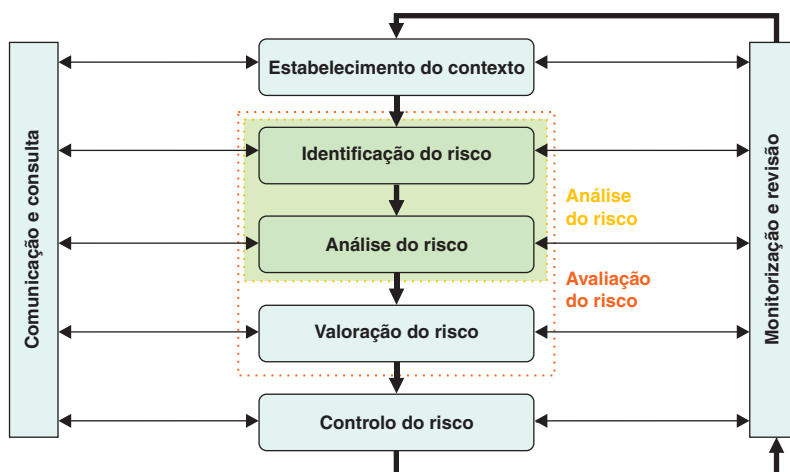


Figura 3.1 – Processo de gestão do risco

No âmbito da gestão do risco, deve incorporar-se tanto a análise em situações de operação normal como em ocorrências excepcionais. Não devem deixar de ser consideradas as várias tipologias de emergências a que a entidade gestora pode estar sujeita:

- incidentes de poluição causados pela entidade gestora (*e.g.*, descarga de água residual não tratada, derramamento de químicos, libertação de gases tóxicos);
- falha de componente (*e.g.*, colapso de colector, paragem de estação elevatória, falha de processo da ETAR);
- incidentes causados por agentes externos, incluindo ocorrências variadas como, por exemplo, incêndio ou explosão em componentes do sistema (gás, bomba, ...), intrusão em instalações críticas (*e.g.*, centros de controlo), descarga de substâncias contaminantes ou descarga de substâncias inflamáveis no sistema;
- incidentes causados por perigos naturais (sismos, inundações).

Conceptualmente, a gestão do risco corresponde à promoção de uma actuação preventiva, desejável no contexto das abordagens de reabilitação.

PARTE II – ABORDAGEM INTEGRADA DE REABILITAÇÃO

4. ESTRATÉGIA GERAL DE REABILITAÇÃO

A abordagem geral da reabilitação de sistemas de águas residuais e pluviais deve ser feita de forma integrada e pró-activa, envolvendo os diferentes níveis de decisão (*i.e.*, níveis estratégico, tático e operacional) das entidades gestoras. Assim, é recomendada a consideração destes três níveis de planeamento na abordagem geral à reabilitação (Gordon e Shore, 1998, INGENIUM e NAMS, 2006):

- **nível de planeamento estratégico** (da organização), onde se estabelecem a visão, a missão e as políticas da organização, num horizonte temporal tipicamente superior a cinco anos, que traduzem os requisitos e as expectativas das diferentes partes interessadas, incluindo os da regulação e os contratuais. O planeamento estratégico é de âmbito global, abrangendo toda a organização e toda a área geográfica servida. O plano estratégico deve incorporar os objectivos, os critérios e as metas da organização. Neste nível de planeamento devem ser tomadas decisões sobre a distribuição de recursos para a implementação da estratégia, incluindo recursos financeiros e humanos. Os planos estratégicos são promovidos pela administração da organização.

Neste nível deve ser explicitada a estratégia global que a organização pretende adoptar para a reabilitação dos sistemas, os meios a afectar a essa actividade, e correspondentes objectivos, metas e critérios de avaliação, incluindo as métricas a adoptar.

- **nível de planeamento tático**, onde se estabelecem de forma sistemática as actividades e os períodos de implementação que permitem a concretização dos objectivos estratégicos, tipicamente num horizonte temporal entre um a cinco anos. Os planos táticos são promovidos de forma articulada pelos responsáveis dos departamentos envolvidos.

Em termos de reabilitação, neste nível elaboram-se os estudos necessários à caracterização da situação existente, à avaliação do desempenho correspondente, desenvolvimento de alternativas de actuação, incluindo a sua avaliação, selecção das intervenções com prioridades associadas e planeamento da sua implementação.

- **nível de planeamento operacional**, onde se formulam as acções para cada sector que permitem atingir os objectivos estabelecidos no planeamento tático, através da elaboração de programas detalhados de acções a desenvolver no curto prazo. O horizonte temporal é tipicamente anual. Os planos operacionais são promovidos pelos responsáveis pelas unidades operativas.

No âmbito da reabilitação, este nível corresponde à programação e execução dos trabalhos definidos ao nível tático e monitorização funcional no sistema. Inclui também tarefas de rotina e procedimentos operacionais.

Como referido, o plano estratégico é de âmbito global, abrangendo toda a organização e toda a área geográfica servida. Consequentemente, o planeamento da reabilitação, que deve ser parte integrante do planeamento global da organização, tem uma maior incidência nos níveis tático e operacional. Numa abordagem integrada de reabilitação, deve ser garantida a coerência de todo o processo e o alinhamento entre objectivos da organização e os resultados obtidos.

As principais vantagens desta abordagem consistem em (Boyland, 2003):

- gerir a complexidade do problema;
- controlar a incerteza;
- especializar o planeamento em cada nível.

Estas vantagens derivam da consideração de três níveis. Em cada nível utiliza-se o pormenor adequado, sendo este tanto maior quanto menor o horizonte de análise e menor o nível hierárquico de planeamento. A interligação entre objectivos só é avaliada entre objectivos no mesmo nível hierárquico. Desta forma integram-se diferentes horizontes temporais na análise, limitando-se a quantidade de informação a analisar simultaneamente e, sendo os ciclos de reavaliação em cada nível compatíveis, promove-se a actualização da informação em nível superior a partir da análise mais frequente e detalhada no nível hierarquicamente inferior.

No planeamento estratégico estabelece-se a distribuição dos recursos, no tático promove-se o uso eficiente dos recursos e no operacional define-se como deve ser executada cada uma das actividades. O planeamento hierárquico permite assim utilizar diferentes abordagens e ferramentas em cada nível, o que, em geral, dificilmente seria conseguido combinando estes processos de planeamento num só nível (Boyland, 2003).

A Figura ilustra as relações entre os níveis de planeamento, os níveis de decisão e o âmbito de cada tipo de plano (Boyland, 2003).

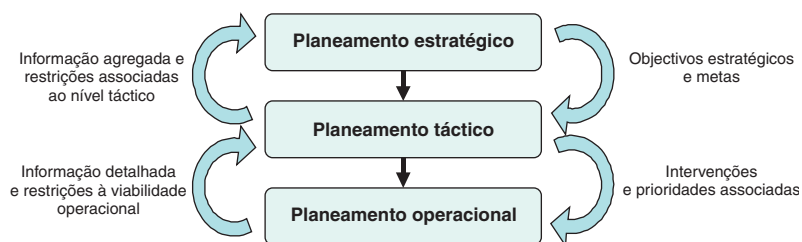


Figura 4.1 – Relação entre níveis de planeamento, níveis de decisão e âmbito dos planos

Nos capítulos 5, 6 e 7 descrevem-se os níveis de planeamento e as fases e actividades envolvidas em cada um destes.

5. PLANEAMENTO ESTRATÉGICO

5.1. Estrutura do planeamento estratégico

O planeamento estratégico da organização é estruturado tipicamente nas fases apresentadas na Figura 5.1. A fase de estabelecimento da visão e da missão, sendo essencial para o planeamento estratégico, aplica-se globalmente a toda a organização, neste caso a entidade gestora, não sendo habitualmente objecto de alterações significativas ao longo do tempo. Esta fase pode ser integrada no planeamento estratégico ou ser definida anteriormente. Nas fases de estabelecimento do contexto e de definição da estratégia deverão ser explicitadas as opções com implicações para a estratégia de reabilitação dos sistemas de águas residuais e pluviais da responsabilidade da entidade gestora.

Neste sector, a existência de um plano de reabilitação adequado é essencial para que a entidade gestora cumpra o estabelecido na visão e na missão.

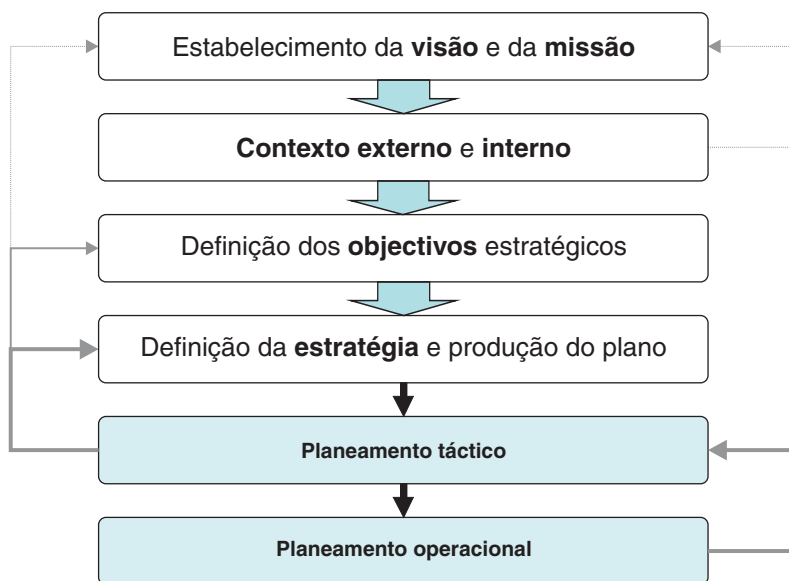


Figura 5.1 – Fases do planeamento estratégico

A implementação do plano estratégico é concretizada nos níveis tático e operacional.

5.2. Contexto externo e interno

O planeamento estratégico deve ser baseado em informação tão actual, exacta e completa quanto possível. O conhecimento da conjuntura em que a organização se insere, e das características da própria organização, constituem uma fase que procura garantir que todos os elementos que afectam as actividades da entidade gestora são considerados no planeamento (INGENIUM e NAMS, 2006, AS/NZ, 2005).

Em termos do contexto ou ambiente externo, importa identificar os factores de natureza política, legal, regulatória, normativa, económica, financeira, de planeamento do território, tecnológica, ambiental, social e cultural, relevantes para o planeamento estratégico, nomeadamente para a definição dos objectivos estratégicos da entidade gestora. Neste enquadramento, é possível proceder à sistematização das principais ameaças e oportunidades que devem ser consideradas pela entidade gestora.

Em termos do contexto ou ambiente interno devem-se identificar as características da entidade gestora que permitem sistematizar os pontos fortes e fracos da organização, incluindo a estrutura da organização e os seus recursos (infra-estruturais, humanos, tecnológicos e financeiros) e ter em atenção as expectativas das diferentes partes interessadas.

Nos Quadros 5.1 e 5.2 apresentam-se alguns exemplos dos aspectos do contexto externo e interno, respectivamente, relevantes para o desenvolvimento de uma estratégia de reabilitação.

A sistematização efectuada para o contexto (externo e interno) permite aplicar a análise SWOT (do inglês: *Strengths*, *Weaknesses*, *Opportunities* e *Threats*) para efectuar um diagnóstico estratégico. Esta análise é interessante pois permite comparar as capacidades e os recursos internos da entidade com as ameaças e as oportunidades inerentes ao meio envolvente.

Quadro 5.1 – Exemplos de aspectos do contexto externo relevantes para uma estratégia de reabilitação

Factor	Exemplos de aspectos a contemplar
Político	<ul style="list-style-type: none"> ▪ directrizes de natureza política, como por exemplo, as orientações relativas aos investimentos a realizar no Plano Estratégico Nacional de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais 2007-2013 (PEAASAR II)
Legal	<ul style="list-style-type: none"> ▪ obrigações legais (actuais e previsíveis a médio prazo) a satisfazer pela organização, que podem ser de natureza muito diversa, nomeadamente, ambiental, económica, técnica (regulamentar), contabilística e fiscal, de qualidade de serviço, institucional, de saúde pública e de segurança
Regulação	<ul style="list-style-type: none"> ▪ valores de referência para os indicadores de desempenho estabelecidos pela ERSAR relevantes para a reabilitação (vd. Quadro 2.1 e Quadro 2.2)
Normativo	<ul style="list-style-type: none"> ▪ acervo normativo técnico, como sejam as normas portuguesas, CEN e ISO
Económico-financeiros	<ul style="list-style-type: none"> ▪ programas de financiamento enquadrados por directrizes estabelecidas no Plano Estratégico Nacional de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais 2007-2013 (PEAASAR II) ▪ programas estruturais de financiamento disponíveis (e.g., QREN)
Planeamento do território	<ul style="list-style-type: none"> ▪ expansão urbana e industrial prevista
Tecnológico	<ul style="list-style-type: none"> ▪ instrumentos e tecnologias disponíveis para apoio à reabilitação
Ambiental	<ul style="list-style-type: none"> ▪ aplicação de princípios de sustentabilidade ambiental (e.g., prevenção e controlo da poluição, uso eficiente de recursos naturais) ▪ susceptibilidade ambiental na área de intervenção
Social e cultural	<ul style="list-style-type: none"> ▪ expectativas dos utilizadores e da população em geral

Quadro 5.2 – Exemplos de aspectos do contexto interno relevantes para uma estratégia de reabilitação

Factor	Exemplos de aspectos a contemplar
Estrutura da organização	<ul style="list-style-type: none"> ▪ estrutura organizativa interna nos aspectos que possam ser determinantes para o desenvolvimento e implementação de planos integrados de reabilitação ▪ competências, responsabilidades e capacidades existentes
Recursos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ sistemas de gestão de informação existentes (e.g., cadastro, registos relativos a actividades de manutenção e operação, clientes) ▪ política de <i>outsourcing</i> (e.g., subcontratação de tarefas de manutenção, de reparações, fiscalização) ▪ disponibilidade de equipamentos de apoio à inspecção, à realização de ensaios de controlo de qualidade, à monitorização (e.g., medição de caudal) e para a realização de obras de reabilitação ▪ disponibilidade de recursos financeiros

5.3. Definição dos objectivos estratégicos

Uma vez estabelecida a visão e a missão de uma entidade gestora, e tendo em conta o contexto externo e interno, devem ser definidos objectivos estratégicos concretos. Estes objectivos devem ser viáveis, compatíveis entre si e mensuráveis, de modo a que a entidade possa monitorizar o progresso conseguido. Estes objectivos da entidade gestora geralmente não são específicos para a reabilitação.

As normas EN 752:2008 (CEN, 2008b) e ISO 24511:2007(E) (ISO, 2007b) recomendam um conjunto de objectivos estratégicos para entidades gestoras de sistemas de águas residuais e pluviais. No Quadro 5.3, apresenta-se uma síntese dos objectivos constantes daqueles documentos. Cada organização deverá analisar, completar ou alterar estes objectivos, definindo os seus próprios objectivos estratégicos.

**Quadro 5.3 – Objectivos estratégicos segundo as normas
(a) EN 752:2008 e (b) ISO 24511:2007(E)**

Objectivo 1: Protecção da saúde e segurança públicas (a) e (b)
Minimizar o risco para a saúde e segurança públicas associado ao serviço prestado, em todas as fases desde o dimensionamento, construção, operação, manutenção e reabilitação.
Objectivo 2: Segurança e saúde no trabalho (a)
Minimizar o risco que pode existir durante a instalação, operação, manutenção e reabilitação.
Objectivo 3: Satisfação das necessidades e expectativas dos utilizadores do serviço (b)
Assegurar que a actividade satisfaz as necessidades e as expectativas dos utilizadores, estabelecidas de modo racional.
Objectivo 4: Fornecimento do serviço em condições normais e de emergência (b)
Assegurar a continuidade do serviço de recolha, transporte, tratamento e destino final das águas residuais, das águas pluviais e resíduos, em condições normais de funcionamento. Para ocorrências de interrupção, planeada ou de emergência, devem ser aplicados planos de acção adequados preparados previamente.
Objectivo 5: Sustentabilidade da entidade gestora (b)
Assegurar que as infra-estruturas são mantidas e têm capacidade para satisfazer as necessidades actuais e futuras dos utilizadores, incluindo os aspectos económico-financeiros.
Objectivo 6: Protecção do meio ambiente (a) e (b)
Minimizar o impacto ambiental adverso no meio ambiente (e.g., controlo da poluição, conservação dos recursos naturais e preservação da fauna e flora) durante todas as fases do serviço prestado.
Objectivo 7: Promoção do desenvolvimento sustentável da comunidade (a) e (b)
Desenvolver a actividade contribuindo para a aplicação de princípios e práticas de desenvolvimento sustentável nas vertentes ambiental, económica e social.

A estratégia de reabilitação da entidade gestora deverá contribuir directamente para o cumprimento destes objectivos.

Para cada objectivo estratégico, a entidade gestora deve definir critérios de avaliação, medidas de desempenho e metas, de modo a que seja possível a avaliação concreta do cumprimento do mesmo. Por critérios de avaliação entendem-se os aspectos ou perspectivas que permitem avaliar o cumprimento dos objectivos, por exemplo, requisitos funcionais ou de gestão. As medidas de desempenho são variáveis específicas que permitem caracterizar o desempenho de forma quantitativa ou qualitativa (vd. 8.5). As metas constituem os valores propostos para as medidas de desempenho a serem atingidos num dado horizonte temporal. Para cada objectivo estratégico podem ser definidos vários critérios e para cada critério podem ser usadas várias medidas de desempenho.

Nas normas EN 752:2008 e ISO 24511:2007(E) são enunciados possíveis critérios de avaliação para cada objectivo estratégico e exemplos de medidas de desempenho. A selecção das medidas de desempenho pode ser feita, por exemplo, a partir dos sistemas de indicadores de desempenho da IWA ou da ERSAR para sistemas de águas residuais e pluviais (Matos *et al.*, 2003, IRAR, 2005). Do Quadro 5.4 ao Quadro 5.7, apresentam-se alguns exemplos relevantes no âmbito de uma estratégia de reabilitação.

Como se constata neste exemplo, a estratégia de reabilitação pode contribuir para o cumprimento de diferentes objectivos estratégicos, eventualmente decorrentes, por exemplo, de requisitos regulatórios ou contratuais específicos da reabilitação (*e.g.*, cumprimento dos indicadores de desempenho da ERSAR relativos a taxas anuais de reabilitação de colectores e de ramais), ou para outros que impliquem a necessidade de reabilitação para serem atingidos (*e.g.*, melhoria da qualidade de serviço ao utilizador em termos da redução frequência de inundações).

Quadro 5.4 – Exemplo de critério, medida de desempenho e meta associados ao objectivo estratégico “Protecção da saúde e segurança públicas”

Objectivo: Protecção da saúde e segurança públicas	
Critério de avaliação: Integridade estrutural	
Medida de desempenho: wOp40 – Colapsos estruturais (n.º/100 km colector/ano) (Numero de colapsos de colectores ocorridos durante o período de referência x 365 / duração do período de referência) / (Comprimento total da rede de colectores na data de referência x 100)	Meta < 2

**Quadro 5.5 – Exemplo de critério, medida de desempenho e meta associados ao objectivo estratégico
“Sustentabilidade da entidade gestora”**

Objectivo: Sustentabilidade da entidade gestora	
Critério de avaliação: Sustentabilidade do serviço a médio e longo prazo	
Medida de desempenho: Colectores críticos (%/ano) (Comprimento de colectores classificados como críticos durante o período de referência x 365 / duração do período de referência) / Comprimento total da rede de colectores na data de referência x 100	Meta < 20%
Nota: por colector crítico entende-se aquele com elevado risco de falha, ou seja, incorporando a probabilidade e consequência da falha.	

**Quadro 5.6 – Exemplo de critério, medida de desempenho e meta associados ao objectivo estratégico
“Fornecimento do serviço em condições normais e de emergência”**

Objectivo: Fornecimento do serviço em condições normais e de emergência	
Critério de avaliação: Continuidade do serviço	
Medida de desempenho: wOp41 – Falhas de bombagem (horas / bomba / ano) (soma, para todas as bombas do sistema, do número de horas em que cada bomba esteve fora de serviço durante o período de referência x 365 / duração do período de referência) / número total de bombas na data de referência	Meta < 48

**Quadro 5.7 – Exemplo de critério, medida de desempenho e meta associados ao objectivo estratégico
“Protecção do meio ambiente”**

Objectivo: Protecção do meio ambiente	
Critério de avaliação: Prevenção e controlo da poluição	
Medida de desempenho: wEn3 – Frequência de descargas de excedentes (n.º / descarregador de tempestade / ano) (Número total de descargas de excedentes ocorridas durante o período de referência x 365 / duração do período de referência) / Número total de descarregadores de tempestade na data de referência	Meta 1

5.4. Definição das estratégias e produção do plano

Esta fase do processo de planeamento estratégico envolve a identificação e avaliação de estratégias alternativas, e a selecção das mais adequadas ao cumprimento dos objectivos e das metas estabe-

lecidas. A análise de cada estratégia requer que, simultaneamente, seja estudada a forma e viabilidade de implementação.

As estratégias, ou linhas de acção, da organização podem incluir directrizes claras relativas ao cumprimento de metas de **reabilitação** decorrentes, por exemplo, de requisitos regulatórios ou contratuais (*e.g.*, cumprimento dos indicadores de desempenho da ERSAR relativos a taxas de reabilitação de colectores e de ramais). Pode também incluir o cumprimento de metas que impliquem a necessidade de reabilitação para serem atingidas (*e.g.*, melhoria da qualidade de serviço ao utilizador em termos da redução da frequência de inundações).

Assim, uma estratégia possível de uma entidade gestora de sistemas de águas residuais e pluviais é o estabelecimento de um plano de reabilitação preventiva. Outra estratégia pode ser proceder à elaboração de um plano de minimização de aflúencias indevidas aos sistemas.

O plano estratégico inclui tipicamente os seguintes pontos:

- visão e missão da organização;
- objectivos estratégicos, critérios, medidas e metas a atingir;
- contexto externo e interno;
- oportunidades, ameaças, pontos fortes e pontos fracos da organização;
- estratégias adoptadas;
- mecanismos de monitorização, avaliação e revisão do plano.

A implementação do plano estratégico consiste no desenvolvimento de planos táticos e operacionais com ele articulados e coerentes. É indispensável que a implementação do plano estratégico seja adequadamente monitorizada e que o plano seja revisto periodicamente. A monitorização desenvolve-se essencialmente nos níveis tático e operacional e envolve o cálculo sistemático das medidas de desempenho seleccionadas, para todos os objectivos estratégicos, e a comparação entre estas e as respectivas metas. O grau de cumprimento global de cada objectivo deve ser avaliado a partir do cumprimento das metas individuais.

Embora o horizonte do plano seja longo, a avaliação da implementação deve ser feita anualmente, de modo a identificar a necessidade de introduzir alterações no plano estratégico ou proceder, eventualmente, a alterações nos objectivos, critérios ou metas.

A revisão do plano deve ser efectuada, tipicamente, num prazo de 1 a 5 anos. Esta revisão deve incorporar eventuais alterações no contexto externo e interno (*e.g.*, devidas a evolução tecnológica, a alteração dos requisitos legais ou regulatórios, ou das condições da actividade).

6. PLANEAMENTO TÁCTICO

6.1. Estrutura do planeamento táctico

No nível de planeamento táctico são desenvolvidas as linhas de acção estratégicas, com um procedimento onde se procura a melhor forma de estruturar as actividades, analisando alternativas com base num diagnóstico actualizado. No plano estabelecem-se de forma sistemática as actividades e os períodos de implementação, incluindo as prioridades de implementação das acções identificadas e faseamento da sua aplicação para as diferentes zonas em que se considerem subdivididos os sistemas.

O planeamento da reabilitação, visto de uma forma integrada na organização, enquadra-se especificamente no nível táctico, podendo mesmo o plano de reabilitação ser considerado um plano táctico, facilitando assim a aplicação de uma abordagem global abrangendo toda a infra-estrutura e favorecendo a optimização dos recursos. O planeamento táctico é estruturado tipicamente nas fases indicadas na Figura 6.1.

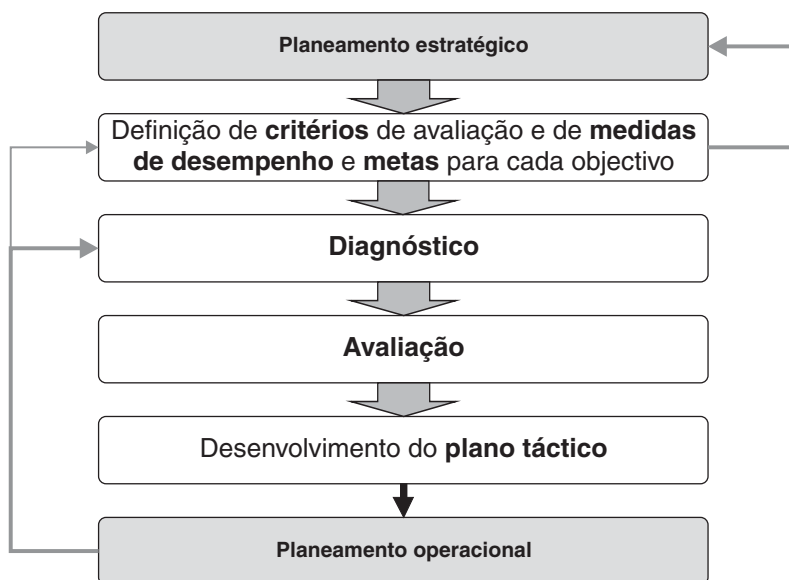


Figura 6.1 – Fases do planeamento táctico

Seguidamente, é desenvolvida a metodologia específica para o planeamento da reabilitação assumindo a aplicação a toda a infra-estrutura gerida pela entidade gestora. A metodologia pode ser

aplicada individualmente a subsistemas, sendo desejável que estes sejam funcionalmente independentes (*e.g.*, subsistemas relativos a bacias). Naturalmente que o planeamento tático se desenvolve em articulação com os níveis estratégico e operacional.

No caso específico dos sistemas de águas residuais e pluviais, a abordagem preconizada para a gestão técnica encontra-se delineada na norma europeia EN 752:2008 e, especificamente para a reabilitação, na prEN 14654-2:2009 (CEN, 2009).

6.2. Critérios de avaliação, medidas de desempenho e metas

Uma vez definidos os objectivos estratégicos, e respectivos critérios de avaliação, medidas de desempenho e metas, será necessário pormenorizar no nível tático os critérios, as medidas de desempenho e as metas a utilizar para avaliar as acções alternativas que sejam consideradas e ainda os resultados da sua implementação.

Importa realçar que ao nível tático se pretende efectuar a avaliação global e em unidades espaciais de menor dimensão, correspondendo normalmente a subsistemas, e podem ser estabelecidas metas diferentes para as mesmas medidas de desempenho em diferentes unidades espaciais. Por exemplo, num subsistema em que esteja previsto o uso balnear no meio receptor, as metas relativas às descargas de águas residuais serão naturalmente mais exigentes.

Os critérios de avaliação a considerar no nível tático reflectem os objectivos estratégicos da entidade gestora, devendo incorporar a regulamentação e boas práticas técnicas. Em certos casos, quando se justifique, podem ser definidos objectivos específicos, mais detalhados, ao nível tático. Estes critérios podem ser agrupados em categorias, como sejam:

- desempenho hidráulico – incorporando aspectos de quantidade e de qualidade;
- desempenho ambiental;
- condição estrutural;
- desempenho socio-económico;
- qualidade de serviço.

Assim, apresentam-se no Quadro 6.1 a relação entre os objectivos estratégicos e os critérios táticos e, no Quadro 6.2, exemplos de critérios de avaliação para as categorias acima indicadas.

Quadro 6.1 – Exemplos de critérios tácticos e sua relação com os objectivos estratégicos

Critérios associados ao nível táctico	Objectivo 1: Protecção da saúde e segurança públicas	Objectivo 2: Segurança e saúde no trabalho	Objectivo 3: Satisfação das necessidades e expectativas dos utilizadores do serviço	Objectivo 4: Fornecimento do serviço em condições normais e de emergência	Objectivo 5: Sustentabilidade da entidade gestora	Objectivo 6: Protecção do meio ambiente	Objectivo 7: Promoção do desenvolvimento sustentável da comunidade
Capacidade de escoamento	★★★	★★	★★	★★★★	★★	★★★★	★★
Capacidade de transporte de material sólido	★★	★★★★	★	★★	★	★★	★
Potencial de desgaste dos materiais	★★★	★★★★	★	★	★★	★	★
Agressividade da atmosfera	★	★★★★	★★	★	★	★	★
Estanquidade	★	★	★	★★	★★	★★★★	★
Afluências indevidas	★	★★	★★★★	★★★★	★★	★★	★
Descargas de caudais sem tratamento adequado	★★★★	★	★★★★	★★★★	★★	★★★★	★★
Exfiltração	★★	★	★	★	★	★★★★	★
Uso eficiente da água	★	★	★★	★★	★★★★	★★★★	★★★★
Uso eficiente de energia	★	★	★	★★	★★★★	★★★★	★★★★
Destino adequado de resíduos sólidos	★	★	★	★	★	★★★★	★★★★
Integridade estrutural	★★★★	★★★★	★★	★★★★	★★★★	★★	★★
Perturbação da qualidade de vida das populações	★	★	★★★★	★★	★	★	★
Perigo para a segurança das populações	★★★★	★★★★	★★	★★★★	★★★★	★	★
Impacto negativo nas actividades económicas	★	★	★★★★	★★★★	★★	★	★★
Sustentabilidade do serviço a médio e longo prazo	★	★	★★	★	★★★★	★	★★
Qualidade do serviço prestado aos utilizadores	★★	★	★★★★	★★★★	★★★★	★	★★
Continuidade do serviço	★★★★	★★	★★★★	★★★★	★★	★★★★	★★

Legenda: Relevância do critério para os objectivos estratégicos: ★★★ elevada; ★★ media; ★ baixa ou nula.

**Quadro 6.2 – Exemplos de critérios de avaliação
para diferentes categorias**

Categoria	CrITÉrios de avaliaÇão
Desempenho hidráulico	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Capacidade de escoamento – suficiência dos componentes ou sistemas para transporte dos caudais afluentes, dentro dos limites estabelecidos; ▪ Capacidade de transporte de material sólido – suficiência dos componentes ou sistemas para transporte do material sólido afluente, dentro dos limites estabelecidos; ▪ Potencial de desgaste dos materiais pelo escoamento ou agressividade do escoamento – potencial que o escoamento apresenta para desgaste dos materiais, por a��o mecânica, química ou conjunta; ▪ Agressividade da atmosfera – potencial para ocorrência de condições agressivas para os materiais na atmosfera interior dos componentes dos sistemas de colectores; ▪ Estanquidade – capacidade dos componentes de impedir a entrada de água do exterior (infiltração) ou saída da água residual através das paredes ou juntas (exfiltração); ▪ Afluências indevidas – magnitude de afluências não desejáveis ao componente ou sistema de colectores.
Desempenho ambiental	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Descargas de caudais sem tratamento adequado – magnitude da rejeição de caudais sem tratamento adequado, em meios hídricos ou solos, a partir dos componentes ou sistemas de águas residuais ou pluviais, de acordo com os limites estabelecidos; ▪ Exfiltração – magnitude das perdas de caudal de água residual a partir dos componentes dos sistemas de águas residuais, para meios hídricos ou solos; ▪ Uso eficiente da água – eficiência no uso da água na operação e manutenção dos sistemas de águas residuais e pluviais, por exemplo, na limpeza de colectores e nas ETAR; ▪ Uso eficiente de energia – eficiência no uso da energia na operação dos sistemas de águas residuais e pluviais, por exemplo, nas instalações elevatórias e nas ETAR; ▪ Destino adequado de resíduos sólidos – grau de adequação do destino de resíduos sólidos gerados na exploração dos sistemas de águas residuais e pluviais, por exemplo, lamas de ETAR e sedimentos resultantes de operações de limpeza dos colectores, nos termos previstos na legislação aplicável.
Condição estrutural	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Integridade estrutural – sufici�ncia dos componentes ou sistemas para assegurar a integridade estrutural durante a sua vida útil.
Desempenho sócio-económico	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Perturbação da qualidade de vida das popula��es – nível de ocorr�ncias com impacto negativo na qualidade de vida das popula��es, por exemplo, ocorr�ncias de odores, ruído, inunda��es ou interrup��es do tráfego; ▪ Perigo para a segurança das popula��es – nível de ocorr�ncias que possam constituir perigo para as popula��es, por exemplo, ocorr�ncias de colapsos, emiss�o de gases tóxicos, inunda��es ou contaminação dos meios receptores; ▪ Impacto negativo nas actividades económicas – nível de ocorr�ncias que possam ter impacto negativo em termos de perdas económicas para as actividades comerciais, por exemplo, interrupções do tráfego, inundações ou ruído; ▪ Sustentabilidade do serviço a médio e longo prazo – impacto económico do desempenho inadequado dos sistemas, e.g., custos acrescidos de operação, de reabilitação e de manutenção, incluindo coimas ou indemnizações.
Qualidade de serviço	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Qualidade do serviço prestado aos utilizadores – nível de qualidade do serviço prestado pela entidade gestora, por exemplo, em termos da não ocorrência de situações com impacto negativo para os utilizadores; ▪ Continuidade do serviço – nível de ocorrências que resultem na interrupção do serviço, por exemplo, das estações elevatórias e ETAR.

Do Quadro 6.3 a Quadro 6.7 apresentam-se exemplos de medidas de desempenho e de metas, para os diferentes critérios tácticos.

Quadro 6.3 – Exemplos de medidas de desempenho e metas associados aos critérios associados ao desempenho hidráulico

Critério de avaliação: Capacidade de escoamento	
Medida de desempenho: Altura do escoamento (m) Altura do escoamento numa secção representativa do colector; h – altura do colector Nota: ao nível táctico importa trabalhar com as funções de generalização para o sistema ou subsistema (ver Figura 8.29). Meta variável com tipo de sistema, aqui separativo doméstico com diâmetro > 500 mm.	Meta $< 0,75 \cdot h$
Critério de avaliação: Capacidade de transporte de material sólido	
Medida de desempenho: Velocidade média do escoamento (m/s) Velocidade média do escoamento no colector Nota: ao nível táctico importa trabalhar com as funções de generalização para o sistema ou subsistema (ver Figura 8.30). Meta variável com tipo de sistema, aqui separativo doméstico.	Meta $> 0,6$
Critério de avaliação: Potencial de desgaste dos materiais pelo escoamento ou agressividade do escoamento	
Medida de desempenho: Velocidade média do escoamento (m/s) Velocidade média do escoamento no colector Nota: ao nível táctico importa trabalhar com as funções de generalização para o sistema ou subsistema (ver Figura 8.30). Meta variável com tipo de sistema, aqui separativo pluvial ou unitário.	Meta < 5
Critério de avaliação: Agressividade da atmosfera	
Medida de desempenho: Z_p – Septicidade (-) Valor do parâmetro de Pomeroy, $Z_p = (0,305 \cdot C_{CBO5} \cdot 1,07^{(T-20)}) / (Q^{1/3} \cdot J^{1/2} \cdot f)$ (ver Cardoso, 2008)	Meta $< 5\,000$
Critério de avaliação: Estanquidade	
Medida de desempenho: Utilização da capacidade da secção cheia por infiltração (%) Utilização da capacidade da secção cheia do colector pelo valor do caudal mínimo diário de tempo seco (ver Quadro 8.8)	Meta < 25
Critério de avaliação: Afluências indevidas	
Medida de desempenho: Utilização da capacidade da secção cheia por ligações indevidas (%) Utilização da capacidade da secção cheia do colector pelo valor do caudal máximo com ocorrência de precipitação (ver Quadro 8.9)	Meta < 75

Quadro 6.4 – Exemplos de medidas de desempenho e metas associados aos critérios associados ao desempenho ambiental

Critério de avaliação: Descargas de caudais sem tratamento adequado	
Medida de desempenho: Descargas insatisfatórias de águas residuais (%) Percentagem de descarregadores com descarga directa para o meio receptor monitorizados e com funcionamento insatisfatório. $DI_{AR} = [(dAR19 + dAR48) / dAR47] \times 100$ dAR19 – Descarregadores com funcionamento insatisfatório (n.º) dAR47 – Descarregadores (n.º) dAR48 – Descarregadores não monitorizados (n.º)	Meta < 20
Critério de avaliação: Exfiltração	
Medida de desempenho: Proporção de exfiltração relativa ao caudal médio de tempo seco (%) Proporção do caudal de tempo seco que se estima sair do sistema (ver Cardoso, 2008)	Meta < 5
Critério de avaliação: Uso eficiente da água	
Medida de desempenho: Consumo médio de água em limpeza de colectores (m³/(100 km colector.ano)) Volume de água consumido na limpeza de colectores durante o período de referência / duração do período de referência) / (Comprimento total da rede de colectores limpo no período de referência x 100)	Meta -
Critério de avaliação: Uso eficiente da energia	
Medida de desempenho: AR13ab – Eficiência energética de instalações elevatórias (kWh/(m³.100 m)) Consumo de energia médio normalizado das instalações elevatórias (ver IRAR, 2009)	Meta < 0,45
Critério de avaliação: Destino adequado de resíduos sólidos	
Medida de desempenho: AR18ab – Destino de lamas do tratamento (%) Percentagem de lamas escoadas das instalações de tratamento do sistema para destino adequado (ver IRAR, 2009)	Meta > 95

Quadro 6.5 – Exemplos de medidas de desempenho e metas associados aos critérios associados à condição estrutural

Critério de avaliação: Integridade estrutural	
Medida de desempenho: Colectores críticos (%/ano) Comprimento de colectores classificados como críticos durante o período de referência x 365 / duração do período de referência) / (Comprimento total da rede de colectores na data de referência x 100)	Meta < 20%
Nota: por colector crítico entende-se aquele com elevado risco de falha, ou seja, incorporando a probabilidade e consequência da falha.	
Medida de desempenho: wOp40 – Colapsos estruturais (n.º/100 km colector/ano) Numero de colapsos de colectores ocorridos durante o período de referência x 365 / duração do período de referência) / (Comprimento total da rede de colectores na data de referência x 100)	Meta < 2

Quadro 6.6 – Exemplos de medidas de desempenho e metas associados aos critérios associados ao desempenho sócio-económico

Critério de avaliação: Perturbação da qualidade de vida das populações	
Medida de desempenho: AR03b – Ocorrência de inundações (n.º/(1000 ramais. ano)) Número de ocorrências de inundação na via pública e em propriedades com origem na rede pública de colectores, por 1000 ramais (ver IRAR, 2009)	Meta < 0,25
Critério de avaliação: Perigo para a segurança das populações	
Medida de desempenho: wOp40 – Colapsos estruturais (n.º/100 km colector/ano) Numero de colapsos de colectores ocorridos durante o período de referência x 365 / duração do período de referência) / (Comprimento total da rede de colectores na data de referência x 100)	Meta < 2
Critério de avaliação: Impacto negativo nas actividades económicas	
Medida de desempenho: wQS29 – Perturbações no tráfego (km / interrupção de tráfego) Soma, para todas as perturbações de tráfego associadas a trabalhos no sistema de águas residuais (extensão de rodovia interrompida x duração da interrupção) / (n.º de perturbações de tráfego associadas a trabalhos no sistema de águas residuais x período de referência x 24) (ver IRAR, 2004)	Meta -
Critério de avaliação: Sustentabilidade do serviço a médio e longo prazo	
Medida de desempenho: AR06ab – Cobertura dos gastos operacionais (-) Rácio entre os rendimentos operacionais ajustados e os gastos operacionais ajustados (ver IRAR, 2009)	Meta 1,4 a 1,8

Quadro 6.7 – Exemplos de medidas de desempenho e metas associados aos critérios associados à qualidade de serviço

Critério de avaliação: Qualidade do serviço prestado aos utilizadores	
Medida de desempenho: AR03b – Ocorrência de inundações (n.º/(1000 ramais. ano)) Número de ocorrências de inundação na via pública e em propriedades com origem na rede pública de colectores, por 1000 ramais (ver IRAR, 2009)	Meta < 0,25
Medida de desempenho: wQS23 – Reclamações relativas a odores (n.º / 1000 habitantes /ano) Numero de reclamações relativas a odores, durante o período de referência x 365 / duração do período de referência / (População residente na data de referência x 1000 (ver IRAR, 2004)	Meta -
Critério de avaliação: Continuidade do serviço	
Medida de desempenho: AR09ab – Falhas em grupos electrobomba (horas/(grupo electrobomba. ano)) Número médio de horas que cada grupo electrobomba instalado esteve fora de serviço por falha (ver IRAR, 2009)	Meta < 48

As metas estabelecidas no nível tático devem ser coerentes com as definidas no nível estratégico.

6.3. Diagnóstico

O diagnóstico consiste na identificação das anomalias ou sinais que indiciam a existência de problemas aqui considerados nas vertentes hidráulica, ambiental, estrutural e operacional. Nesta fase seguem-se as orientações da norma EN 752:2008. Esta fase permite compilar a informação necessária sobre o sistema ou subsistemas, e seus componentes, de modo a posteriormente proceder à fase de avaliação do desempenho actual.

A fase de diagnóstico incorpora tipicamente as etapas indicadas na Figura 6.2.

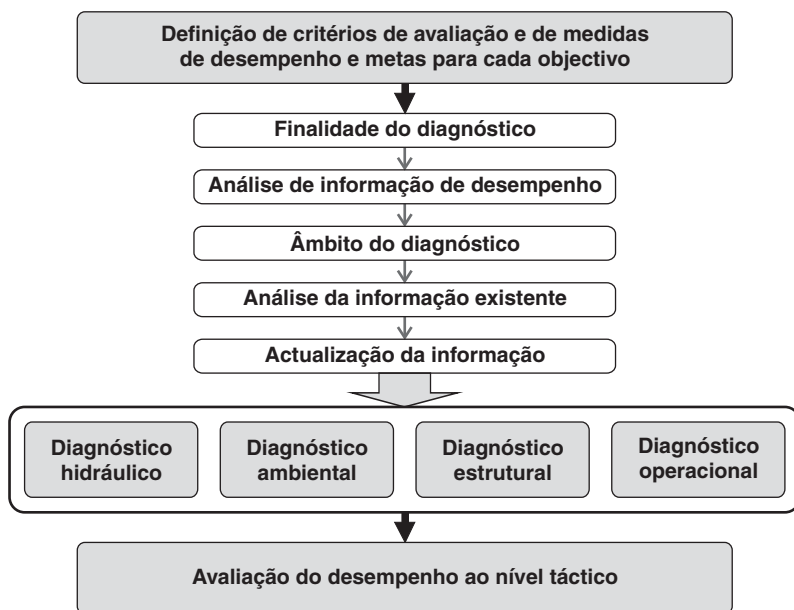


Figura 6.2 – Etapas típicas da fase de diagnóstico no planeamento tático

Finalidade do diagnóstico

Embora a fase de diagnóstico seja tipicamente desenvolvida ao nível tático, também pode ser considerada, de modo simplificado, ao nível estratégico.

A finalidade influencia a forma de desenvolvimento do diagnóstico, incluindo os métodos a utilizar, o nível de pormenor, a exactidão pretendida e o modo de avaliação dos resultados.

Nesta etapa deve ser também definida a abrangência do diagnóstico, nomeadamente, que componentes vão ser incluídos (e.g., colectores domésticos, pluviais ou unitários; câmaras de visita; instalações elevatórias; descarregadores).

Análise de informação de desempenho

A identificação dos problemas de desempenho no sistema ou componentes (e.g., tipo de problemas, sua localização, datas de ocorrência) em análise pode ser feita através da verificação de registos de ocorrências passadas e outra informação relevante. Esta informação é importante para apoiar na definição do âmbito do diagnóstico.

Exemplos de informação relevante incluem registos ou estudos de:

- ocorrências de inundações;
- intervenções de desobstrução;
- colapso de colectores;
- falhas de estações elevatórias;
- acidentes com pessoal;
- danos em colectores;
- inspecções CCTV;
- reclamações de utilizadores;
- análise do comportamento hidráulico;
- monitorização.

Normalmente, a entidade gestora será a responsável pela recolha e armazenamento desta informação mas poderá ser necessário recorrer a outras entidades, como sejam os bombeiros ou os serviços municipais.

Âmbito do diagnóstico

A partir da análise da informação sobre o desempenho é possível definir o tipo de diagnóstico a efectuar e a abrangência espacial a adoptar, em termos de extensão e detalhe.

No caso de não se justificar a execução de estudos de diagnóstico em toda a área abrangida, pode ser justificado efectuar abordagens

parciais ou de acordo com prioridades definidas em função dos problemas aparentes.

Nesta etapa é necessário estabelecer também os métodos e abrangência de cada tipo de diagnóstico (hidráulico, ambiental, estrutural ou operacional).

Análise da informação existente

Esta etapa consiste na recolha e análise da informação existente sobre o sistema ou subsistemas em avaliação. Para além da informação histórica sobre o desempenho, informação adicional que poderá ser necessária consoante o âmbito do diagnóstico, inclui:

- informação de cadastro dos componentes (*e.g.*, localização, cotas de pavimento e soleira, secções, material, tipo de juntas, localização de ramais, características de outras instalações);
- requisitos legais e licenças relevantes;
- planos de intervenções, de operação ou de manutenção;
- estudos de modelação matemática;
- relatórios de inspecções;
- relatórios de monitorização de caudais, precipitação ou qualidade da água;
- planos de desenvolvimento urbanístico.

A adopção de abordagens adequadas para processamento da informação compilada é essencial, especialmente para registos de ocorrências, observações e medições (*vd.* 8). Após análise da informação existente deverão ser identificadas as lacunas e necessidades de actualização. No Quadro 6.8 apresentam-se aspectos a considerar quando da análise da informação existente.

Quadro 6.8 – Aspectos a considerar na etapa de análise da informação

Qualidade dos dados
Verificação da adequação da qualidade dos dados existentes (em termos de fiabilidade e de exactidão); os dados de cadastro devem merecer especial atenção por serem críticos na tomada de decisão.
Coerência entre fontes de informação
Verificação da coerência entre dados de origens diferentes; em caso de incoerência, identificação das fontes mais fiáveis.
Facilidade de utilização
Verificação da facilidade de utilização da informação disponível, não só em termos de acessibilidade como em termos das necessidades das ferramentas de análise a usar.
Integração das fontes de informação
Verificação do grau e da eficácia de integração entre as diversas fontes de informação.
Procedimento de actualização
Estabelecimento dos procedimentos de actualização futura a adoptar para cada tipo de dados.
No caso de dados existentes , as recomendações devem incluir a identificação de fragilidades nos diferentes aspectos referidos e de soluções de melhoria. No caso de dados em falta , as recomendações devem incluir a identificação de soluções de recolha, de processamento, de arquivo e de manutenção; deve ter-se em conta o balanço entre custo e benefício de recolher e incluir cada tipo de dado, com determinado nível de qualidade, na estrutura de informação.

Actualização da informação

Nesta etapa pretende-se estabelecer e executar as tarefas necessárias à actualização e complementos das lacunas identificadas na etapa anterior. Estas tarefas poderão estar incorporadas nas diferentes etapas de diagnóstico.

Diagnóstico hidráulico

O conhecimento do comportamento hidráulico de um sistema ou subsistema pode ser adquirido através de:

- inspecção do sistema ou subsistemas (vd. 8.2.2);
- monitorização temporária ou permanente para medição de precipitação, caudal, nível ou velocidade, em locais relevantes (vd. 8.2.3);

- modelação matemática do comportamento hidráulico do sistema ou subsistemas (vd. 8.4);

A adopção de abordagens adequadas para processamento da informação compilada especialmente nas inspecções e na monitorização é essencial (vd. 8).

A modelação matemática requer a afectação significativa de recursos pelo que deverá ser equacionada a sua utilização dependendo da tipologia dos problemas de desempenho identificados. Não é geralmente recomendado o recurso à modelação matemática nas situações em que não são identificados problemas hidráulicos, não são identificadas descargas sem tratamento adequado dos sistemas ou subsistemas e quando eventuais intervenções estruturais não impliquem alteração da capacidade hidráulica.

Frequentemente, os sistemas apresentam problemas específicos tais como elevadas afluências indevidas. Nestas situações poderá ser adequado proceder a abordagens específicas como a descrita em 8.8.

Diagnóstico ambiental

O diagnóstico do desempenho ambiental de um sistema ou subsistema deve ser baseado em:

- levantamento dos locais onde existem colectores de descarga de caudais com águas residuais domésticas para os meios receptores;
- levantamento das indústrias na região, incluindo localização e características das descargas, licenças e respectivas condições;
- identificação de ocorrência de exfiltração de caudais contendo águas residuais domésticas ou industriais, especialmente em zonas de recarga de aquíferos, normalmente por inspecção visual dos componentes. A exfiltração pode resultar de falta de estanquidade dos componentes ou de obstruções que levam ao extravasamento do sistema;
- programas de monitorização da qualidade das águas nos meios receptores;
- análise de reclamações relativas à ocorrência de odores, ruído, presença de resíduos com origem potencial nos sistemas de águas residuais ou contaminação do solo.

A adopção de abordagens adequadas para processamento da informação compilada especialmente nas inspecções e nas ocorrências de descargas e afins é essencial (*vd. 8*).

Diagnóstico estrutural

No diagnóstico estrutural pretende-se identificar as situações críticas, *e.g.*, colectores críticos entendidos como aqueles que apresentam elevado risco de falha, quer em resultado da má condição estrutural, quer por a falha ter associados danos potenciais elevados. Naturalmente que, em paralelo, importa constituir uma base de informação sobre a condição estrutural de todo o sistema, seja através de um programa de inspecções com uma abordagem selectiva, ou resultado da análise da informação existente inferindo quais as inspecções prioritárias a partir de características como a idade, localização, material, características dos solos, qualidade de construção, entre outros.

Dada a grande extensão das redes de colectores e de não ser prática comum em Portugal a existência de um plano de inspecção programada dos colectores, deve ser considerada, para a elaboração do diagnóstico estrutural de um sistema ou subsistema, toda a informação disponível de modo a sustentar a definição de um plano de inspecções de curto prazo, em troços prioritários, para sustentar o diagnóstico estrutural.

Em certas situações, *e.g.*, em colectores de elevada prioridade funcional ou cujo colapso tenha potencial para causar grandes consequências, poderá ser justificada a inspecção de toda a extensão de uma parte da rede de colectores.

Na secção 8.2.2 apresentam-se os principais métodos, cuidados a ter na selecção dos equipamentos, condições de segurança, higiene e saúde no trabalho, sistema de codificação a utilizar e aspectos a incluir nos relatórios.

O entendimento dos mecanismos de degradação, ou falha, da infra-estrutura, com inspecções nos locais onde converge a maior gravidade dos factores de degradação, revela-se eficaz para detectar as situações mais críticas, para estabelecer as prioridades de inspecção e para associar a níveis de possibilidade de colapso.

Esta abordagem pode ser aplicada de forma selectiva em função de, por exemplo, idade, material, dimensões dos colectores, características dos solos, qualidade de construção ou frequência de ocorrências de colapso.

Os resultados do diagnóstico estrutural podem também ser relevantes para a avaliação do desempenho hidráulico e ambiental.

Diagnóstico operacional

A elaboração do diagnóstico operacional passa pela identificação e documentação dos procedimentos operacionais, dos programas de inspecção e dos planos de manutenção.

Adicionalmente, é necessário proceder à análise da localização e frequência de ocorrência de incidentes operacionais (*e.g.*, falha de estações elevatórias) e de outros incidentes (*e.g.*, colapso de colectores, obstruções, inundações).

Também para o processamento da informação compilada é necessário recorrer aos métodos adequados para garantir a validade das constatações delas retiradas (*vd.* 8).

6.4. Avaliação

A fase de avaliação consiste na comparação do desempenho observado com as metas de desempenho estabelecidas. Assim, inclui a caracterização do desempenho actual do sistema ou subsistemas, a comparação com o desempenho pretendido e a identificação das causas das deficiências. Nesta fase segue-se a norma EN 752:2008.

A fase de avaliação incorpora tipicamente as etapas indicadas na Figura 6.3. Seguidamente descrevem-se resumidamente estas etapas. No capítulo 8 descrevem-se alguns instrumentos e técnicas relevantes para a avaliação de desempenho segundo as quatro vertentes de análise.

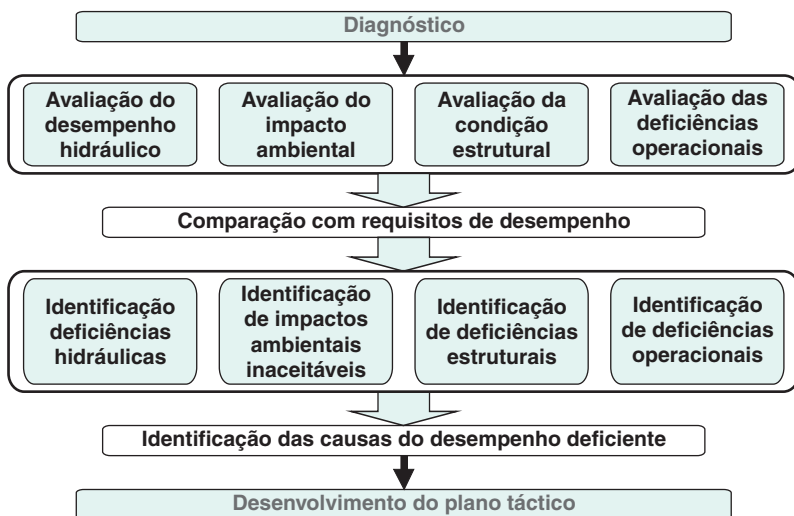


Figura 6.3 – Etapas típicas da fase de avaliação no planeamento táctico

Avaliação do desempenho hidráulico

Com base na informação relevante obtida, nos resultados das campanhas de medição realizadas e nas simulações efectuadas na fase de diagnóstico, pode proceder-se à avaliação do desempenho hidráulico recorrendo às medidas de desempenho seleccionadas, e tendo em conta outros requisitos de desempenho a que a entidade gestora esteja vinculada, para diferentes cenários de funcionamento.

Avaliação do impacto ambiental

A partir dos resultados da fase de diagnóstico, nomeadamente dos levantamentos efectuados, das medições e, quando adequado, das simulações hidráulicas, existem condições para se proceder à avaliação do impacto ambiental, recorrendo às medidas de desempenho seleccionadas, e tendo em conta outros requisitos de desempenho a que a entidade gestora esteja vinculada, para diferentes cenários de funcionamento.

Avaliação da condição estrutural

A avaliação da condição estrutural passa por analisar os resultados das tarefas de inspecções e outra informação compilada sobre ocorrências, utilizando um método adequado para identificar os problemas estruturais existentes e atribuir prioridades de intervenção.

Para que se constitua efectivamente como um instrumento de apoio à decisão, é necessário estabelecer uma abordagem metodológica, que incorpore:

- a gestão apropriada e uso efectivo da informação disponível sobre a infra-estrutura;
- critérios objectivos que permitam estabelecer, *a priori* (sem informação extensa de inspecções), uma estimativa inicial da condição estrutural;
- a definição de um sistema de avaliação da condição estrutural, quer a partir da informação obtida em inspecções, quer do conhecimento dos mecanismos de degradação, modos de falha e sintomas associados (sintomas críticos);
- critérios objectivos para estabelecimento dos níveis de impacto associados a uma potencial falha estrutural;

- uma matriz de apoio às decisões relativas às prioridades e necessidades de reabilitação e de inspecção.

Avaliação das deficiências operacionais

A partir dos resultados da fase de diagnóstico, nomeadamente de ocorrência de incidentes operacionais e outros, recorrendo às medidas de desempenho seleccionadas, procede-se à avaliação do desempenho operacional, tendo em conta as metas definidas e outros requisitos de desempenho a que a entidade gestora esteja vinculada.

Comparação com requisitos de desempenho

Uma vez concluída a etapa de avaliação, numa ou mais vertentes conforme adequado (hidráulica, ambiental, estrutural e operacional), pode proceder-se à comparação do desempenho actual com os requisitos, tendo em conta as metas definidas e outros requisitos de desempenho a que a entidade gestora esteja vinculada.

Identificação das deficiências de desempenho

Nesta etapa pretende-se proceder à sistematização das situações de não cumprimento das metas ou requisitos estabelecidos, segundo as diferentes vertentes consideradas na avaliação (hidráulica, ambiental, estrutural e operacional). Esta sistematização deverá considerar a tipologia de deficiências e as partes do sistema ou componentes afectadas.

Identificação das causas de desempenho deficiente

Com base nos resultados da sistematização das deficiências de desempenho, as causas subjacentes devem ser identificadas, assim como o seu impacto relativo, por forma a desenvolver a estabelecer uma base de partida para o desenvolvimento das soluções apropriadas na fase seguinte e a estabelecer as prioridades de intervenção.

6.5. Desenvolvimento do plano táctico

Com base nos resultados da avaliação, importa desenvolver e avaliar soluções integradas com potencial para melhorar o desempenho e cumprir as metas e requisitos estabelecidos, tendo em conta cenários de desenvolvimento futuro. Após a avaliação comparativa

das soluções pode-se proceder à preparação do plano de acção. Na Figura 6.4 apresentam-se esquematicamente as etapas típicas desta fase de desenvolvimento do plano táctico.

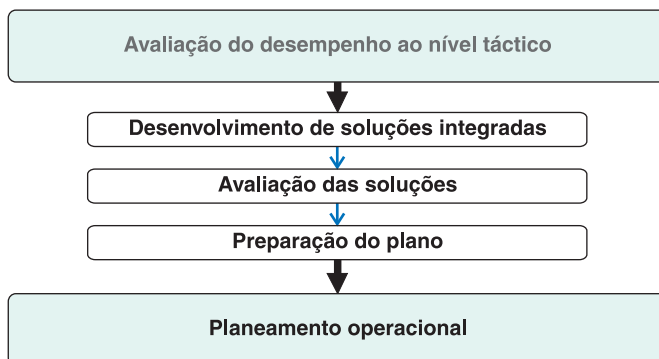


Figura 6.4 – Etapas típicas da fase de desenvolvimento do plano táctico

Desenvolvimento de soluções integradas

A etapa de desenvolvimento de soluções integradas destina-se a identificar soluções correctivas possíveis, incorporando uma visão global de sistema e abarcando as diferentes vertentes, conforme adequado. No Quadro 6.9 apresenta-se uma matriz de soluções de reabilitação, identificando-se as vertentes onde poderão contribuir para a melhoria de desempenho, tendo por base a norma EN 752:2008.

Quadro 6.9 – Matriz com exemplos de soluções de reabilitação

Tipologia de solução	Vertente hidráulica	Vertente ambiental	Vertente estrutural	Vertente operacional
Maximização do uso da capacidade de escoamento existente: – remoção de limitações ao escoamento; – limpeza de colectores e câmaras de visita.	★★★	★★	★	★★
Minimização de aflúências ao sistema: – desvio de caudais pluviais para rede de drenagem natural; – utilização de soluções de infiltração no solo (e.g., escoamento para áreas permeáveis ou uso de pavimentos porosos); – desvio de caudais para outros sistemas ou subsistemas; – melhoria da estanquidade do sistema; – redução de aflúências indevidas.	★★★	★★	★★	★★
Atenuação dos caudais de ponta: – mobilização da capacidade de armazenamento potencial no sistema (e.g., colocação de reguladores do escoamento); – mobilização da capacidade de armazenamento superficial; – recurso a reservas adicionais (e.g., estruturas de armazenamento em linha ou em paralelo).	★★★	★★	★	★
Aumento da capacidade de escoamento: – substituição por componente de maior capacidade; – construção de colectores adicionais; – renovação de colectores existentes.	★★★	★★	★	★
Redução de aflúências de poluentes ao sistema: – instalação de bacias de sedimentação, câmaras de grades, desarenadores, câmaras de retenção de gorduras e óleos, etc.; – redução de aflúências indevidas aos sistemas (e.g., afluentes domésticos a colectores pluviais, afluentes industriais fora dos parâmetros admissíveis, uso de sistemas de pré-tratamento).	★★	★★★★	★	★★
Minimização do impacto de poluentes nos meios receptores: – aumento da percentagem de caudal tratado; – tratamento de descargas de águas pluviais poluídas ou descargas de sistemas unitários; – redução dos volumes descarregados por ocorrência de precipitação; – redireccionamento das descargas para locais menos sensíveis.	★	★★★★	★	★★
Redução da exfiltração através de reparação, renovação ou substituição de colectores.	★	★★★★	★★	★
Redução da deterioração dos materiais do sistema através de colocação de camada protectora (e.g., entubamento, revestimento ou reparação).	★	★	★★★★	★
Reabilitação da capacidade resistente do componente (e.g., renovação, substituição ou reparação, ver Figura 6.5)	★	★	★★★★	★
Aumento da frequência de limpeza dos componentes	★★	★	★	★★★★
Aumento da frequência de manutenção de componentes (e.g., sistemas elevatórios)	★	★	★★★★	★★★★

Legenda: Contributo para melhoria do desempenho na vertente indicada: ★★★ elevado; ★★ médio; ★ baixo ou nulo

Na Figura 6.5 apresenta-se uma proposta de processo de decisão para selecção de soluções de reabilitação, considerando a vertente estrutural, tendo por base a norma EN 752:2008.

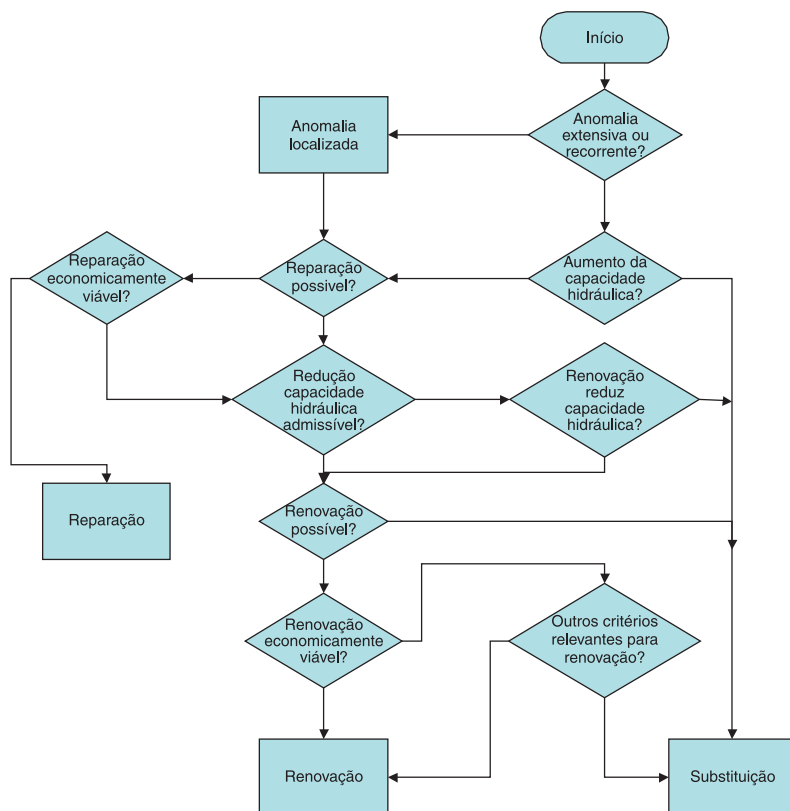


Figura 6.5 – Exemplo de processo de decisão para a selecção de soluções para melhoria da condição estrutural

Em alguns casos é adequado propor e avaliar alternativas de actuação operacionais no âmbito do plano de reabilitação. De entre estas destacam-se aspectos de planeamento de inspecções, de acções de limpeza de colectores e de ajuste das frequências de manutenção de equipamentos.

A actuação preventiva na reabilitação pressupõe a capacidade de detecção atempada das situações críticas, desde logo actuando de modo a evitar situações de elevado risco de colapso. Esta detecção é feita através de inspecção da infra-estrutura. A execução de planos de inspecção adequados é essencial à concretização de uma actuação preventiva. O planeamento das actividades de inspecção destina-se a estabelecer quando, onde e como inspecionar.

No caso de inspecções para observação da condição estrutural, considerando que a infra-estrutura, sujeita a acções que provocam a sua deterioração, vai ter um desempenho decrescente com o tempo, e supondo que inicialmente apresenta bom desempenho, só a partir de um determinado instante será possível detectar os sintomas associados a essa deterioração (Figura 6.6). Nesta figura, ilustra-se igualmente o efeito expectável das acções de reabilitação. De facto, estas acções de reabilitação destinam-se a repor a condição estrutural no nível de desempenho. Estas intervenções devem reflectir-se no plano de inspecções, que desejavelmente deveria ser revisto anualmente ao nível operacional da entidade gestora.

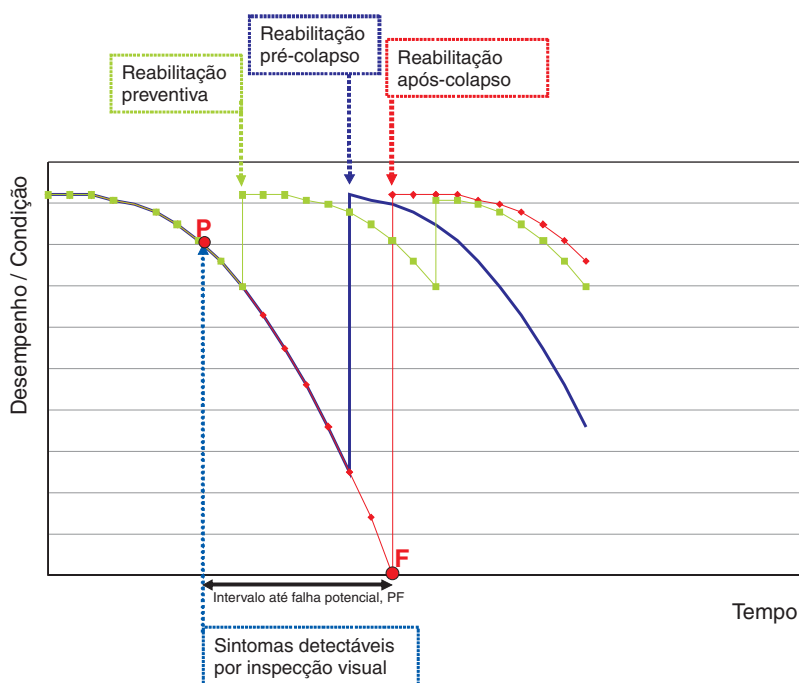


Figura 6.6 – Representação esquemática do processo de degradação do desempenho ao longo do tempo

As inspecções devem ser planeadas de modo a que o intervalo entre inspecções seja inferior ao intervalo PF, que é o intervalo que medeia entre o momento em que os sintomas são detectáveis por inspecção visual até à ocorrência da falha. Se o intervalo entre inspecções for superior a PF, é possível que a falha ocorra sem ser detectada. A estimativa deste período pode resultar da experiência dos técnicos, da opinião de especialistas e do conhecimento resultante do histórico de inspecções e de colapsos ocorridos.

Assim, os troços a inspecionar e a frequência destas inspecções pode derivar directamente do nível de risco associado a cada troço.

Avaliação das soluções

As diferentes soluções identificadas devem ser avaliadas com fim a seleccionar as mais adequadas em termos de desempenho e outros factores, incluindo (EN 752:2008):

- **segurança durante a construção e operação** – devendo ser minimizados os riscos para a saúde e segurança, dos técnicos e do público em geral;
- **perturbação da população e actividades económicas** – devendo ser minimizadas as perturbações devidas a atrasos no tráfego, a poeiras, a ruído, entre outras;
- **uso sustentável dos recursos** – as soluções devem incorporar preocupações de uso responsável dos recursos e de prevenção e controlo da poluição, nomeadamente, recorrendo à reciclagem de materiais e redução ou destino adequado para os resíduos;
- **faseamento dos trabalhos** – devendo considerar as prioridades de intervenção identificadas na fase de avaliação do desempenho, procurando actuar de modo a que sejam implementados com maior prioridade os trabalhos que resultem em maiores benefícios, associando assim menor prioridade às soluções que tenham pior relação custo-benefício ou custo-eficácia;
- **coordenação com trabalhos noutras infra-estruturas** – incorporando os benefícios de actuar em coordenação com outros intervenientes em obras no espaço público;
- **uso racional dos recursos** – tendo em conta as restrições e disponibilidades de recursos humanos, fornecedores e recursos financeiros na selecção e faseamento das opções;
- **implicações nas acções de manutenção** – devendo ser tidos em consideração os custos de manutenção e operação futuros, bem como os potenciais impactos ambientais;
- **avaliação económica** – considerando as relações custo-benefício ou custo-eficácia das diferentes opções, incluindo o efeito no aumento potencial da vida útil dos componentes;
- **custos em ciclo de vida** – todos os custos associados a cada opção deverão ser incorporados, incluindo trabalhos temporários,

interrupção ou desvio de outros serviços, custos de projecto, diagnóstico e operação, bem como custos indirectos.

Preparação do plano de reabilitação

A solução seleccionada para implementação deve ser documentada num único documento de planeamento para todo o sistema em estudo. Este plano deve incluir:

- contexto de desenvolvimento do plano e horizonte temporal;
- objectivos estratégicos da organização no relativo à reabilitação;
- critérios de avaliação, medidas de desempenho e metas seleccionados;
- síntese do diagnóstico;
- prioridades de intervenção identificadas na fase de avaliação do desempenho;
- descrição das intervenções propostas, incluindo características gerais, custos, prazos e faseamento;
- interacção com outras obras ou intervenções planeadas;
- implicações em termos de operação e manutenção, como contribuições para a revisão dos planos respectivos.

Em situações onde sejam previstos novos desenvolvimentos urbanísticos ou outros com implicações para os sistemas de águas residuais e pluviais, devem ser ainda incorporadas no planeamento de reabilitação orientações que possam resultar na melhoria das redes a construir e na minimização de impactos negativos sobre os sistemas existentes.

Adicionalmente, devem ser pormenorizadas as alterações recomendadas para inclusão nos planos de operação e manutenção da entidade gestora. Nestes, devem ser consideradas situações de funcionamento normal bem como situações de emergência ou contingência.

7. PLANEAMENTO OPERACIONAL

7.1. Estrutura do planeamento operacional

No nível de planeamento operacional procede-se ao desenvolvimento da implementação das intervenções propostas no plano de reabilitação desenvolvido ao nível de planeamento tático e à monitorização do desempenho do sistema.

Neste nível estabelecem-se as acções específicas no curto prazo, incluído o projecto, a construção e ajuste dos planos de operação e manutenção. Duas fases importantes deste nível são a compilação de informação para revisão do plano de reabilitação ao nível tático, no horizonte respectivo, e a actualização do programa de trabalhos operacional.

A estrutura do faseamento para o planeamento operacional é apresentada na Figura 7.1.

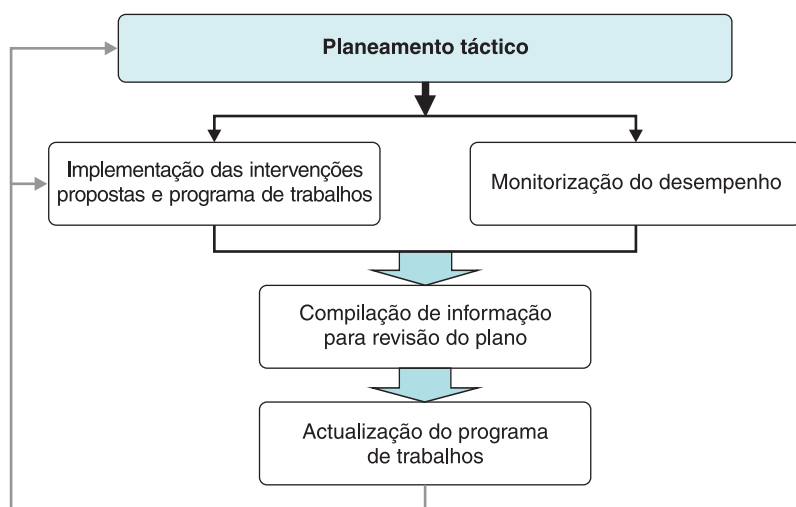


Figura 7.1 – Fases do planeamento operacional

Este nível de planeamento articula-se especialmente com o nível de planeamento tático, mas também é neste nível que as tarefas de monitorização são concretizadas.

As principais normas orientadoras a nível operacional são as normas europeias EN 752:2008 e a prEN 14654-2:2009. No Anexo I apresenta-se uma lista com outras normas relevantes.

7.2. Implementação das intervenções propostas e programa de trabalhos

7.2.1. Etapas da implementação

As etapas necessárias para a implementação do plano de reabilitação dependem do tipo de intervenções propostas. Na situação comum de ser necessário proceder à execução de obra, consideram-se habitualmente as seguintes etapas (*e.g.*, Portaria n.º 701-H/2008, de 29 de Julho):

- **Programa base** – onde é feita a apresentação da proposta de projecto com base nas indicações do plano de reabilitação;
- **Estudo prévio** – elaboração de projecto de execução, precedido de estudo prévio, nos casos em que se justifique;
- **Anteprojecto ou projecto-base** – desenvolve a solução aprovada no estudo prévio;
- **Projecto de execução** – desenvolve o projecto base aprovado;
- **Construção** – envolve, tipicamente, um concurso público (considerando todos os procedimentos necessários para a sua realização) e a execução da obra de construção civil e, quando aplicável, instalação de equipamento (*e.g.*, equipamento electromecânico em estações elevatórias, válvulas) e a realização de inspecções e ensaios de funcionamento;
- **Recepção da obra** – inclui a realização de vistoria, a recepção provisória e a recepção definitiva.

Nos casos de projectos enquadrados em planos de reabilitação de sistemas de águas residuais e pluviais, as etapas a considerar dependem da sua especificidade, podendo ser ajustadas no âmbito do caderno de encargos.

Para a implementação devem ainda ser consideradas as disposições constantes do Decreto Regulamentar n.º 23/95, de 23 de Agosto, no Decreto-Lei n.º 18/2008, de 29 de Janeiro e nas normas aplicáveis (*vd.* Anexo I), incluindo a EN 752:2008. No Anexo II listam-se os requisitos a considerar na implementação do plano de reabilitação.

7.2.2. Programa base

Esta etapa corresponde à definição de cada intervenção proposta no plano de reabilitação, podendo incluir os seguintes elementos,

de acordo com o Art.º 3.º da Portaria n.º 701-H/2008, de 29 de Julho:

- i. esquema da obra e programação das diversas operações a realizar, quando aplicável;
- ii. definição dos critérios gerais de dimensionamento das diferentes partes constitutivas da obra;
- iii. indicação dos condicionamentos principais relativos à ocupação do terreno, nomeadamente os legais, topográficos, urbanísticos, geotécnicos, ambientais e acústicos;
- iv. peças escritas e desenhadas e outros elementos informativos necessários para o perfeito esclarecimento do Programa-base, no todo ou em qualquer das suas partes, incluindo as que, porventura, se justifiquem para definir as alternativas de solução propostas pelo projectista e avaliar a sua viabilidade, em função das condições de espaço, técnicas, de custos e de prazos;
- v. estimativa geral do custo da obra, tomando em conta os encargos mais significativos com a sua realização e análise comparativa dos custos de manutenção e consumos da obra nas soluções propostas;
- vi. descrição sumária das opções relacionadas com o comportamento, funcionamento, exploração e conservação da obra;
- vii. informação sobre a necessidade de obtenção de elementos topográficos, geológicos, geotécnicos, hidrológicos, climáticos, ambientais, redes de infra-estruturas ou de qualquer outra natureza que interessem à elaboração do projecto, bem como sobre a realização de estudos e quaisquer outras actividades ou formalidades que podem ser exigidas, quer para a elaboração do projecto, quer para a execução da obra.

7.2.3. Estudo prévio

Esta etapa corresponde ao desenvolvimento das soluções aprovadas no programa base, devendo incluir para cada uma das soluções alternativas propostas (Portaria n.º 701-H/2008, de 29 de Julho):

- i. memória descritiva e justificativa;
- ii. elementos gráficos elucidativos sob a forma de plantas, alçados, cortes, perfis, esquemas de princípio e outros elementos, em escala apropriada;

- iii. dimensionamento aproximado e características principais dos elementos fundamentais da obra;
- iv. definição geral dos processos de construção e da natureza dos materiais e equipamentos mais significativos;
- v. estimativa do custo da obra e do seu prazo de execução;
- vi. definição esquemática para cada uma das soluções alternativas, ilustrando a respectiva interligação com eventuais sistemas existentes a montante ou a jusante.

7.2.4. Anteprojecto ou projecto-base

O anteprojecto ou projecto-base desenvolve a solução aprovada no estudo prévio, devendo conter (Portaria n.º 701-H/2008, de 29 de Julho):

- i. memórias descritivas e justificativas da solução adoptada, onde figurem descrições da solução orgânica e funcional da obra, dos sistemas e dos processos de construção previstos para a sua execução e das características técnicas e funcionais dos materiais, elementos de construção, sistemas e equipamentos;
- ii. os elementos especiais relativos a legislação e normas em vigor, estudos geológico e geotécnico, quando aplicável, e testes, ensaios e inspecções apropriados a componentes e equipamentos;
- iii. avaliação das quantidades de trabalho a realizar por grandes itens e respectivos mapas;
- iv. estimativa de custo actualizada;
- v. peças desenhadas a escalas convenientes e outros elementos gráficos que explicitem a localização da obra, a planimetria e a altimetria das suas diferentes partes componentes e o seu dimensionamento bem como os esquemas de princípio detalhados para cada uma das instalações técnicas, garantindo a sua compatibilidade;
- vi. identificação de locais técnicos, centrais interiores e exteriores, bem como mapa de espaços técnicos verticais e horizontais para instalação de equipamentos terminais e redes;
- vii. os elementos de estudo que serviram de base às opções tomadas;
- viii. programa geral dos trabalhos.

7.2.5. Projecto de execução

O projecto de execução desenvolve o projecto base aprovado, devendo conter (Portaria n.º 701-H/2008, de 29 de Julho):

- i. memória descritiva e justificativa, incluindo a disposição e descrição geral da obra, evidenciando quando aplicável a justificação da implantação da obra e da sua integração nos condicionamentos locais existentes ou planeados; descrição genérica da solução adoptada com vista à satisfação das disposições legais e regulamentares em vigor; indicação das características dos materiais, dos elementos da construção, dos sistemas, equipamentos e redes associadas às instalações técnicas; e, se aplicável, a sua interacção e integração com componentes existentes;
- ii. cálculos relativos às diferentes partes da obra, apresentados de modo a definirem, pelo menos, os elementos referidos na regulamentação aplicável a cada tipo de obra e a justificarem as soluções adoptadas;
- iii. descrição dos processos construtivos e descrição detalhada do modo de construção, especificando as várias fases de execução, bem como os principais impactes no modo de exploração e as correspondentes medidas minimizadoras;
- iv. os elementos especiais relativos a legislação e normas em vigor, estudos geológico e geotécnico, quando aplicável, e testes, ensaios e inspecções apropriados a componentes e equipamentos;
- v. medições e mapas de quantidade de trabalhos, dando a indicação da natureza e da quantidade dos trabalhos necessários para a execução da obra;
- vi. orçamento baseado nas quantidades e qualidades de trabalho constantes das medições;
- vii. peças desenhadas de acordo com o estabelecido para cada tipo de obra na regulamentação aplicável, devendo conter as indicações numéricas indispensáveis e a representação de todos os pormenores necessários à perfeita compreensão, implantação e execução da obra;
- viii. condições técnicas, gerais e especiais, do caderno de encargos.

Compete ao projectista, em face da natureza da obra, por sua iniciativa ou por solicitação do dono da obra, elaborar um plano

de observação que assegure as condições de segurança da obra.

Na fase do procedimento de formação do contrato, e até à adjudicação da obra, a assistência técnica do projectista ao dono da obra compreende as actividades seguintes (Portaria n.º 701-H/2008, de 29 de Julho):

- i. esclarecimento de dúvidas relativas ao projecto durante a preparação do processo do concurso para adjudicação da empreitada ou fornecimento;
- ii. prestação de informações e esclarecimentos solicitados por candidatos a concorrentes sobre problemas relativos à interpretação das peças escritas e desenhadas do projecto;
- iii. prestação do apoio ao dono da obra na apreciação e comparação das condições da qualidade das soluções técnicas das propostas, incluindo a apreciação de compatibilidade com o projecto de execução, constante do caderno de encargos, de variantes ou alterações que sejam apresentadas.

7.2.6. Construção

A construção deve ser efectuada de acordo com o projecto de execução. Genericamente devem ser tomados em consideração os requisitos respectivos indicados no Anexo II, incluindo os seguintes aspectos:

- segurança, higiene e saúde do pessoal envolvido e do público em geral;
- faseamento adequado dos trabalhos, com especial atenção à manutenção do serviço do sistema existente e de outras infra-estruturas que possam ser afectadas pelos trabalhos;
- soluções de desvio dos caudais adequadas e outras servidões e serventias que seja indispensável alterar;
- minimização de impactes ambientais dos trabalhos.

Na execução da obra de construção civil é necessário considerar os trabalhos preparatórios (*e.g.*, trabalhos de montagem e construção do estaleiro), a execução da obra propriamente dita, a instalação de equipamento (*e.g.*, equipamento electromecânico em estações elevatórias, válvulas), o comissionamento de equipamentos e a realização de inspecções e ensaios de funcionamento, bem como a desmontagem e demolição do estaleiro, e restabelecimento do

serviço e de todas as servidões e serventias afectadas, quando aplicável.

As inspecções e ensaios incluem um conjunto de técnicas e procedimentos para verificar, inspeccionar e testar cada componente da obra, como peças, instrumentos e equipamentos, ou subsistemas e sistemas. Inclui a fiscalização e a realização dos ensaios de recepção dos materiais e equipamentos em obra, dos ensaios de verificação da correcta construção ou instalação em obra (*e.g.*, ensaios de controlo de qualidade de soldaduras; ensaios de estanquidade) e dos ensaios de recepção da obra (*e.g.*, ensaios de funcionamento de equipamentos, componentes ou subsistemas). As inspecções e ensaios de funcionamento normalmente considerados são os referidos em 7.3. Em colectores e câmaras de visita é recomendável proceder nesta fase à inspecção visual dos componentes intervencionados (*e.g.*, CCTV).

Durante a execução da obra, a assistência técnica compreende (Portaria n.º 701-H/2008, de 29 de Julho):

- i. esclarecimento de dúvidas de interpretação, de informações complementares relativas a ambiguidades ou omissões do projecto, bem como elaboração das peças de alteração do projecto necessárias à respectiva correcção e à integral e correcta caracterização dos trabalhos a executar no âmbito da referida correcção;
- ii. apreciação de documentos de ordem técnica apresentados pelo empreiteiro ou dono da obra, incluindo, quando apropriado, a sua compatibilidade com o projecto;
- iii. proceder, depois de concluída a execução da obra, à elaboração das telas finais incluindo eventuais alterações ao projecto de execução introduzidas.

Quando for adequado, deverão ser contratados serviços de assistência técnica especial, que podem envolver, nomeadamente, aspectos de:

- i. apreciação técnico-económica de projectos variantes apresentados a concurso;
- ii. apreciação técnico-económica de alternativas que venham a ser propostas pelos empreiteiros;
- iii. verificação da qualidade dos materiais, da qualidade de execução dos trabalhos relevantes, do fornecimento e montagem dos equipamentos e instalações, bem como a elaboração dos respectivos pareceres;

- iv. elaboração dos planos ou projectos de monitorização e manutenção;
- v. elaboração de desenhos de preparação de obra, quando os mesmos não sejam elaborados pelo empreiteiro;
- vi. participação nos ensaios e recepção das obras.

Deverá ainda ser previsto o devido acompanhamento das actividades por técnicos da entidade gestora familiarizados com a operação ou manutenção do sistema de drenagem ou do sistema de tratamento, conforme adequado.

7.2.7. Recepção da obra

Após a conclusão da obra, deve ser efectuada uma vistoria de modo a verificar se todas as obrigações contratuais e legais foram cumpridas e atestar a correcta execução do plano de prevenção e gestão de resíduos de construção e demolição, nos termos da legislação aplicável (Decreto-Lei n.º 18/2008, de 29 de Janeiro). Caso existam defeitos ou incumprimentos, pode ser necessário proceder a trabalhos de correcção. A recepção provisória tem lugar quando é verificado que as condições se encontram cumpridas, iniciando-se o prazo de garantia, durante o qual devem ser corrigidos os defeitos da obra (Art.º 397.º do Decreto-Lei n.º 18/2008). A recepção definitiva tem lugar após fim do prazo de garantia, implicando a realização de nova vistoria e o cumprimento de todas as obrigações decorrentes do período de garantia.

7.3. Monitorização do desempenho

A etapa de monitorização do desempenho incorpora diferentes objectivos:

- verificar a eficácia das intervenções propostas no plano de reabilitação;
- identificar anomalias no desempenho dos sistemas ou componentes que não tenham sido consideradas anteriormente;
- efectuar os testes, inspecções e medições adequados para o acompanhamento e recepção de obras, bem como o acompanhamento durante a operação do sistema;
- acompanhamento do programa de trabalhos;
- monitorização das metas estabelecidas nos níveis táticos e estratégicos.

Nesta etapa podem ser utilizados diferentes métodos de monitorização, com sejam:

- ensaios de estanquidade com água ou com ar;
- inspecção visual;
- medição de caudais e precipitação;
- inspecção e monitorização de pontos de descarga nos meios receptores;
- teste com fumo e com traçadores;
- registos de reclamações;
- registos de operação e manutenção.

Informação adicional sobre métodos de monitorização pode ser consultada nos capítulos 8 e 10.

7.4. Compilação de informação para revisão do plano

Esta tarefa consiste na compilação e registo de dados de base, em suporte e sistemas adequados, nomeadamente nos sistemas de informação da entidade gestora, durante a actividade corrente da entidade gestora, incluindo a implementação do plano de reabilitação.

Genericamente, os dados pretendidos incluem os necessários para a fase de diagnóstico do nível tático (*vd.*, 6.3), por exemplo, os dados de cadastro ou de medições, os registos de intervenções, entre outros.

7.5. Actualização do programa de trabalhos

A programação de trabalhos elaborada para a implementação das intervenções propostas deverá ser actualizada numa base tipicamente anual, sempre que adequado, para incorporar os desenvolvimentos em termos de execução, nomeadamente ajustes na programação temporal ou alterações nas actividades.

Esta programação dos trabalhos tem ligação estreita com a programação financeira, com a articulação de outros trabalhos em infra-estruturas ou estruturas e com a disponibilidade de recursos humanos e materiais, incluindo equipamentos.

**PARTE III – INSTRUMENTOS,
METODOLOGIAS E TÉCNICAS DE APOIO
À REABILITAÇÃO**

8. INSTRUMENTOS E METODOLOGIAS DE APOIO À REABILITAÇÃO

8.1. Nota introdutória

A aplicação da abordagem apresentada neste guia para a reabilitação implica o recurso, quer a dados e informação, quer a instrumentos e metodologias.

A base do conhecimento de qualquer sistema reside na informação sobre ele existente. Esta informação, no caso dos sistemas de águas residuais e de águas pluviais, diz respeito, por um lado, ao inventário, condição, operação e manutenção das infra-estruturas e, por outro, à gestão dos serviços, incluindo informação financeira, de clientes e de recursos humanos.

Neste capítulo são identificados os principais instrumentos e metodologias de apoio à reabilitação, para efectuar tarefas como:

- recolha de dados;
- armazenamento e disponibilização de dados;
- modelação matemática de sistemas;
- avaliação de desempenho;
- análise e previsão de falhas;
- análise de custo benefício;
- controlo de afluências indevidas;
- apoio à decisão em reabilitação.

Assim, descrevem-se as principais características e funcionalidades de cada um destes grupos de instrumentos e metodologias. Exemplos de aplicação da análise e previsão de falhas e da análise de custo-benefício são apresentados no contexto do sistema de apoio à decisão em reabilitação CARE-S.

8.2. Instrumentos e metodologias para a recolha de dados

8.2.1. Tarefas típicas para recolha de dados

A abordagem apresentada para a reabilitação terá de ser baseada em dados e informação sobre os sistemas, subsistemas ou compo-

nentes a utilizar em vários momentos, por vezes de forma agregada, outras com pormenor. A qualidade dos dados é essencial, sendo desejável verificar a sua exactidão, a escala utilizada, a sua consistência e actualização, sendo desejável associar, de uma forma qualitativa, níveis de fiabilidade aos dados existentes. Adicionalmente, deverá existir um sistema fiável de arquivo dos dados. Actualmente, com a disponibilidade da tecnologia necessária, a geo-referenciação dos dados deve fazer parte da prática corrente das entidades gestoras.

As principais categorias de dados de base de interesse, e fontes possíveis, incluem:

- **dados de cadastro dos sistemas** – informação detalhada sobre os diferentes componentes do sistema incluindo identificação, tipo, localização, dimensões, forma, material, profundidades, ligações, etc.. Esta informação pode existir na entidade gestora em diversos formatos, incluindo suporte em papel ou digital, podendo estar mais ou menos completa ou actualizada. O complemento desta informação requer levantamentos ou inspecções de campo;
- **dados sobre o desempenho funcional e estrutural dos componentes** (desempenho estrutural, hidráulico, ambiental e operacional) – incluindo informação de inspecções (relatórios, vídeos, fotos), estudos de avaliação do funcionamento hidráulico como seja a modelação matemática e a medição de grandezas hidráulicas e hidrológicas, levantamento das situações e locais de descarga de efluentes industriais e de descarga dos sistemas nos meios receptores, relatórios de avaliação de desempenho (período de avaliação, indicadores de desempenho utilizados, metas consideradas), relatórios de avaliação da condição estrutural. A obtenção dos dados de base para depois proceder a estudos de avaliação de desempenho, inclui tarefas de inspecção e de medição;
- **dados de operação e manutenção dos sistemas** – incluindo dados das actividades de limpeza e manutenção de colectores (*e.g.*, datas, locais, tipos de sedimentos removidos, profundidade das camadas de sedimentos, volume de sedimentos removidos), relatórios de entupimentos e colapsos, relatórios de incidentes (*e.g.*, intervenções de bombeiros em casos de inundação, descargas poluentes em meios receptores, acidentes), dados de reclamações (*e.g.*, relativas a entupimentos, inundações ou dores). Estes dados podem ser obtidos executando o registo

sistemático, em formato e suportes adequados, das operações efectuadas no sistema ou dos incidentes relacionados com o seu desempenho deficiente;

- **dados das afluições aos sistemas** (quantidade e qualidade) – incluindo caudais domésticos, caudais pluviais, caudais de unidades industriais ou comerciais, caudais de origem subterrânea, normalmente resultantes de campanhas de medições de diferentes variáveis (*e.g.*, nível, velocidade, caudal, precipitação). Estes dados são tipicamente obtidos através de medição em diferentes locais dos sistemas.

Nesta secção abordam-se as tarefas efectuadas, por norma, directamente nos sistemas ou nos seus componentes, com a finalidade de recolher directamente os dados. Destacam-se as inspecções para levantamento da condição estrutural dos componentes e a medição de grandezas para caracterização do estado funcional em termos hidráulicos, aqui designados simplificadaamente por sistemas de medição. Outras tarefas, incluindo os levantamentos topográficos e levantamento de cadastro, por serem utilizadas correntemente, não são aqui desenvolvidas.

Frequentemente revela-se ser complicado proceder à aplicação de abordagens integradas, considerando as várias infra-estruturas, em virtude de ser limitada a informação altimétrica dos respectivos componentes. Assim, é desejável a evolução dos sistemas de informação das diferentes infra-estruturas no sentido da incorporação de dados altimétricos, nomeadamente relativos a cotas de assentamento, que, no caso dos sistemas de águas residuais e pluviais, é essencial para a análise do comportamento funcional do sistema.

8.2.2. Inspeção

A inspecção inclui um conjunto de actividades com o objectivo de obter observações objectivas que permitam, posteriormente, após a análise dos dados, avaliar o desempenho funcional actual dos componentes. Normalmente, o objectivo principal das inspecções é a avaliação da condição estrutural, mas podem ser levadas a cabo também para recolher informação cadastral ou para identificar anomalias funcionais de desempenho hidráulico, ambiental e até operacional. Assim, devem ser identificados os objectivos específicos da inspecção bem como a informação a recolher. A inspecção pode também destinar-se a outras finalidades mais específicas, tais como a avaliação das condições para instalação de equipamentos de medição.

O planeamento das actividades de inspecção deve ser parte integrante do plano de operação da entidade gestora. No entanto, no âmbito do desenvolvimento de um plano de reabilitação, pode ser necessário executar inspecções adicionais ou alterar a metodologia de estabelecimento das frequências de inspecção, no respectivo plano, de modo a obter a informação eventualmente necessária para o planeamento da reabilitação. Critérios a ter em consideração na definição das frequências de inspecção incluem o tipo de componente (*e.g.*, colector visitável, colector não visitável, câmara de visita, estação elevatória), o tipo de inspecção (*e.g.*, operacional ou estrutural), condição estrutural, localização, relevância funcional do componente ou data da última inspecção.

Consoante a finalidade da inspecção, esta pode ser externa ou interna. A inspecção externa é executada na superfície do terreno ou a partir desta, incluindo a inspecção pessoal da superfície do terreno ao longo do alinhamento dos colectores, a aplicação de métodos geofísicos (*e.g.*, georadar) e a escavação exploratória, entre outros (Stein, 2001).

A inspecção interna pode ser directa ou indirecta. Diferentes métodos de inspecção interna podem ser utilizados. Os métodos mais comuns são:

- inspecção visual:
 - directa ou pessoal, quando é feita por uma pessoa que observa e, eventualmente, percorre a extensão do componente, por exemplo um colector visitável;
 - indirecta ou remota, quando executada com recurso a sistema de vídeo (*e.g.*, CCTV), a câmara fotográfica ou a espelhos;
- inspecção com sonar, especialmente utilizada para inspecção de componentes total ou parcialmente submersos, existindo equipamentos que associam o sonar a um sistema CCTV, possibilitando a observação simultânea das condições da parte submersa do componente e a visualização da parte emersa com o sistema de vídeo. O uso de sonar permite medir com boa exactidão (3 mm com baixa concentração de sólidos suspensos), dependendo das condições locais, os objectos submersos (WRc, 2001);
- levantamentos com anel laser (*Light-ring surveys*), onde se faz a projecção, na parede do colector, de um anel luminoso com laser, registando-se a projecção na superfície que depois de processada permite determinar com exactidão a forma da

secção transversal e quantificar a eventual deformação da secção (Figura 8.);

- inspecção com radar (*ground probing radar inspection*) para avaliar a espessura do material do componente e identificar a presença de cavidades.

Em sistemas de águas residuais e pluviais, a inspecção visual é a mais utilizada. Esta deve ser feita preferencialmente com equipamentos CCTV, para evitar a entrada de pessoal nos espaços confinados, mas para colectores visitáveis aqueles equipamentos apresentam algumas limitações sendo por isso normal a inspecção por pessoal nestes casos. Outros processos de inspecção visual incluem o recurso a espelhos ou a câmaras fotográficas.

Os métodos com recurso a espelhos ou câmaras fotográficas permitem a inspecção de colectores executado conjuntamente com inspecções das câmaras de visitas. Estes consistem na inspecção dos colectores através das câmaras de visita, usando uma luz artificial e um espelho ou eventualmente uma câmara fotográfica. Estes métodos são limitados, já que apenas a porção do colector perto da câmara de visita é passível de ser inspeccionada.

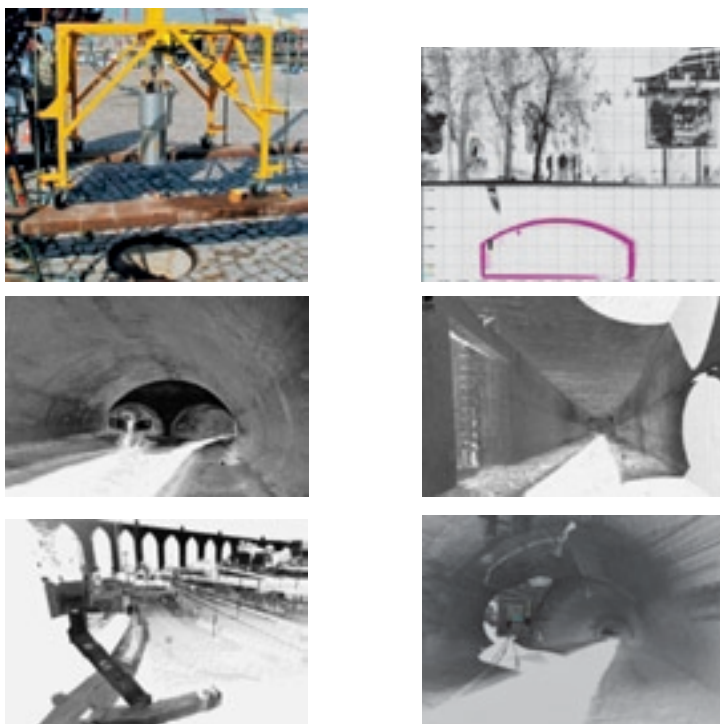


Figura 8.1 – Equipamento e imagens de levantamento com *laserscan*

A inspecção de colectores pode ser feita percorrendo o interior do componente ou a partir de câmaras de visita. As câmaras de visita podem ser inspeccionadas interiormente ou a partir do exterior. A inspecção de colectores a partir de câmaras de visita ou de câmaras de visita a partir da superfície não permitem recolher informação detalhada acerca de anomalias mas são úteis para efectuar inspecções sumárias ou preliminares para despiste de situações mais gravosas que possam necessitar de intervenção urgente e para definir prioridades de inspecção detalhada de diferentes componentes. Estas inspecções sumárias são particularmente úteis em casos em que grandes extensões de rede necessitem de ser avaliadas numa situação de recursos ou tempo limitados.

Normalmente, deve ser efectuada a limpeza do componente previamente à execução da inspecção. Apenas nos casos em que, para o objectivo da inspecção, seja relevante a observação da ocorrência de depósitos e outros materiais removíveis pela limpeza não se deve proceder à limpeza prévia. Neste caso pode ser relevante registar a localização, dimensão e tipo de depósitos ou obstruções, bem como o volume de resíduos removidos quando das operações de limpeza.

A selecção dos equipamentos e serviços de inspecção deve ser feita de forma criteriosa de modo a assegurar a qualidade dos resultados e o cumprimento da regulamentação em termos de higiene, segurança e saúde no trabalho. No caso de inspecção com CCTV é necessário assegurar a qualidade das imagens e da execução da inspecção verificando aspectos, entre outros, como (WRc, 2001; NZWWA, 1999):

- qualidade da imagem (*e.g.*, resolução), garantindo a focagem, preferencialmente a cores;
- sistema de iluminação eficaz, especialmente importante para maiores diâmetros;
- medição da distância longitudinal com exactidão aceitável (*e.g.*, $\pm 2\%$ ou 0.3 m);
- deslocação da câmara a velocidade constante, suficientemente lenta para permitir a observação da condição do componente, e com a câmara nivelada a apontar no sentido do deslocamento, ao longo do eixo do colector. A velocidade da câmara não deverá exceder $0,2 \text{ m.s}^{-1}$, devendo ser menor para diâmetros inferiores a 300 mm;
- observações e anomalias devem ser visionadas com a câmara parada com recurso à rotação da cabeça de filmagem, com

imagem com boa visibilidade e com uma duração de 5 a 10 segundos;

- o colector deve ser objecto de limpeza prévia à inspecção, a menos que seja especificado em contrário e o escoamento deverá ser desviado ou ter uma altura de escoamento suficientemente baixa de modo a permitir observar devidamente o componente;
- a câmara deve estar conforme as especificações relativas à anti-deflagração de acordo com as características da atmosfera no espaço confinado.

Em qualquer destas tarefas é necessário acautelar as condições de segurança, higiene e saúde no trabalho, especialmente no caso de inspecção por pessoal em que é necessário precaver as condições para a entrada em espaços confinados. Assim, deve ser considerado o disposto na legislação, incluindo especificamente a Portaria n.º 762/2002, de 1 de Julho, relativa ao “Regulamento de segurança, higiene e saúde no trabalho na exploração dos sistemas públicos de distribuição de água e de drenagem de águas residuais”, e as regras de boa prática estabelecidas numa perspectiva preventiva e baseada em metodologias de gestão do risco. Estas incluem:

- Definição clara da responsabilidade e coordenação, bem como das tarefas, aos vários níveis de actuação;
- Uso de equipamentos adequados, suficientes e bem mantidos;
- Existência de protocolos de procedimentos;
- Formação adequada dos técnicos;
- Protocolos de emergência ou contingência;
- Planos de actividades;
- Registo de incidentes;
- Plano de gestão do risco.

Aplicando uma abordagem de gestão do risco, no Reino Unido foi proposta uma classificação dos espaços confinados em função dos perigos, factores de risco, complexidade dos trabalhos a executar e do local. Assim, os espaços confinados são classificados em quatro categorias (NC1 – menor risco, a NC4 – maior risco), sendo propostas acções específicas para cada nível, embora seja recomendada a execução da avaliação do risco previamente em cada local (Water UK, 2008).

A norma EN 13508-1:2003 – *Condition of drain and sewer systems outside buildings – Part 1: General requirements* (CEN, 2003a) estabelece os requisitos gerais para as fases de diagnóstico e avaliação do desempenho de sistemas públicos de águas residuais e pluviais. As observações numa inspecção devem ser feitas e registadas de forma tão exacta e explícita quanto possível. Especificamente aplicada à inspecção visual, a norma EN 13508-2:2003 – *Condition of drain and sewer systems outside buildings – Part 2: Visual inspection coding system* (CEN, 2003b) especifica um sistema de codificação das observações que permite registar o estado interno dos componentes de sistemas de águas residuais e pluviais, especificamente dos colectores e das câmaras de visita e de outros componentes similares. A existência de um sistema de codificação europeu assegura que resultados em diferentes locais podem ser comparados e facilita a circulação de equipamentos e serviços.

Neste sistema de codificação é registada informação geral sobre a inspecção (com um conjunto de códigos específico), existindo um conjunto de códigos aplicáveis a observações em colectores e outro conjunto de códigos aplicáveis a observações em câmaras de visita. Cada código pode ser caracterizado com os campos seguintes, conforme especificado na norma:

- Localização longitudinal – localização longitudinal da observação, relativamente a um referencial pré-definido;
- Caracterização 1 ou 2 – descrição pormenorizada da observação;
- Quantificação 1 ou 2 – valores que permitem quantificar características específicas da observação;
- Localização circunferencial – usando uma ou duas referências tipo mostrador de relógio;
- Junta – caso a observação esteja associada à junta;
- Referência fotográfica – referência de fotografias ou imagens de vídeo paradas referentes à observação;
- Referência de vídeo – identificação que permite localizar a observação num vídeo;
- Observações.

Os resultados das inspecções devem incluir (WRc, 2001):

- um relatório incluindo os dados das observações codificadas em formato tabular;

- um relatório em formato digital em formato adequado, incluindo os pormenores e características das observações;
- os vídeos e fotografias registadas pelo operador.

Os resultados das inspecções devem ser fornecidos em formato compatível com a importação para sistemas computacionais existentes na entidade gestora, sendo essencial que seja feito o fornecimento da codificação das observações em formato digital, para além dos suportes em papel e em vídeo.

8.2.3. Medição

As tarefas de medição relevantes para o desenvolvimento de trabalhos de reabilitação incluem a medição de variáveis que permitem caracterizar o desempenho funcional dos sistemas, que incluem tipicamente:

- medição de variáveis hidráulicas, para caracterização do escoamento (caudal, nível, velocidade);
- medição de precipitação, para caracterização das afluências pluviais à rede;
- medição de variáveis de qualidade da água, que pode ser efectuada com equipamentos instalados no local ou através de amostragem e trabalho analítico laboratorial;
- medições específicas das características físicas para localização ou avaliação da condição da infra-estrutura (*e.g.*, espessura do material, localização de armaduras);
- levantamentos para complemento da informação cadastral (*e.g.*, cotas topográficas, dimensões dos componentes).

Nesta secção do guia focam-se apenas alguns aspectos da medição de variáveis hidráulicas e da precipitação. A medição ou monitorização nos sistemas, bem como a regulação, são actividades de operação dos sistemas. As situações típicas de utilização de sistemas de medição no âmbito da reabilitação são, no âmbito do diagnóstico, por exemplo, para a execução de estudos de modelação matemática ou de caracterização de problemas de afluências indevidas.

Existindo um sistema de medição permanente, dependendo das suas características, poderá ser necessário apenas proceder a algumas medições complementares no âmbito de uma abordagem de reabilitação. No entanto, dadas as limitações ou mesmo inexis-

tência de medidores permanentes nos sistemas, frequentemente é necessário recorrer a campanhas de medição de curta duração. Em particular, se for incluída a modelação hidráulica do sistema, é necessário proceder não só à medição de caudais, níveis e velocidades mas também da precipitação em simultâneo.

No regulamento geral (Decreto Regulamentar n.º 23/95, de 23 de Agosto) é estipulado que devem ser previstas disposições construtivas para medição de caudais à entrada das estações de tratamento, na descarga final no meio receptor, nas estações elevatórias, imediatamente a jusante de zonas ou instalações industriais e em pontos estratégicos da rede de colectores (Art.º 186), mas frequentemente estas condições não se encontram em sistemas existentes.

Naturalmente que os períodos de medição deverão ser estabelecidos de forma a assegurar a obtenção de cenários diferenciados de tempo seco e por ocorrência de precipitação, dependendo também dos objectivos da medição. Adicionalmente, devem proporcionar a possibilidade de assegurar um conjunto de medições suficiente para ser representativo das situações que se pretenda estudar. Por exemplo, se se pretender caracterizar o padrão de caudais em tempo seco é recomendável ter um período de medição mínimo contínuo sem precipitação de 15 dias (Matos *et al.*, 2004). Se, por outro lado, se pretende caracterizar a resposta à ocorrência de precipitações, é recomendável monitorizar um mínimo de 5 eventos com características diferenciadas, é desejável que este número seja superior, especialmente se for para utilizar em estudos de modelação matemática. Em qualquer destes exemplos, deve ser feita a medição da precipitação em simultâneo.

O planeamento de campanhas de medição requer naturalmente conhecimentos sobre a hidráulica dos escoamentos, de hidrologia e de metrologia, entre outros. Os objectivos da medição devem ser definidos claramente, função dos problemas específicos em investigação, e os locais escolhidos criteriosamente, em função dos objectivos e das condições nesses locais. Os métodos e equipamentos a utilizar dependem também dos objectivos e condições locais, sendo determinantes para a qualidade dos resultados da medição e sua utilidade.

O Guia Técnico n.º 9 da ERSAR, intitulado “Medição de caudal em sistemas de abastecimento de água e de saneamento de águas residuais urbanas” (Henriques *et al.*, 2006), desenvolve os seguintes pontos:

- localização típica de caudalímetros em sistemas de abastecimento de água e de saneamento de águas residuais urbanas;
- princípios físicos de transdução adoptados sobretudo nas soluções modernas e expeditas de medição contínua de caudal nos referidos sistemas;
- potencialidades e limitações das soluções técnicas mais relevantes;
- requisitos especiais de energia eléctrica, de instrumentação, de automação e de comunicações para sistemas de medição de caudal, com enfoque na perspectiva do seu enquadramento nas infra-estruturas de telegestão;
- caracterização metrológica das diversas soluções, abrangendo todos os elementos das cadeias de medição, sensibilizando para a sua importância;
- critérios de dimensionamento e selecção, bem como de boas práticas de projecto, execução, instalação, colocação em serviço e manutenção (incluindo a metrológica);
- aspectos a considerar para a elaboração de cadernos de encargos.

Uma vez definido o enquadramento da medição, a definição de um programa deve considerar, no mínimo, as seguintes tarefas:

- i. Definição de critérios gerais para o estabelecimento dos locais de medição;
- ii. Selecção criteriosa dos locais;
- iii. Selecção do equipamento adequado às características dos locais;
- iv. Instalação de acordo com as boas práticas e recomendações do fabricante do equipamento, incluindo o registo pormenorizado da instalação;
- v. Definição de programa de recolha de dados e de manutenção do equipamento;
- vi. Recolha de dados, manutenção, processamento de dados e controlo da qualidade da medição.

Medição de caudal, nível e velocidade

A selecção dos locais e as condições de instalação e manutenção a garantir para a medição de caudal variam consoante o método e o tipo de equipamento utilizado.

O processo de selecção dos locais de medição pode ser considerado em duas fases. Numa primeira fase, define-se o nível de informação pretendido e os locais genéricos de localização e, numa segunda fase, procede-se à selecção do local específico para cada equipamento. Em WAPUG (2002), são propostos quatro níveis de abordagem para a definição da densidade ou número de locais de medição de caudal:

- i. a medição é efectuada apenas a jusante dos colectores principais;
- ii. a medição é efectuada como em 1. com medição adicional imediatamente a montante dos locais onde a exactidão é importante (*e.g.*, redundância);
- iii. a medição é efectuada como em 2. mas complementada com pontos distribuídos por toda a rede de colectores;
- iv. como em 3. mas com maior número de locais.

Na Figura 8.2 apresenta-se esquematicamente uma ilustração dos diferentes níveis referidos.

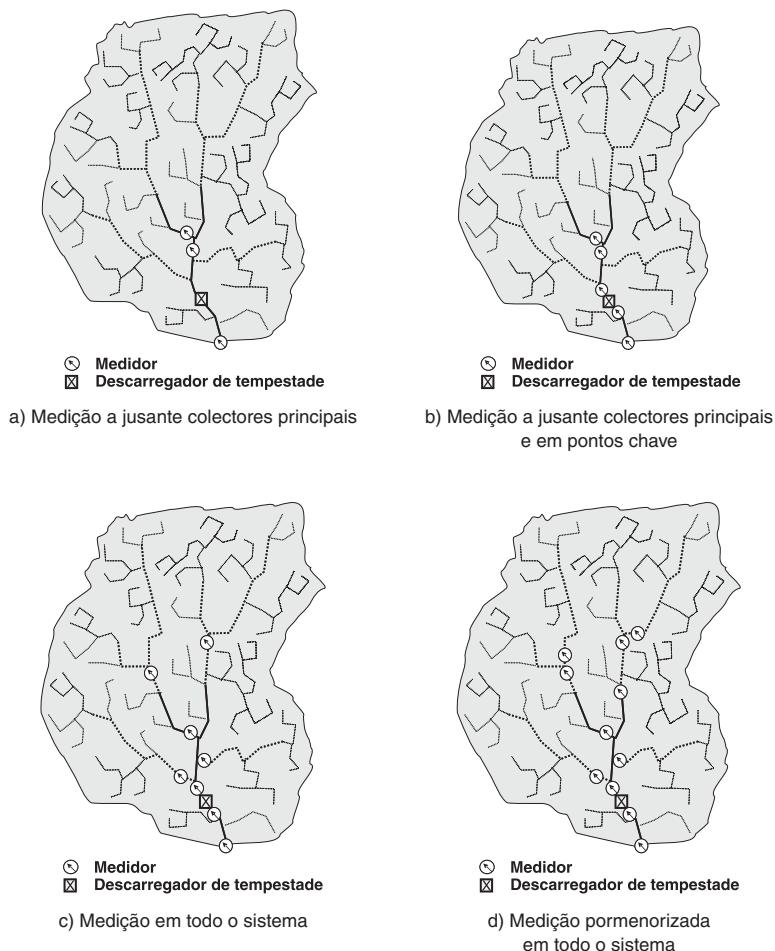


Figura 8.2 – Exemplo de localização de medidores de caudal para diferentes níveis de densidade de pontos de medição

A localização genérica dos locais de medição, em particular para proceder a estudos de modelação matemática, deve ter em consideração os seguintes pontos (WAPUG, 2002):

- no colector de jusante do sistema, para permitir uma avaliação global do comportamento do sistema e das medições a montante;
- nos colectores de jusante das sub-bacias principais, para aferir a contribuição de cada subárea;
- em pontos críticos onde são conhecidos problemas de desempenho funcional;

- ao longo dos colectores principais, para verificação e despiste de problemas como descargas para fora do sistema, infiltração ou exfiltração, inundações;
- a montante e a jusante de descarregadores de tempestade, de colectores de descarga, de bifurcações, zonas de rede emalhada, de afluências a controlar (*e.g.*, ligação industrial), etc.;
- como redundância a outros medidores sempre que existirem problemas específicos com o local.

Relativamente aos requisitos específicos para a selecção dos locais de medição e de instalação dos medidores, apresentam-se seguidamente algumas notas, não se pretendendo tratar aqui esta matéria de modo exaustivo. Assim, deverão ser considerados, entre outros, os seguintes aspectos:

- a instalação dos equipamentos deve cumprir o estipulado nas especificações do fabricante, especialmente em condições hidráulicas (*e.g.*, condições próximas do regime uniforme), gamas das grandezas a medir, e adequação do posicionamento dos diferentes sensores (*e.g.*, nivelamento dos sensores por ultra-sons para medição de nível);
- os locais de medição devem apresentar uniformidade das características geométricas e do escoamento, quer na secção de medição, quer para montante, adequadas ao método e equipamento de medição seleccionados, por exemplo, a garantia das condições de escoamento em regime uniforme a montante da instalação (*e.g.*, 20 vezes a maior altura de escoamento);
- pode ser recomendável efectuar inspecção CCTV, bem como a limpeza do troço, previamente à selecção final dos locais de medição e instalação dos equipamentos;
- geralmente devem ser evitados locais com inclinações elevadas, onde poderão ocorrer velocidades elevadas ou turbulência significativa, e com inclinações muito baixas pois poderão propiciar condições para a acumulação de sedimentos;
- evitar locais onde existam perturbações significativas, não podendo ser garantida a estabilidade da superfície do escoamento para a gama de caudais ocorrentes (*e.g.*, não medir o nível em locais com ondas ou perturbações acentuadas da superfície por efeito de curvas, quedas, etc.);
- estabelecer um plano de manutenção dos medidores que inclua a limpeza regular dos diferentes sensores e a confirmação das grandezas medidas;

- os locais seleccionados devem permitir efectuar as tarefas de instalação, manutenção e desmontagem respeitando as condições mínimas de segurança para os técnicos, não devendo exigir a adopção de medidas desproporcionadas para a execução daquelas tarefas;
- em certos locais pode ser considerada a possibilidade de instalação de medidores em série (*e.g.*, para quantificação de caudais de infiltração/exfiltração) ou redundantes (*e.g.*, usando equipamentos ou métodos distintos).



Figura 8.3 – Exemplos de instalações de medição de caudal

Medição de precipitação

Dos diversos métodos de medição existentes, o mais comum em sistemas de medição associados a sistemas de águas residuais e pluviais são os de receptáculos basculantes. Deve ser sempre colocado um reservatório para recolha da totalidade da precipitação entrada no aparelho, garantindo a estanquidade a água de outra origem e minimizando a ocorrência de perdas por evaporação. Poderá ser útil, numa fase de verificação dos dados, dispor de informação sobre a precipitação diária registada em postos da rede udométrica nacional (SNIRH).

A definição da rede de udómetros a colocar deve ser efectuada em duas fases. Numa primeira fase, estabelecer a densidade de

aparelhos por unidade de área e, numa segunda fase, definir a localização de cada udómetro.

O número e locais de instalação dos udómetros devem ser estabelecidos tendo em consideração os seguintes aspectos:

- representatividade da variabilidade espacial da precipitação e uniformidade de distribuição pelas bacias hidrográficas. Assim, o número de udómetros depende da área da bacia ou área em estudo, complexidade e topografia (WAPUG, 2002);
- redundância da medição, sendo que de acordo com WAPUG (2002) devem ser sempre instalados no mínimo 3 udómetros, independentemente da área em estudo.

As condições de instalação e de manutenção de um udómetro devem ter em conta alguns cuidados, incluindo:

- instalação preferencial em terreno plano, a uma altura de referência de 1 metro do solo (cone de recepção) e com afastamento dos obstáculos próximos de pelo menos 4 vezes a sua altura (árvores, edifícios, etc.);
- privilegiar locais de acesso restrito e com exposição reduzida a actos de vandalismo. Devem ser acauteladas interferências como exposição a sistemas de rega por aspersão;
- posicionamento relativamente aos ventos dominantes – evitar colocação em locais com correntes concentradas de vento, zonas de turbulência e grandes velocidades, pelo que são de evitar instalações em grande altura;
- fixação estável do aparelho, de preferência em betão ou similar, com a base do cone horizontal (nivelada);
- limpeza periódica do aparelho para evitar a acumulação de detritos (*e.g.*, folha, dejectos de aves, etc.).

Importa ainda ter alguns cuidados na fase de processamento das medições, em particular na determinação de eventos pluviométricos independentes (ver 8.3.2).

Na Figura 8.4 apresentam-se exemplos de instalação e resultados de medição num udómetro.

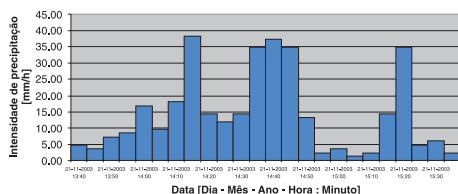


Figura 8.4 – Exemplo de udómetro e hietograma

No caso de udómetros de báscula, os registos de precipitação gerados nos udómetros apresentam os basculamentos devidos à precipitação correspondente ao volume da báscula (*e.g.*, 0,1 mm) em intervalos de tempo irregulares. É necessário produzir dados processados, correspondentes a eventos pluviométricos independentes, a partir da série de precipitação registada, em que a discretização temporal da precipitação é uniforme.

8.3. Instrumentos e tecnologias para o armazenamento, processamento e disponibilização de dados

8.3.1. Gestão da informação

A gestão de informação constitui um dos processos-chave da actividade de gestão de sistemas de águas residuais e pluviais (ver 3.2), para apoio à tomada de decisão. A eficiência e a eficácia de implementação de uma abordagem integrada de reabilitação dependem não só da qualidade dos dados armazenados, mas também da forma como a informação é gerida. O caminho crítico passa pela qualidade dos sistemas de informação, onde a informação é armazenada e disponibilizada aos diferentes utilizadores, e pela eficácia de como os diversos sistemas de informação se interligam, de modo a viabilizar o cruzamento de dados oriundos de diferentes sistemas de informação.

Entende-se por sistemas de informação estratégicos os sistemas informáticos, a qualquer nível da organização, que contenham a informação de suporte à definição de objectivos, de operações, de produtos, de serviços ou de relações de ambiente, permitindo à organização ganhos de produtividade ou vantagens competitivas (Synnott, 1987).

Para além da recolha da informação e dos dados, a sua actualização é fundamental para permitir uma gestão dos sistemas eficiente e eficaz. Quanto maior for o volume de informação existente, tanto

mais complexo se torna o seu arquivo, estruturação, processamento e exploração. Actualmente, os desenvolvimentos informáticos, quer ao nível de capacidade das máquinas e equipamentos (*hardware*), quer das capacidades de programação e armazenamento de dados (*software*) garantem, cada vez mais, uma adequada gestão da informação. A recolha e o armazenamento dos dados, feitos de uma forma estruturada, facilitam o seu tratamento, análise e utilização por diversos utilizadores e em diferentes níveis da organização. Os sistemas de informação utilizam a capacidade de armazenamento e de tratamento de dados, permitindo o fornecimento automático em formatos adequados à sua utilização, sob forma de papel ou digital (Oliveira e Costa, 2002).

No Quadro 8.1 apresentam-se alguns exemplos de sistemas de apoio à gestão da informação tipicamente existentes nas entidades gestoras de sistemas de águas residuais e pluviais (Bourrier, 1997).

Os diversos sistemas de informação são complementares entre si, pelo que o seu planeamento e o seu desenvolvimento devem ser coordenados, carecendo de boa articulação entre si, de modo a permitirem o cruzamento entre informações e evitar duplicações.

Na maior parte dos casos, é o sistema de informação geográfica que constitui a plataforma integradora. Os sistemas de informação geográfica (SIG) são sistemas que permitem armazenar, representar, analisar, processar e visualizar dados e informação geográfica. Assim, no SIG associam-se as estruturas de bases de dados a ferramentas de visualização espacial. Os SIG incorporam a componente geoespacial dos dados, ou seja, a localização dos mesmos, permitindo associar diferentes tipos de dados, como sejam, características dos componentes da infra-estrutura, informação operacional (*e.g.*, dados sobre falhas em colectores, intervenções de reparação, licenciamentos de novas ligações, dados de inspecção, dados de qualidade da água, dados de medição de variáveis hidráulicas), informação sobre o desempenho, entre outros.

Quadro 8.1 – Ferramentas de apoio à gestão da informação

Ferramentas de apoio à gestão da informação	Funcionalidades típicas
Bases de dados	Armazenamento e transformação ou processamento de dados (<i>e.g.</i> , cadastro, medições).
Desenho e projecto assistidos por computador (CAD)	Desenhos de plantas e perfis, pormenores de obras. Apoio ao projecto através de algoritmos e programas de cálculo automático.
Sistemas de informação geográfica (SIG)	Apoio à gestão técnica do conjunto do património urbano e domínios associados tais como a topografia, elementos urbanísticos e várias infra-estruturas. Junção de uma forma evolutiva e organizada da informação de forma a poder ser utilizada por outras ferramentas informáticas. Funções de processamento sobre a informação.
Sistemas de gestão de manutenção	Apoio ao planeamento e execução das tarefas de manutenção.
Sistemas de gestão da informação laboratorial (LIMS)	Apoio à gestão da informação e trabalho laboratorial.
Sistema de gestão do património (GPI)	Manutenção das instalações e das várias redes por forma a coordenar as intervenções no espaço urbano.
Sistemas de gestão de clientes	Apoio ao armazenamento do histórico de informação de todos os clientes, permitindo uma maior proximidade com o cliente e um controlo mais rigoroso da facturação, cobrança, pedidos de serviços, consultas aos clientes, gestão de reclamações e divulgação de informação.
Sistemas de apoio à contabilidade	Apoio à actividade contabilística.
Sistemas “ <i>Enterprise Resource Planning</i> ” (ERP)	Apoio ao planeamento da empresa através da gestão de diversos sistemas de informação.
Sistemas de telemedição e telegestão (SCADA)	Apoio à gestão das medições, dados e informação, que permite melhorar a gestão das redes, de acordo com as necessidades e minimizando os impactes negativos.

Existem diversos tipos de SIG, sendo uns mais versáteis e outros mais orientados para aplicações específicas. Uma das vantagens dos SIG é a possibilidade de se trabalhar com mapas dinâmicos, com incorporação da informação em camadas, o que permite a visualização da informação representada a diferentes escalas e níveis de pormenor. Adicionalmente, facilitam os procedimentos de geração de dados para outras aplicações, como sejam os modelos matemáticos do comportamento hidráulico dos sistemas de águas residuais e pluviais, bem como a representação espacial de resultados.

Os sistemas ERP podem eventualmente incluir módulos que contenham outros dos sistemas de informação acima listados (*e.g.*, sistemas de gestão de clientes, sistemas de contabilidade, etc.).

Qualquer um deste tipo de sistemas tem relevância para a reabilitação, uma vez que todos eles contêm dados que contribuem para o conhecimento das características físicas e estado de conservação da infra-estrutura, da qualidade do serviço que presta, das solicitações a que é sujeita (pelos utilizadores) e dos custos de construção, de operação e de manutenção.

Todos estes sistemas oferecem capacidades de arquivo, de consulta e de visualização dos dados. Estão por vezes ainda associados a capacidades de análise (*e.g.*, sistemas ERP) ou a outras funções (*e.g.*, funções de medição, de automação e de transmissão nos sistemas de telemedição e de telegestão).

Os sistemas de gestão da informação podem ser desenvolvidos de várias formas e com diferentes níveis de detalhe, dependendo das necessidades e dos recursos das entidades gestoras. É importante que estas identifiquem a solução adequada para as suas necessidades actuais e que possam garantir a capacidade de manter esses sistemas de informação. Os sistemas de informação mais simples podem não ser geridos automaticamente, tais como os mapas, as cartas, as folhas de cálculo; os sistemas mais complexos são informatizados e requerem cálculo automático (NRC, 2002; NRC, 2003).

Uma boa articulação entre sistemas de informação e respectiva integração requer:

- compatibilidade de hardware e de software;
- bom conhecimento dos fluxos de informação e adopção de modelos de dados robustos;
- adopção de referências comuns entre sistemas de informação, para que um dado objecto seja reconhecido de forma simples por todos os SI que têm dados sobre ele;
- estabelecimento de redes de sistemas de informação, às quais as aplicações podem ir buscar informação, maximizando a eficiência de utilização dos recursos e eliminando duplicações e incoerências de informação;
- procedimentos integrados de carregamento e de manutenção;
- afectação de recursos humanos adequada à gestão integrada dos sistemas de informação.

Uma estrutura de informação para armazenamento e gestão da informação destinada a apoiar as decisões no âmbito da reabilitação, ou, de modo mais abrangente, da gestão patrimonial de infra-estruturas (GPI), é definida como “uma combinação de processos, de dados, de *software* e de *hardware* capaz de fornecer os *outputs* essenciais para uma GPI eficaz, conducente a riscos reduzidos e à optimização do investimento” (IIMM, 2002).

A um nível básico de implementação de uma abordagem integrada de reabilitação, as funcionalidades desta estrutura de informação devem contemplar:

- inventário de activos, incluindo pelo menos os atributos básicos (tipo, material, dimensões, quantidade, data de construção/instalação e localização);
- informação sobre o estado de conservação;
- registo do grau de importância do activo para o funcionamento do sistema;
- informação relativa à gestão da manutenção.

Se o nível de implementação for mais avançado, as funcionalidades desta estrutura de informação devem evoluir de modo a incorporar ferramentas de apoio à decisão no âmbito de matérias tais como:

- modelação e previsão;
- avaliação e previsão do desempenho;
- gestão de risco;
- avaliação de custos no ciclo de vida;
- comparação de soluções alternativas de intervenção;
- gestão financeira e optimização dos investimentos.

O planeamento e a implementação de uma estrutura de informação que corresponda aos objectivos pretendidos deve ser feito de acordo com um conjunto de fases que incluem o estabelecimento dos requisitos gerais a cumprir, a identificação e avaliação de soluções existentes no mercado, a concepção da solução concreta para o caso em análise e a implementação e entrada em funcionamento.

8.3.2. Processamento e análise de dados de caudal e de precipitação

A quantidade de dados que pode ser necessária para desenvolver uma abordagem integrada da reabilitação pode ser consideravelmente extensa, sendo recomendável utilizar aplicações que permitam automatizar algumas das tarefas mais consumidoras de tempo e ainda obter informação de síntese essencial. Particularmente, quando a reabilitação é motivada por deficiente desempenho hidráulico ou ambiental dos sistemas, é essencial caracterizar as ações principais, ou seja, os caudais afluentes ao sistema.

Os dados de medições no sistema podem ser obtidos em vários locais, em diferentes períodos, pelo que podem ser acumuladas várias séries temporais extensas, que importa processar para retirar a informação essencial, como referido em 8.2.3. Esta pode incluir as características dos eventos de precipitação (hietogramas, estatísticas de síntese dos eventos), as características dos caudais de tempo seco (padrões diários adimensionais, valores médios, máximos e mínimos) e os caudais induzidos pela precipitação em diferentes pontos dos sistemas, entre outros.

Nesta secção apresentam-se abordagens úteis para este fim, nomeadamente, os procedimentos para processamento dos registos de precipitação e uma aplicação computacional para processamento dos caudais de tempo seco em sistemas de águas residuais.

Processamento de dados de precipitação

A determinação de eventos pluviométricos independentes a partir de séries de precipitação é normalmente efectuada tendo em conta dois critérios: a intensidade de precipitação mínima (Q_0) e o intervalo de tempo seco entre eventos (T_0). Dois eventos pluviométricos podem considerar-se independentes se os hidrogramas de escoamento a que dão origem também o forem, ou seja, se o início da fase ascendente do segundo hidrograma de escoamento se fizer a partir de um caudal de base inicial restabelecido, garantindo assim que a influência do primeiro evento já não se faz sentir quando se dá a ocorrência do segundo. Deste modo, a independência de uma série de eventos é tanto mais garantida quanto maior for o intervalo de tempo seco, T_0 , considerado. Este valor depende da bacia de drenagem e deve ser pelo menos superior ao valor estimado do tempo de concentração desta (Matos, 1987). Deste modo, os eventos pluviométricos são separados, desprezando os valores de intensidade de precipitação

menores ou iguais à intensidade mínima que se encontram em intervalos de tempo maiores que o intervalo de tempo seco considerado. Como orientação, para volume de báscula de 0,1 mm, será adequado considerar $Q_0 \geq 0,1 \text{ mm/h}$ e $T_0 \geq 2 \text{ horas}$.

Uma vez identificados os eventos pluviométricos independentes devem ser calculadas as seguintes características de síntese:

- identificação do evento;
- data e hora de início do evento;
- duração total do evento [min];
- altura total de precipitação (H_{tot} [mm]);
- intensidade média do evento (I_{med} [mm]);
- intensidade máxima do evento (I_{max} [mm]);
- intervalo de tempo entre o início do evento e a ocorrência da intensidade máxima (D_{imax} [min]), que dá informação sobre a assimetria do evento pluviométrico;
- tempo seco antecedente (T_{seco} [min]).

Os critérios a considerar na identificação de eventos pluviométricos, especialmente para estudos de modelação, incluem (WAPUG, 2002):

- a altura total de precipitação deve ser superior a 5 mm;
- a duração dos eventos a seleccionar deve ser diferenciada tendo em consideração o tempo de concentração do sistema (t_c). Assim, devem ser seleccionados eventos com duração cerca de $0,5 t_c$, t_c , e múltiplos de t_c .
- a intensidade de precipitação deve ser superior a 6 mm/hora por um período superior a 4 minutos;
- o tempo seco antecedente deve ter duração suficiente para que o caudal retome valores típicos de tempo seco.

Assim, foi desenvolvida uma aplicação computacional, RainEvent, para identificação e caracterização de eventos pluviométricos independentes. Esta aplicação foi desenvolvida em *Visual Basic for Applications*, no *Microsoft Excel* (2003). A aplicação tem dois módulos de introdução de dados para permitir o processamento de séries de altura de precipitação com intervalos de tempo irregulares, como as provenientes de udómetros de receptáculos basculantes (ver 8.2.3), e também de séries com intervalos de tempo regulares.

Esta aplicação permite produzir séries de alturas de precipitação com diferentes intervalos de tempo, permitindo a visualização gráfica dos dados da série de dados introduzida. No caso de séries de altura de precipitação originalmente com intervalos de tempo irregulares, é necessário indicar o valor do volume da báscula do udómetro. São calculadas algumas estatísticas relativas à série de precipitação que permitem indicar potenciais incorrecções que possam existir nos dados.

A separação de eventos é efectuada de acordo com o procedimento acima indicado, obtendo-se uma tabela síntese dos eventos pluviométricos, como a do exemplo na Figura 8.5.

Para além da tabela síntese dos eventos pluviométricos, a aplicação produz as tabelas da série de precipitação completa, formatadas de forma a que possam ser introduzidas directamente nos modelos de simulação SWMM e MOUSE (vd. 8.4.3).

Tabela síntese dos eventos pluviométricos

Data de início do evento (DD/MM/AAAA Hora:Min)	Intensidade máxima do evento (mm/h)	Duração do evento (min)	Volumen total (mm)	Intensidade média do evento (mm/h)	Intensidade máxima do evento (mm/h)	Tempo desde o início do evento até à hora (min)	Tempo entre dois eventos (min)
2005-01-01 12:00	1	10	100	10	10	0	10
2005-01-01 13:00	2	20	200	20	20	10	10
2005-01-01 14:00	3	30	300	30	30	20	10
2005-01-01 15:00	4	40	400	40	40	30	10
2005-01-01 16:00	5	50	500	50	50	40	10
2005-01-01 17:00	6	60	600	60	60	50	10
2005-01-01 18:00	7	70	700	70	70	60	10
2005-01-01 19:00	8	80	800	80	80	70	10
2005-01-01 20:00	9	90	900	90	90	80	10
2005-01-01 21:00	10	100	1000	100	100	90	10
2005-01-01 22:00	11	110	1100	110	110	100	10
2005-01-01 23:00	12	120	1200	120	120	110	10
2005-01-02 00:00	13	130	1300	130	130	120	10
2005-01-02 01:00	14	140	1400	140	140	130	10
2005-01-02 02:00	15	150	1500	150	150	140	10
2005-01-02 03:00	16	160	1600	160	160	150	10
2005-01-02 04:00	17	170	1700	170	170	160	10
2005-01-02 05:00	18	180	1800	180	180	170	10
2005-01-02 06:00	19	190	1900	190	190	180	10
2005-01-02 07:00	20	200	2000	200	200	190	10
2005-01-02 08:00	21	210	2100	210	210	200	10
2005-01-02 09:00	22	220	2200	220	220	210	10
2005-01-02 10:00	23	230	2300	230	230	220	10
2005-01-02 11:00	24	240	2400	240	240	230	10
2005-01-02 12:00	25	250	2500	250	250	240	10
2005-01-02 13:00	26	260	2600	260	260	250	10
2005-01-02 14:00	27	270	2700	270	270	260	10
2005-01-02 15:00	28	280	2800	280	280	270	10
2005-01-02 16:00	29	290	2900	290	290	280	10
2005-01-02 17:00	30	300	3000	300	300	290	10
2005-01-02 18:00	31	310	3100	310	310	300	10
2005-01-02 19:00	32	320	3200	320	320	310	10
2005-01-02 20:00	33	330	3300	330	330	320	10
2005-01-02 21:00	34	340	3400	340	340	330	10
2005-01-02 22:00	35	350	3500	350	350	340	10
2005-01-02 23:00	36	360	3600	360	360	350	10
2005-01-03 00:00	37	370	3700	370	370	360	10
2005-01-03 01:00	38	380	3800	380	380	370	10
2005-01-03 02:00	39	390	3900	390	390	380	10
2005-01-03 03:00	40	400	4000	400	400	390	10
2005-01-03 04:00	41	410	4100	410	410	400	10
2005-01-03 05:00	42	420	4200	420	420	410	10
2005-01-03 06:00	43	430	4300	430	430	420	10
2005-01-03 07:00	44	440	4400	440	440	430	10
2005-01-03 08:00	45	450	4500	450	450	440	10
2005-01-03 09:00	46	460	4600	460	460	450	10
2005-01-03 10:00	47	470	4700	470	470	460	10
2005-01-03 11:00	48	480	4800	480	480	470	10
2005-01-03 12:00	49	490	4900	490	490	480	10
2005-01-03 13:00	50	500	5000	500	500	490	10
2005-01-03 14:00	51	510	5100	510	510	500	10
2005-01-03 15:00	52	520	5200	520	520	510	10
2005-01-03 16:00	53	530	5300	530	530	520	10
2005-01-03 17:00	54	540	5400	540	540	530	10
2005-01-03 18:00	55	550	5500	550	550	540	10
2005-01-03 19:00	56	560	5600	560	560	550	10
2005-01-03 20:00	57	570	5700	570	570	560	10
2005-01-03 21:00	58	580	5800	580	580	570	10
2005-01-03 22:00	59	590	5900	590	590	580	10
2005-01-03 23:00	60	600	6000	600	600	590	10
2005-01-04 00:00	61	610	6100	610	610	600	10
2005-01-04 01:00	62	620	6200	620	620	610	10
2005-01-04 02:00	63	630	6300	630	630	620	10
2005-01-04 03:00	64	640	6400	640	640	630	10
2005-01-04 04:00	65	650	6500	650	650	640	10
2005-01-04 05:00	66	660	6600	660	660	650	10
2005-01-04 06:00	67	670	6700	670	670	660	10
2005-01-04 07:00	68	680	6800	680	680	670	10
2005-01-04 08:00	69	690	6900	690	690	680	10
2005-01-04 09:00	70	700	7000	700	700	690	10
2005-01-04 10:00	71	710	7100	710	710	700	10
2005-01-04 11:00	72	720	7200	720	720	710	10
2005-01-04 12:00	73	730	7300	730	730	720	10
2005-01-04 13:00	74	740	7400	740	740	730	10
2005-01-04 14:00	75	750	7500	750	750	740	10
2005-01-04 15:00	76	760	7600	760	760	750	10
2005-01-04 16:00	77	770	7700	770	770	760	10
2005-01-04 17:00	78	780	7800	780	780	770	10
2005-01-04 18:00	79	790	7900	790	790	780	10
2005-01-04 19:00	80	800	8000	800	800	790	10
2005-01-04 20:00	81	810	8100	810	810	800	10
2005-01-04 21:00	82	820	8200	820	820	810	10
2005-01-04 22:00	83	830	8300	830	830	820	10
2005-01-04 23:00	84	840	8400	840	840	830	10
2005-01-05 00:00	85	850	8500	850	850	840	10
2005-01-05 01:00	86	860	8600	860	860	850	10
2005-01-05 02:00	87	870	8700	870	870	860	10
2005-01-05 03:00	88	880	8800	880	880	870	10
2005-01-05 04:00	89	890	8900	890	890	880	10
2005-01-05 05:00	90	900	9000	900	900	890	10
2005-01-05 06:00	91	910	9100	910	910	900	10
2005-01-05 07:00	92	920	9200	920	920	910	10
2005-01-05 08:00	93	930	9300	930	930	920	10
2005-01-05 09:00	94	940	9400	940	940	930	10
2005-01-05 10:00	95	950	9500	950	950	940	10
2005-01-05 11:00	96	960	9600	960	960	950	10
2005-01-05 12:00	97	970	9700	970	970	960	10
2005-01-05 13:00	98	980	9800	980	980	970	10
2005-01-05 14:00	99	990	9900	990	990	980	10
2005-01-05 15:00	100	1000	10000	1000	1000	990	10

Figura 8.5 – Exemplo de tabela síntese de eventos pluviométricos independentes

A partir da tabela síntese dos eventos pluviométricos, o utilizador pode seleccionar eventos, para visualização gráfica ou introdução nos modelos de simulação, de acordo com critérios de intensidade máxima, de precipitação mínima e de volume total mínimo de precipitação conforme pretenda. Os eventos pluviométricos seleccionados são apresentados na forma de tabela e gráfico, tal como se apresenta na Figura 8.6.

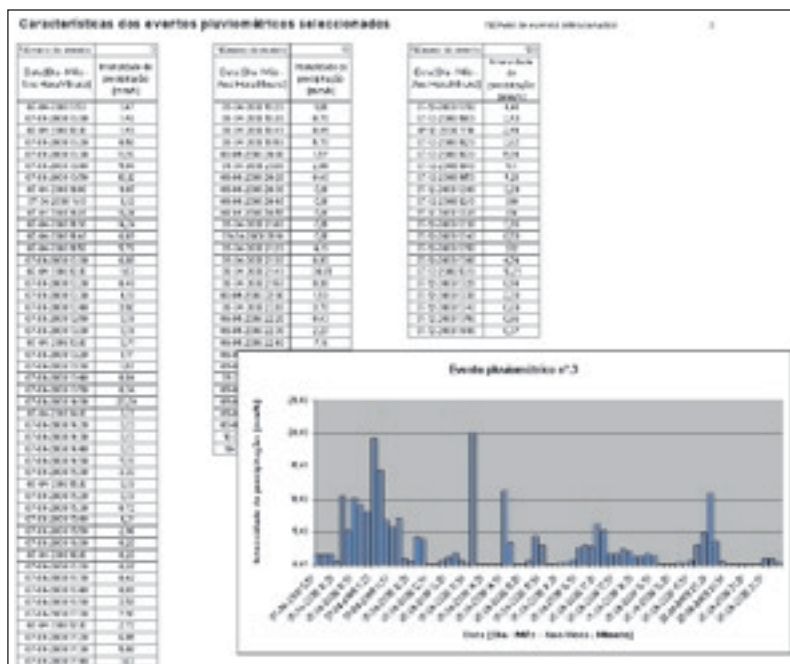


Figura 8.6 – Apresentação das tabelas e gráficos dos eventos pluviométricos seleccionados

Processamento de dados de caudal de águas residuais

Os caudais de águas residuais apresentam habitualmente um padrão diário facilmente identificável na observação dos registos de medições. Este padrão está associado naturalmente ao padrão de consumo de água, sendo desejável obter perfis típicos para diferentes locais onde se pretende proceder a estudos sobre o comportamento hidráulico do sistema. Para tal, é necessário aplicar um processamento estatístico adequado que possibilite a obtenção de perfis médios e de perfis correspondentes à variação expectável relativamente a esse comportamento médio, a partir de um período significativo de registos.

Coelho (1990) desenvolveu uma metodologia para registos de consumo de água que consiste em adimensionalizar os valores de caudal ao longo da amostra em estudo, dividindo-os pelo caudal médio do dia a que se referem. Sobre a amostra adimensional assim obtida, para cada ponto da curva, o valor médio e o respectivo intervalo de confiança são calculados adaptando um modelo probabilístico baseado na distribuição log-normal.

Com base nesta metodologia, Coelho *et al.* (2006) desenvolveram uma aplicação computacional, TRADEB, em *Visual Basic for Applications*, do *Microsoft Excel*. Esta aplicação permite o processamento de dados de caudal de modo a obter-se o perfil adimensional do caudal médio diário. Esta aplicação desenvolvida para tratar dados de consumo provenientes de sistemas de abastecimento de água é também de interesse para ser aplicada a dados de caudal de águas residuais.

Na Figura 8.7 apresenta-se um exemplo do perfil adimensional do caudal de tempo seco, obtido para uma pequeno sistema de águas residuais usando o TRADEB.



Figura 8.7 – Perfil adimensional do caudal de tempo seco

Com esta aplicação pode ainda ser feita a exploração dos dados para analisar a evolução dos caudais médios, máximos e mínimos, e identificar as variações ao longo de períodos alargados (Figura 8.8).

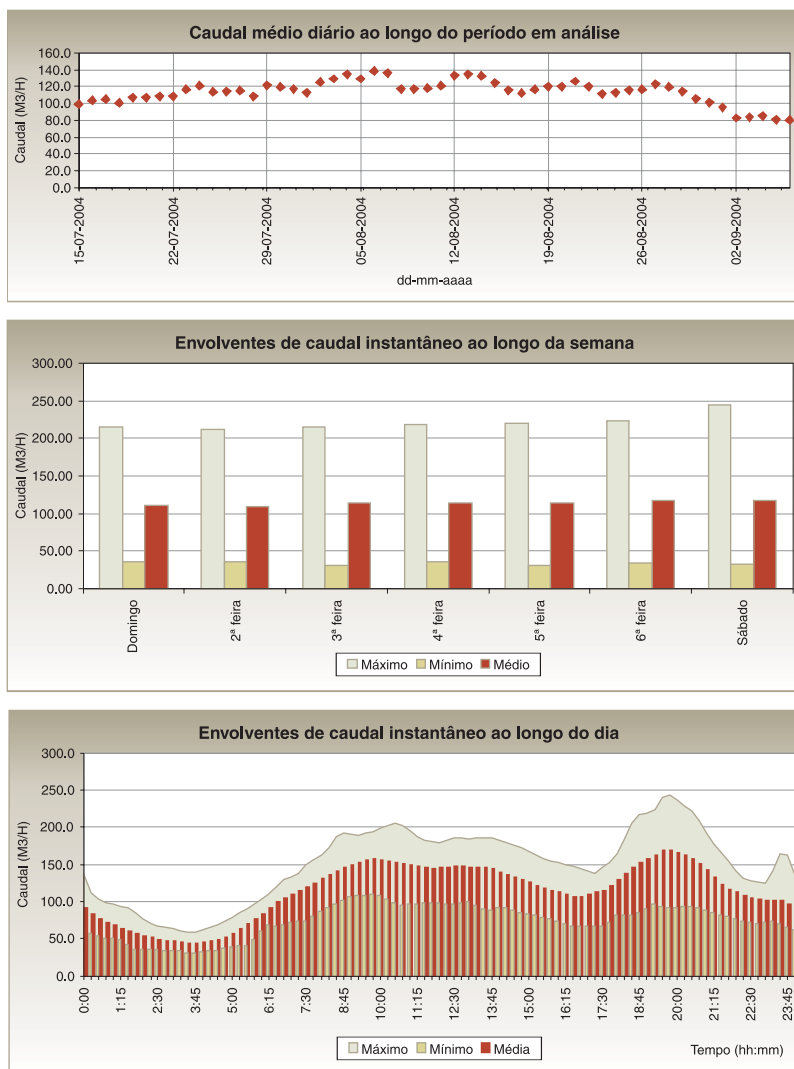


Figura 8.8 – Evolução dos caudais diários médios, máximos e mínimos

8.4. Modelação matemática para apoio à reabilitação

8.4.1. Utilização da modelação matemática

Os modelos matemáticos são ferramentas computacionais que permitem simular o comportamento de um sistema ou processo. Os modelos de sistemas de água urbanos são tipicamente compostos por (Coelho *et al.*, 2006):

- i. um conjunto de dados descritivos das características físicas do sistema, das suas solicitações (*e.g.*, caudais afluentes) e das condições operacionais;
- ii. um conjunto de equações matemáticas que reproduzem o comportamento (*e.g.*, hidráulico) dos componentes individuais e do sistema como um todo, expressas em termos das principais variáveis de estado (*e.g.*, caudal nas tubagens) instanciadas pelos dados referidos em (i);
- iii. algoritmos numéricos adequados para a resolução das equações matemáticas.

As aplicações computacionais disponíveis, quer comerciais, quer gratuitas, permitem a elaboração de modelos para sistemas específicos, desde que sejam obtidos os dados referidos em (i).

As tarefas de utilização da modelação matemática de sistemas de águas residuais e pluviais carecem de conhecimentos e experiência específicos, nomeadamente em WAPUG (2002):

- requisitos de desempenho funcionais dos sistemas de águas residuais e pluviais;
- hidráulica dos escoamentos em colectores e outros componentes;
- hidrologia urbana;
- pressupostos e condições específicas de utilização da aplicação computacional utilizada;
- métodos de medição de caudais, e outras variáveis de interesse, e a sua exactidão;
- soluções de engenharia.

Estes modelos podem ser utilizados ao nível do planeamento, projecto e gestão dos sistemas de águas residuais e pluviais, constituindo, assim, instrumentos essenciais na implementação de uma abordagem integrada de reabilitação destes sistemas.

Os modelos podem ser usados para simulação, reproduzindo o comportamento de um sistema real, ou para previsão, sendo estimado o valor futuro de variáveis, com base em valores passados e presentes de variáveis características do sistema, prevendo o comportamento de um sistema proposto sujeito a solicitações seleccionadas.

De entre as utilizações mais comuns poderão destacar-se o apoio às seguintes actividades:

- **planeamento** – no estudo de desenvolvimentos estratégicos em planeamento dos sistemas de águas residuais e de águas pluviais. Neste caso os modelos não podem ser calibrados ou validados.
- **dimensionamento** da rede ou de órgãos especiais – os modelos permitem avaliar e comparar alternativas de projecto de novos sistemas e de expansão de sistemas existentes. Neste caso, baseiam-se em cenários e projecções, podendo ser usados alguns dados de outros sistemas de características semelhantes. Estes modelos não podem ser calibrados ou validados.
- **operação e manutenção** – no estudo de cenários de operação e manutenção alternativos, tanto em situação normal de funcionamento como para ocorrências excepcionais. Estes modelos devem basear-se em informação histórica devidamente tratada estatisticamente e devem ser calibrados e verificados utilizando, por exemplo, séries de precipitação, de caudal, ou resultados de campanhas de medição de curta duração.
- **reabilitação** – no diagnóstico das deficiências existentes, nomeadamente em termos hidráulicos e ambientais, no estudo de soluções correctivas e na avaliação de cenários de faseamento das intervenções. Estes modelos devem basear-se em informação histórica devidamente tratada estatisticamente e devem ser calibrados e verificados utilizando, por exemplo, séries de precipitação, de caudal, ou resultados de campanhas de medição de curta duração.

No Quadro 8.2 apresentam-se exemplos de objectivos de modelação em sistemas de águas residuais e pluviais, consoante a finalidade do modelo utilizado. Um modelo poderá ter múltiplas finalidades e, portanto, múltiplos objectivos (Walski *et al.*, 2007).

Quadro 8.2 – Exemplos de objectivos de modelação em sistemas de águas residuais e pluviais

Utilização do modelo	Exemplos de objectivos
Planeamento	Avaliação da capacidade de transporte dos caudais gerados na área servida (caudais máximos e mínimos) e de expansões planeadas a longo prazo. Determinação da localização e capacidade de novas instalações elevatórias.
Dimensionamento de novos sistemas	Determinação da melhor configuração dos colectores e condutas elevatórias. Determinação dos diâmetros e declives dos colectores, e características das bombas.
Operação e manutenção	Avaliação e melhoria de estratégias de operação de reguladores, por exemplo, estações elevatórias. Determinação de zonas propícias à deposição de sedimentos nas redes de colectores.
Reabilitação	Identificação de ocorrência de entrada em carga, de descargas de tempestade e de inundação. Avaliação dos impactos de melhorias a implementar no sistema resultantes de soluções de reabilitação.

Dependendo do tipo de modelo, pode ser mais ou menos relevante adoptar diferentes níveis de simplificação do modelo de um sistema. A simplificação dos sistemas deve ser norteada por critérios concretos para manter a resposta funcional do modelo em consonância com o sistema real (*e.g.*, colectores principais acima de dado diâmetro, descrição simplificada das bacias de drenagem contribuintes) embora mantendo elementos críticos (*e.g.*, câmaras de visita onde ocorram alterações topológicas, pontos de medição, colectores de descarga, estruturas com volume de armazenamento, elementos de regulação ou controlo).

A simplificação pode ter algumas vantagens na redução do tempo de recolha e verificação dos dados e do volume de dados a manipular e na minoração de erros associados à manipulação de grandes volumes de informação e aumento da facilidade na interpretação do funcionamento do sistema. Em termos da rede de colectores, podem ser considerados três tipos de simplificação (WAPUG, 2002):

- exclusão dos colectores de menor diâmetro das áreas periféricas (menores diâmetros) e consideração das aflúências nos colectores a jusante (*pruning*);
- junção de um conjunto de colectores consecutivos com a mesmas características num único colector (*merging*);

- substituição de uma rede complexa por outra com comportamento semelhante mas com resposta funcional idêntica (*equivalence*).

Os programas computacionais disponíveis actualmente incorporam já facilidades de interface potentes que facilitam significativamente as tarefas de construção, calibração e validação dos modelos.

O desenvolvimento do modelo deve ser devidamente documentado, para facilitar a identificação de simplificações ou condições de utilização específicas em usos posteriores. Dado que a modelação matemática implica a utilização de grandes volumes de dados, é recomendável a adopção de procedimentos adequados de qualidade para minimizar os erros.

A actividade de modelação deve ser estabelecida, aproveitando ao máximo os canais de informação existentes, os processos de aquisição e actualização de dados de outros sistemas (como o sistema de informação geográfica ou a telegestão), e os técnicos que os executam. Devem tomar-se todas as precauções para que haja consistência entre as representações do sistema nos vários sistemas de informação. A constituição de uma equipa de técnicos com formação em modelação que fique responsável por esta actividade é também um aspecto fundamental.

Naturalmente que, dado o esforço significativo associado à obtenção de todos os dados necessários e para que um modelo de um dado sistema possa ter uma utilização continuada, é essencial que a entidade gestora implemente processos e afecte recursos para que seja possível proceder ao complemento e actualização dos dados e proceder à calibração e validação para diferentes cenários.

8.4.2. Metodologia para desenvolvimento e utilização de modelos matemáticos

O desenvolvimento de modelos matemáticos com a finalidade de proceder à simulação funcional de sistemas de águas residuais e pluviais deverá ser abordado pelas entidades gestoras de uma forma estruturada e sistemática, que permita garantir o melhor aproveitamento possível do esforço e recursos investidos, tanto na geração da solução inicial como na manutenção do modelo.

Na Figura 8.9 apresenta-se o faseamento recomendado para o desenvolvimento de um modelo matemático para simulação funcional de sistemas de águas residuais e pluviais.

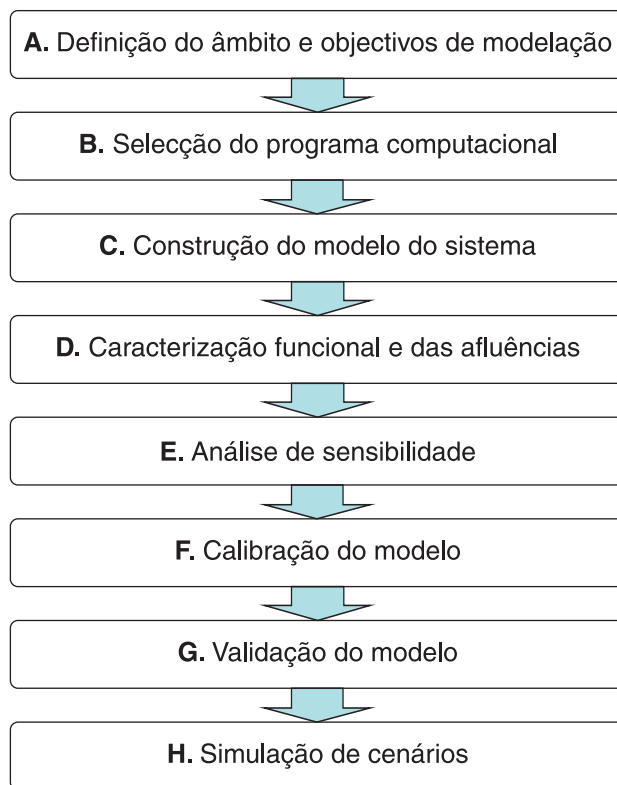


Figura 8.9 – Faseamento do desenvolvimento de um modelo

Seguidamente, sintetizam-se os principais objectivos e os resultados esperados de cada fase deste processo de desenvolvimento e utilização de modelos para apoio à reabilitação.

Fase A – Definição do âmbito e objectivos de modelação

Principais objectivos:

- definição da finalidade para o modelo e delimitação espacial do sistema a estudar (*e.g.*, o desenvolvimento do modelo de um sistema complexo pode ser feito de modo faseado, por sub-bacias que só são agregadas num único modelo numa etapa subsequente do desenvolvimento);
- identificação clara dos objectivos do modelo, incluindo o estabelecimento das utilizações preferenciais e prioritárias do modelo (*e.g.*, apoio à minimização de afluências indevidas). Nesta fase é importante definir se, por exemplo, o diagnóstico de um sistema se limita a aspectos hidráulicos ou se se

pretende incorporar aspectos de qualidade ou de transporte de sedimentos;

- estabelecimento da escala do modelo (macro, meso ou micro escala) e critérios de simplificação consoante o pormenor pretendido na análise, em função dos objectivos e dados necessários e disponíveis;
- estabelecimento do tipo de análise pretendida (por evento ou por séries de eventos), em função dos objectivos identificados.

Principais resultados:

- especificação do objecto do estudo, das utilizações prioritárias do modelo, dos objectivos, da escala e do tipo de análise a efectuar.

Fase B – Selecção do programa computacional

Principais objectivos:

- Selecção, entre os programas disponíveis, do que seja mais adequado para satisfazer os objectivos pretendidos e que seja consistente com os dados potencialmente disponíveis.

Principais resultados:

- especificação, aquisição ou obtenção, e instalação do programa seleccionado.

Fase C – Construção do modelo

Principais objectivos:

- recolha, sistematização e organização de todos os elementos existentes que permitam caracterizar a topologia do sistema tais como informação de cadastro das redes (incluindo cartas, ficheiros de SIG ou de bases de dados), relatórios de inspecções, elementos de projecto, ortofotomapas, informação histórica, dados de operação e exploração dos sistemas;
- estabelecimento dos critérios de simplificação do sistema, se adequado, garantindo a inclusão de todos os elementos importantes para manter a resposta do sistema, em função dos objectivos estabelecidos na Fase A.
- descrição física do sistema, incluindo colectores, câmaras de visita, descarregadores, de instalações elevatórias, de válvulas utilizadas para operação e outros componentes;

- execução de levantamentos complementares de dados prioritários eventualmente em falta;
- execução de testes de campo para estabelecimento de gamas para valores de parâmetros incluídos na formulação do modelo;
- estruturação dos dados para carregamento no modelo;
- caracterização das condições de fronteira, particularmente importante no caso de não serem consideradas partes do sistema no modelo;
- introdução das condições de fronteira no ficheiro computacional do modelo previamente criado;
- verificação e teste do modelo, nomeadamente, verificação da conectividade da rede no modelo relativamente à rede real, verificação das condições altimétricas em perfil longitudinal, execução de simulações de teste para aferição da estabilidade do modelo para diferentes tipos de afluentes (e.g., caudais de tempo seco ou diferentes tipos de afluentes pluviais) e verificação dos balanços de massa.

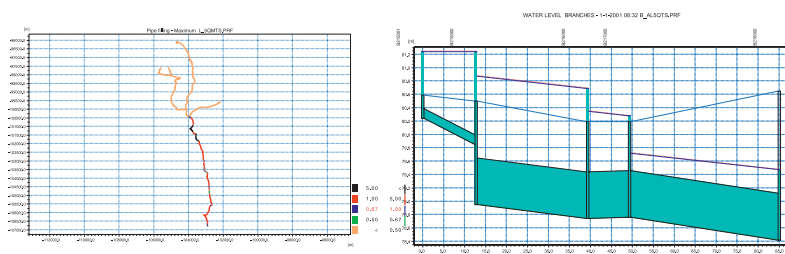


Figura 8.10 – Exemplo de planta e perfil longitudinal de um modelo

Principais resultados:

- ficheiro do modelo contendo a descrição física completa do sistema incluindo os *dados hidrológicos*, relativos às bacias drenantes e suas características (área, uso do solo, declive); *dados relativos à rede de colectores e seus acessórios e estruturas complementares* (e.g., descarregadores, saídas do sistema);
- relatório conciso descrevendo a forma como foram obtidos e processados os dados físicos inseridos no ficheiro computacional do modelo, eventualmente no formato de fichas técnicas de modelação.

Fase D – Caracterização funcional e das afluições ao sistema

Principais objectivos:

- especificação dos dados necessários, em função dos objectivos de modelação, para o teste, calibração e validação do modelo;
- caracterização das condições de fronteira e das condições iniciais do modelo;
- recolha ou execução de campanhas de medição, a fim de obter os dados de caudal em tempo seco, de afluições pluviais e de outros caudais afluentes ao sistema para caracterização das acções em pontos seleccionados do sistema;
- recolha ou execução de campanhas de medição para obtenção de dados para calibração e validação do modelo. Estes incluem caudais, níveis ou velocidade em pontos críticos do sistema (de acordo com a configuração do sistema e as características dos locais), e respectivos hietogramas, em locais seleccionados do sistema para permitir a calibração e validação quer do modelo hidrológico quer do modelo hidráulico;
- análise, processamento e formatação dos dados de precipitação, caudal, nível e velocidade para carregamento no modelo.
- análise estatística de dados de caudal de tempo seco, produção de padrões de caudal de tempo seco e tipificação de cenários;
- análise e processamento de dados relativos a eventos de precipitação e dos caudais respectivos no sistema;
- recolha de características de qualidade, se englobados no estudo;
- processamento dos dados para carregamento no modelo.

Principais resultados:

- ficheiros de dados relativos aos eventos de precipitação, ao caudal de tempo seco e aos caudais afluentes ao sistema no ficheiro computacional do modelo previamente criado;
- ficheiros de dados dos eventos de precipitação, de caudal e de nível ou velocidade para introdução no modelo previamente criado;

- relatório conciso descrevendo os resultados as características dos dados utilizados, a análise estatística e geração de padrões adimensionais, a tipificação de cenários de caudal de tempo seco, as características dos eventos de precipitação seleccionados (altura de precipitação, caudais, níveis, velocidades em vários pontos do sistema) e de condições iniciais e de fronteira (por ex., níveis de maré). O relatório deverá ainda documentar eventuais alterações relevantes a introduzir ao modo de obtenção deste tipo de informação pela entidade gestora.

Fase E – Análise de sensibilidade

Principais objectivos:

- avaliar a sensibilidade do modelo aos diversos parâmetros, determinando como é que os resultados do modelo variam com as alterações nos parâmetros, dentro das gamas de valores expectáveis.

Principais resultados:

- tabelas ou gráficos que representam a variação dos vários resultados do modelo em função de variações conhecidas nos parâmetros, apoiando o processo de calibração.

Fase F – Calibração do modelo

Principais objectivos:

- calibração do modelo, ou seja, comparação dos resultados do modelo com as observações no sistema, procedendo ao ajuste dos valores dos parâmetros do modelo até cumprimento dos critérios pré-estabelecidos para avaliação do ajustamento dos valores simulados aos observados (*e.g.*, erros relativos máximos dos volumes e dos picos dos hidrogramas, semelhança das formas dos hidrogramas real e simulado). O método mais comum é o de tentativa e erro, embora também sejam utilizados a eliminação progressiva e algoritmos de optimização.

Principais resultados:

- versões calibradas e funcionais do modelo, de acordo com os cenários seleccionados previamente;
- relatório conciso descrevendo o processo de calibração do modelo, os critérios adoptados e os erros e resultados obtidos.

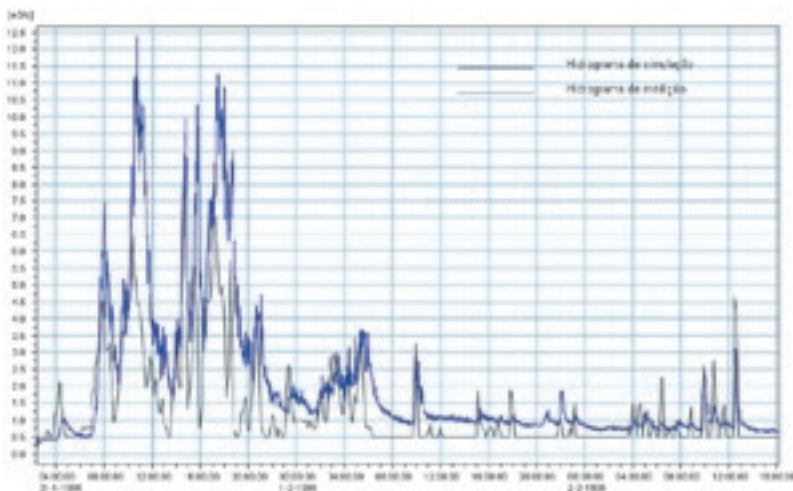


Figura 8.11 – Exemplo de resultados da fase de calibração

Fase G – Validação do modelo

Principais objectivos:

- aferição da robustez da calibração efectuada, efectuando simulações em que não são alterados os parâmetros do modelo mas com um conjunto de eventos observados distinto dos utilizados na calibração. Os desvios são quantificados com os mesmos critérios usados na calibração.

Principais resultados:

- versões validadas e plenamente funcionais do modelo, de acordo com os cenários seleccionados previamente;
- relatório conciso descrevendo o processo de validação do modelo, os critérios adoptados e os erros e resultados obtidos.

Fase H – Simulação de cenários

Principais objectivos:

- obtenção de informação sobre o funcionamento do sistema, para diferentes situações, como sejam, para comparação de soluções alternativas de projecto, operação, manutenção e reabilitação, para previsão do funcionamento do sistema, para possíveis evoluções das afluências ao sistema (*e.g.*, aumento do número de habitantes, ligações a outros sistemas), quantificação através do modelo hidrológico dos hidrogramas de caudal

das bacias drenantes que afluem à rede de colectores, efeitos de problemas potenciais no sistema (*e.g.*, obstruções)

Principais resultados:

- ficheiros e gráficos de resultados relativos aos cenários e situações simuladas; resultados sectoriais do modelo hidrológico, incluindo os hidrogramas de caudal que afluem das diversas bacias drenantes à rede de colectores; resultados do modelo hidráulico, que incluem séries temporais de caudais, de alturas de água e de velocidades nos colectores e em estruturas especiais, tais como bombas e descarregadores; e resultados do modelo de qualidade da água, que podem fornecer concentrações de poluentes no sistema e cargas lançadas para o meio receptor;
- relatório relativamente aos cenários estabelecidos e resultados obtidos, incluindo o processamento e análise desses resultados.

8.4.3. Principais dados necessários e resultados produzidos

Os dados necessários para a construção e calibração de um modelo de simulação são:

- dados que descrevem as características dos componentes físicos do sistema, tais como colectores, câmaras de visita, estações elevatórias, bacias de retenção, câmaras de peróxido, câmara de descarga, descarregadores de tempestade, válvulas, saídas do sistema, incluindo a referenciação de coordenadas, cotas dos nós que os definem, identificação das ligações, comprimento, dimensões, material;
- dados hidrológicos, relativos às bacias drenantes e suas características (área, uso do solo, declive);
- dados hidráulicos relativos aos coeficientes de atrito, curvas de bombas;
- dados de qualidade das águas residuais, relativos a concentrações de poluentes e de sedimentos;
- dados das solicitações ao sistema relativos à precipitação e aos caudais (caudais domésticos, infiltração), que reproduzem o melhor possível a distribuição espacial e o comportamento temporal, para os cenários a analisar;

- dados de condições de fronteira, tais como a variação de níveis no meio receptor (incluindo o efeito de maré);
- dados de calibração relativos aos valores medidos de precipitação, caudal, nível, velocidade; e
- dados sobre o funcionamento operacional do sistema, que reflectem o modo como os seus componentes controláveis (*e.g.*, válvulas e grupos elevatórios) são operados para os vários cenários de funcionamento.

Os principais resultados de um modelo de simulação são (Cardoso *et al.*, 2007):

- os resultados sectoriais do modelo hidrológico, incluindo os hidrogramas de caudal que afluem das diversas bacias drenantes à rede de colectores;
- os resultados do modelo hidráulico, que incluem séries temporais de variáveis hidráulicas do escoamento tais como caudais, alturas de água e velocidades nos colectores, nas câmaras de visita e em estruturas especiais, tais como bombas e descarregadores; e
- os resultados do modelo de qualidade da água, que podem fornecer concentrações de poluentes no sistema e cargas lançadas para o meio receptor.

As actuais aplicações computacionais permitem apresentar os resultados sob a forma de gráficos (Figura 8.12), tabelas (Figura 8.13), ou com representações geo-referenciadas (Figura 8.14).

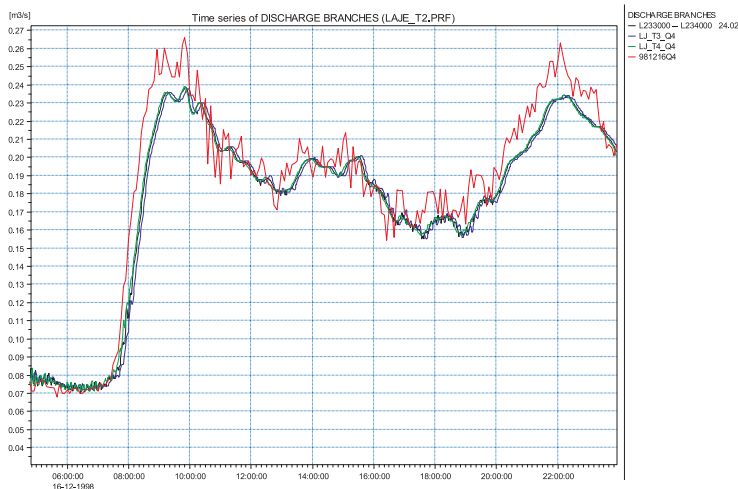


Figura 8.12 – Exemplo de resultados de modelação na forma gráfica

	Date/Time	SWMM101 (SWMM101 -> SWMM101) 0.00	SWMM101 (SWMM101 -> SWMM101) 101.79	SWMM101 (SWMM101 -> SWMM101) 775.98	SWMM101 (SWMM101 -> SWMM101) 98.98	SWMM101 (SWMM101 -> SWMM101) 986.19
1	1-4-1004 00:30:30	70.300	631.30	68.775	71.275	71.200
3	1-4-1004 00:15:30	70.313	630.68	68.868	71.430	71.367
5	1-4-1004 00:30:30	70.479	630.15	68.976	71.436	71.695
6	1-4-1004 00:30:30	70.446	630.96	68.964	71.431	71.694
10	1-4-1004 00:30:30	70.347	630.62	68.965	71.417	71.681
13	1-4-1004 00:45:30	70.340	630.67	68.967	71.412	71.680
7	1-4-1004 01:30:30	70.343	630.68	68.942	71.406	71.666
9	1-4-1004 01:30:30	70.412	630.66	68.946	71.400	71.661
8	1-4-1004 01:30:30	70.437	630.62	68.937	71.394	71.656
15	1-4-1004 01:30:30	70.454	630.79	68.930	71.388	71.654
11	1-4-1004 01:30:30	70.334	630.76	68.942	71.380	71.671
12	1-4-1004 01:30:30	70.329	630.74	68.937	71.381	71.670
17	1-4-1004 02:30:30	70.427	630.72	68.930	71.379	71.668
16	1-4-1004 02:30:30	70.426	630.71	68.930	71.376	71.666
18	1-4-1004 01:15:30	70.458	630.710	68.930	71.371	71.664

Figura 8.13 – Exemplo de resultados de modelação na forma de tabela

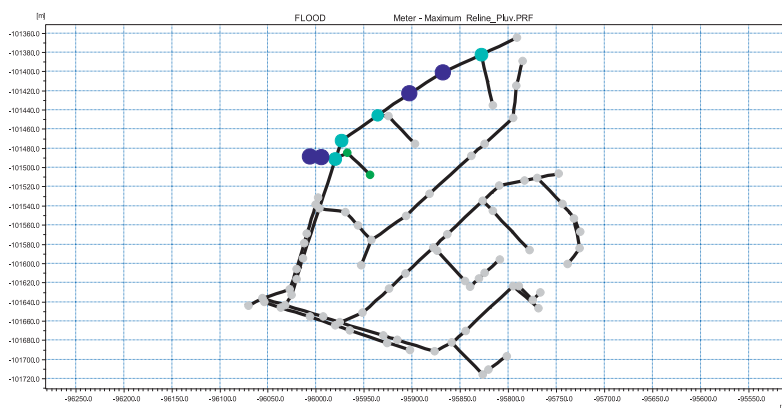


Figura 8.14 – Exemplo de resultados de modelação na forma de representação espacial

8.4.4. Principais aplicações computacionais disponíveis

Actualmente existe grande acessibilidade a *hardware* e *software* adequado ao desenvolvimento deste tipo de modelos. De facto, presentemente, qualquer computador pessoal tem capacidade para acomodar um modelo de uma rede de dimensões e complexidade consideráveis. Por outro lado, a par do *software* comercial, existe *software* específico para o desenvolvimento de modelos, com grande qualidade, e que se encontra disponível gratuitamente. É o caso do programa SWMM, desenvolvido pela *U.S. Environmental Protection Agency* (USEPA, 2005).

Este programa tem as seguintes vantagens:

- adequa-se bem às necessidades actuais de simulação dos sistemas de águas residuais e de águas pluviais;
- é fiável, bem documentado e beneficia de recursos de consulta importantes, como um *newsgroup* muito participado pelos melhores especialistas mundiais;
- é de utilização livre e gratuita, não havendo quaisquer restrições ao seu uso;
- dispõe de capacidades para simulação do transporte de poluentes na superfície da bacia de drenagem e no interior da rede de colectores;
- o formato de dados é lido pelos principais simuladores do mercado – os modelos desenvolvidos neste *software* podem eventualmente vir a ser transferidos com facilidade para outro *software*, se for opção da entidade gestora vir a adquirir, numa fase posterior, um simulador diferente.

A opção pelo SWMM permite uma abordagem simples e imediatamente disponível ao desenvolvimento dos modelos, sem custos de aquisição, potenciando toda a fase de aprendizagem e formação do *know-how* interno da entidade gestora, sem prejuízo de mais tarde ser tomada uma decisão de cariz mais definitivo, que poderá indicar a manutenção do mesmo *software* ou a opção por um outro, em função da evolução dos principais sistemas de informação da entidade gestora (*e.g.*, sistema de telegestão, sistema de informação geográfica, sistema de clientes) e da oferta de alternativas existente no mercado.

A experiência adquirida com o desenvolvimento e utilização em ambiente operacional são fundamentais para a procura das melhores soluções tecnológicas. A escolha do *software* de simulação deverá ser sempre objecto de revisão periódica a cada 3 a 5 anos, em função dos aspectos acima referidos e do desempenho obtido (Coelho *et al.*, 2006). A escolha deve atender às necessidades e o contexto específico da entidade, mas não deve deixar de ter em conta os seguintes aspectos:

- o ambiente de modelação (*e.g.*, facilidade de construção de cenários, controlo de versões do modelo, facilidade de criar relatórios à medida, capacidade de partilha entre utilizadores);
- tipo de simulador hidráulico (*e.g.*, fiabilidade e robustez do método de resolução de equações, fiabilidade e robustez do código respectivo, velocidade de cálculo);

- capacidades básicas do simulador hidráulico (*e.g.*, simulação por evento, simulação contínua ou de séries temporais);
- capacidades complementares do simulador (*e.g.*, simulação de regras de operação, consideração de secções transversais não normalizadas e definidas pelo utilizador);
- compatibilidade com sistemas de informação geográficos (*e.g.*, capacidade de importação e de exportação; capacidade de utilização integrada com SIG, marcas e versões de SIG para as quais essas capacidades existem);
- facilidade de ligação a outros sistemas de informação (*e.g.*, SCADA, bases de dados de medição, sistemas de manutenção, sistemas de clientes);
- manutenção do *software* (*e.g.*, provas dadas de utilizações anteriores, garantia de apoio, actualização das versões);
- compatibilidade do simulador com outros simuladores para facilidade de migração ao longo do tempo, bem como de comunicação com consultores e projectistas (*e.g.*, capacidade de importação e de exportação de dados físicos, de solicitações e de controlos operacionais de/para outros simuladores, em particular o SWMM);
- preço de aquisição, de manutenção e de actualização com novas versões.

Existe no mercado uma oferta alargada de programas, tais como, por exemplo:

- **InfoSewer** (Solutions Geospatial, ArcGIS), **InfoSWMM** (ArcGIS), **H₂OMap SWMM** (Solutions Geospatial), **H₂OMap SEWER** (GIS), **H₂Onet** (Solutions AutoCAD); **H₂OView SEWER** e **InfoView SEWER** (solução web) (MWHSoft)
[<http://www.mwhsoft.com>]
- **MikeUrban** (DHI Software)
[<http://www.dhigroup.com/Software/Urban/MIKEURBAN.aspx>]
- **InfoWorksTM CS** (Wallingford Software)
[<http://www.wallingfordsoftware.com>]
- **SewerCAD, StormCAD, CivilStorm, SewerGEMS** (AutoCAD, ArcGIS) (Bentley)
[<http://www.bentley.com>]

- **MIDUSS** (Alan A. Smith Inc.)
[<http://www.miduss.com>]

Não se pretende que esta lista seja exaustiva e não deve, em circunstância alguma, ser interpretada como uma recomendação. As características destes programas variam significativamente de caso para caso. Por se tratar de um mercado em permanente evolução, onde os fornecedores oferecem com frequência novas versões com potencialidades diferentes, é indispensável proceder, caso a caso, a uma consulta alargada e a uma comparação criteriosa.

8.5. Instrumentos e técnicas de avaliação de desempenho

8.5.1. Objectivos da avaliação de desempenho

A avaliação de desempenho dos sistemas de águas residuais e pluviais constitui um dos pilares de uma abordagem integrada de reabilitação, nas diversas fases deste processo, em qualquer um dos três níveis de planeamento.

A avaliação do desempenho constitui um meio de quantificar de uma forma objectiva as potencialidades e as deficiências dos sistemas, constituindo um suporte para a adopção de medidas correctivas de reabilitação, para além de permitir estabelecer comparações independentes e em base normalizada. Desta forma, constitui um instrumento que permite apoiar a identificação de necessidades de reabilitação, a selecção de estratégias e opções de reabilitação e de prioridades de investimento, assim como a selecção de novos projectos (Cardoso, 2008).

Desta forma, o recurso a medidas de desempenho permite explicitar de modo claro quais são os objectivos e metas a atingir; a avaliação do desempenho actual e a previsão do desempenho futuro dos sistemas permite efectuar diagnósticos dos problemas existentes e antecipar outros problemas; a previsão do desempenho correspondente a medidas alternativas de intervenção, permite fundamentar a selecção das soluções a implementar; a monitorização dos planos estratégicos, táticos e operacionais, recorrendo à avaliação real do desempenho e da sua comparação com as metas estabelecidas, permite identificar desvios, assim como seleccionar e implementar medidas de melhoria.

Geralmente, as medidas de desempenho são agrupadas em três categorias (Alegre, 2007):

- **Indicadores de desempenho (ID)**, que são medidas quantitativas de eficiência ou de eficácia da actividade de uma entidade gestora, resultantes de uma combinação algébrica de diversas variáveis; podem ser adimensionais (*e.g.*, em %) ou expressar intensidade (*e.g.*, em €/m³) mas não extensão (*e.g.*, m³/ano) e são calculadas com base em registos históricos.
- **Índices de desempenho (IndD)**, que são medidas resultantes da combinação de medidas de desempenho elementares (*e.g.*, indicadores de desempenho, níveis de desempenho) ou da aplicação de instrumentos de análise (*e.g.*, modelos de cálculo de eficiência de custos, modelos de simulação hidráulica). Estes destinam-se de, uma forma geral, a sintetizar várias perspectivas de análise numa única medida.
- **Níveis de desempenho (ND)**, que são medidas de desempenho de natureza qualitativa, expressas em categorias discretas (*e.g.*, excelente, bom, insatisfatório). Em geral são adoptadas quando não é viável calcular medidas quantitativas.

8.5.2. Estabelecimento de um sistema de avaliação de desempenho para apoio à reabilitação

A metodologia geral para estabelecimento e implementação de um sistema de avaliação de desempenho para apoio à reabilitação apresenta-se na Figura 8.15. Esta metodologia, nos seus princípios gerais, é aplicável a cada um dos três níveis de planeamento e a qualquer das utilizações pretendidas, podendo recorrer a qualquer um dos três tipos de medidas de desempenho: indicadores, índices e níveis (ver 5.3).

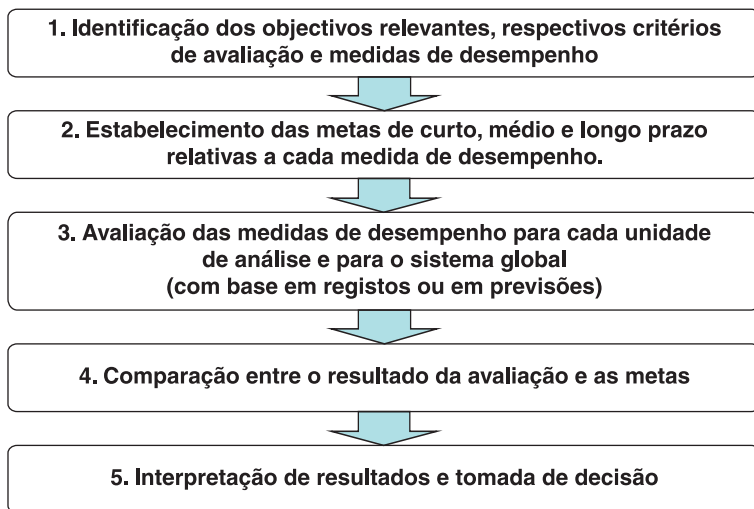


Figura 8.15 – Etapas de implementação do sistema de avaliação de desempenho das componentes de uma infra-estrutura

Aspectos a considerar na Etapa 1

Esta etapa consiste na identificação clara dos objectivos pretendidos e dos respectivos critérios de avaliação, por forma a seleccionar as medidas de avaliação de desempenho a adoptar. As medidas de desempenho devem ser as apropriadas, ou seja, devem permitir seleccionar correctamente o que se deve medir, para que se possa efectivamente avaliar o processo, permitir efectuar uma acção correctiva sobre os resultados e obter previsões fiáveis dos efeitos de alterações a implementar (Cardoso, 2008).

Os indicadores de desempenho (ID) constituem o tipo de medida privilegiado, em particular para efeitos de diagnóstico dos problemas actuais e monitorização da implementação dos planos de reabilitação. De entre os diversos sistemas de indicadores publicados, destaca-se o sistema de indicadores de desempenho da International Water Association (IWA) (Matos *et al.*, 2003), por constituir um quadro de referência onde os indicadores de desempenho são claramente definidos e se encontram estruturados de forma a satisfazer as necessidades comuns dos principais tipos de utilizadores, com especial ênfase para as entidades gestoras de sistemas de águas residuais e pluviais. Este sistema de indicadores de desempenho pretende, para além de cobrir todos os aspectos relevantes do desempenho das entidades gestoras, constituir uma referência internacional que permita futuras comparações com outros sistemas e entidades.

Na implementação do sistema de indicadores, as entidades gestoras devem realizar um processo de selecção dos indicadores de desempenho, de acordo com os objectivos estabelecidos. As fases do processo de reabilitação que requerem a previsão do desempenho futuro e a previsão do desempenho relativo a diferentes alternativas de intervenção envolvem, também, o cálculo de índices para avaliação do desempenho técnico.

O sistema de avaliação de desempenho deve ser criteriosamente estabelecido e testado de modo a garantir-se robustez e perenidade. As metas poderão ser alteradas de ano para ano, mas o modo de avaliar o desempenho deverá ser tão estável quanto possível, para que o registo histórico a criar seja coerente.

Aspectos a considerar na Etapa 2

A fixação de metas deve basear-se, prioritariamente, nos requisitos legais, contratuais ou regulatórios existentes. Em seguida, deve ter-se em conta o desempenho na situação de partida, valores de referência de outros casos comparáveis e a capacidade real de intervir, em termos dos recursos disponíveis ou disponibilizáveis. As metas devem ser exigentes, mas realistas. Por esta razão, a fixação de metas é por natureza um processo iterativo. Os resultados da monitorização são indispensáveis para aferir a capacidade de cumprimento das metas e, se necessários, para as ajustar.

Aspectos a considerar na Etapa 3

Nesta etapa procede-se ao cálculo das medidas de desempenho seleccionadas na etapa 2, com base na informação necessária recolhida. Os resultados obtidos deverão ser integrados no registo histórico dos sistemas, áreas de análise ou componentes a que se referem, e ser calculados com a periodicidade que for considerada como a mais adequada.

O cálculo de indicadores de desempenho com base em **registos** requer a recolha de dados, a avaliação da respectiva fiabilidade e exactidão e a aplicação da expressão de cálculo do indicador.

O cálculo de índices ou de indicadores com base em **previsões** requer, em geral, o uso de instrumentos e técnicas complementares, tais como o recurso à modelação matemática e à previsão de falhas.

No processo de avaliação do desempenho é importante **normalizar** e **automatizar** os procedimentos tanto quanto possível, de modo a minimizar o tempo de recolha e processamento de dados e

cálculo das medidas. Os **procedimentos** de recolha de informação e cálculo das medidas de desempenho deverão estar claramente definidos, preferencialmente de forma escrita, incluindo a atribuição de responsabilidades sobre quem executa cada tarefa.

Aspectos a considerar nas Etapas 4 e 5

A comparação entre os resultados da avaliação e as metas estabelecidas permite identificar problemas, desvios e oportunidades de melhoria. A interpretação dos resultados, deve ser devidamente contextualizada com outros factores de decisão eventualmente existentes (*e.g.*, de ordem política, condicionantes de funcionamento), permite tomar as decisões de intervenção de modo sustentado. Nos capítulos 5, 6 e 7 exemplifica-se como estas etapas podem ser realizadas.

8.5.3. Indicadores de desempenho

Qualquer que seja o sistema de indicadores de desempenho a adoptar pela entidade gestora e, em particular, para apoio à reabilitação, deverá cumprir as recomendações preconizadas pela IWA (Alegre *et al.*, 2006), cujos princípios gerais foram adoptados nas normas ISO 24510:2007(E) (ISO, 2007a) e ISO 24511:2007(E), e que constituem também a base dos sistemas de indicadores de desempenho da ERSAR (Baptista *et al.*, 2008).

Segundo Alegre *et al.* (2006), os sistemas de indicadores de desempenho devem ser constituídos por indicadores de desempenho, por variáveis (*i.e.*, dados usados no cálculo dos indicadores), por informação de contexto (*i.e.*, informação sobre os aspectos que podem condicionar o valor dos indicadores utilizados, mas que não dependem de acções de gestão de curto prazo) e por factores explicativos (*i.e.*, indicadores, variáveis ou outros dados que ajudem a interpretar os valores dos indicadores e a identificar medidas de melhoria). A Figura 8.16 apresenta esquematicamente as componentes do sistema de indicadores de desempenho da IWA e os fluxos de dados que ocorrem.

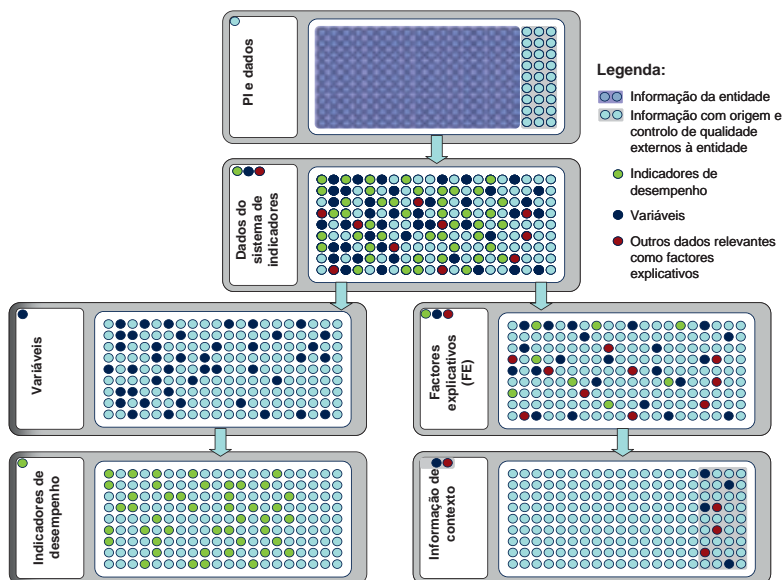


Figura 8.16 – Sistema de indicadores de desempenho da IWA (Alegre, 2007)

A selecção dos indicadores deve cumprir um conjunto de requisitos relativos a cada indicador, individualmente, e relativos ao conjunto de indicadores.

Individualmente, cada indicador requer:

- definição rigorosa, com atribuição de significado conciso e interpretação inequívoca;
- possibilidade de cálculo pela globalidade dos operadores sem esforço adicional significativo;
- possibilidade de verificação por entidades independentes, o que assume especial importância se se destinarem à utilização por entidades reguladoras, que poderão requerer a realização de auditorias externas;
- simplicidade e facilidade de interpretação;
- medição quantificada, objectiva e imparcial sob um aspecto específico do desempenho do operador, de modo a evitar julgamentos subjectivos ou distorcidos.

Colectivamente, os indicadores devem ser definidos de forma a garantir os seguintes requisitos:

- adequação à representação dos principais aspectos relevantes do desempenho da entidade gestora, permitindo uma representação global;

- ausência de sobreposição em significado ou em objectivos entre indicadores;
- referência ao mesmo período de tempo (um ano é o período de avaliação recomendado);
- referência à mesma zona geográfica, que deve estar bem delimitada e coincidir com a área de intervenção do operador relativa ao serviço em análise;
- referência a um determinado período de tempo (um ano é o período de avaliação recomendado, embora em certos casos outras unidades temporais possam ser mais adequadas);
- aplicabilidade a entidades gestoras com características e graus de desenvolvimento diversos.

Cada indicador e cada variável devem ser claramente definidos. No Quadro 8.3 ilustra-se uma forma de apresentação de um indicador, na forma de uma ficha onde consta o código, a designação, uma descrição, a expressão de cálculo, as unidades e informação adicional relativa a definições ou a aspectos a ter em conta na interpretação.

Quadro 8.3 – Exemplo de ficha de definição de indicador de desempenho

wOp21 – Reabilitação de colectores (%/ano)
(Comprimento de colectores reabilitados durante o período de referência x 365 / período de referência) / comprimento total de colectores na data de referência x 100 $wOp21 = (wD25 \times 365 / wH1) / wC1 \times 100$ wC1 – Comprimento total da rede de colectores (km) wD25 – Colectores reabilitados (km) wH1 – Duração do período de referência (dia)
Note-se que " x 365 / duração do período de referência" é uma expressão de conversão de unidades e não deve ser utilizada para extrapolações. Este indicador pode ser calculado para períodos inferiores a um ano ciente de que se pode incorrer em erros de interpretação pelo que se considera recomendável dispor de informação das variáveis para períodos de pelo menos um ano. Se o período de referência utilizado for inferior ao ano, as comparações internas devem ser feitas com prudência e devem ser evitadas comparações com entidades externas.
N.A.: Este indicador integra o sistema de avaliação desempenho da ERSAR.

Os indicadores do sistema da IWA estão estruturados em grupos independentes dos objectivos para que são usados e das características específicas da organização onde são adoptados: indicadores ambientais, recursos humanos, operacionais, infra-estruturais, de qualidade de serviço e económico-financeiros (Matos *et al.*, 2003).

Esta estrutura foi adoptada de modo a conferir universalidade e flexibilidade de uso.

Os sistemas de indicadores de desempenho da IWA constituem um sólido ponto de partida para selecção de indicadores de apoio à reabilitação, uma vez que, para além de cumprirem os requisitos atrás apresentados, contêm diversos indicadores relevantes para a avaliação do desempenho das infra-estruturas, em especial nos grupos “Qualidade de serviço”, “Operacionais” e “Infra-estruturais”. Cabe aos utilizadores estruturarem as medidas de desempenho seleccionadas de acordo com os respectivos objectivos. Os utilizadores poderão ainda adaptar ou complementar os indicadores da IWA, de acordo com as suas necessidades.

O sistema de avaliação da qualidade de serviço implementado pela ERSAR baseia-se no sistema de indicadores de desempenho da IWA.

O sistema CARE-S (apresentado em 8.9.2 e 8.9.3) recomenda um sistema de indicadores de desempenho para apoio à reabilitação de sistemas de águas residuais e pluviais que adopta um subconjunto dos indicadores da IWA, complementando-o com outros considerados relevantes. No Anexo III inclui-se a lista de indicadores de desempenho do sistema CARE-S.

8.5.4. Utilização de índices para avaliação do desempenho técnico

O sistema de indicadores de desempenho pode ser complementado com a utilização de metodologias de avaliação do desempenho técnico, baseadas em índices de desempenho.

O objectivo da abordagem de avaliação do desempenho técnico é a adopção de um procedimento sistemático e normalizado que permita medir o desempenho presente ou passado e, ainda, prever desempenho futuro de um sistema ou dos seus elementos, sob pontos de vista considerados relevantes, e para diferentes condições de funcionamento ou de alternativas de intervenção.

Desta forma é possível estabelecer comparações do desempenho entre diferentes sistemas; analisar a evolução do desempenho dos sistemas ao longo do tempo, identificando em que situações e quando é necessário proceder a intervenções nos sistemas; avaliar os benefícios técnicos, comparando as soluções de intervenção, operação e reabilitação; comparar o desempenho técnico de diferentes soluções de projecto e apoiar os processos de tomada de decisão com base em informação mais estruturada e sintética do que tradicionalmente.

A metodologia de avaliação de desempenho técnico consiste na selecção, definição, cálculo, representação gráfica e interpretação de índices de desempenho técnico.

Os índices de desempenho técnico permitem avaliar o comportamento de cada elemento ou subsistema de um sistema em análise (consoante a escala de aplicação), comparando-o com valores de referência, para cada um dos pontos de vista seleccionados, tais como o hidráulico, ambiental, estrutural, sócio-económico ou outros. Para cada ponto de vista escolhido é necessário definir os critérios de avaliação, os objectivos precisos e a forma de os expressar, identificando as variáveis de estado que os possam representar.

Estas medidas podem ser obtidas com base em dados de monitorização ou de modelação da rede em análise, variando espacialmente (de elemento para elemento da rede) e temporalmente (em função das solicitações ao sistema). Uma vez definidos os índices, é usada uma *função de desempenho* para transformar os valores que estes tomam em valores de desempenho. Esta função pode ser definida pelo utilizador, consoante os requisitos de desempenho que estabelece para o seu sistema. A classificação de desempenho pode variar entre o valor máximo correspondente ao desempenho óptimo e um valor mínimo correspondente a falha de serviço¹.

Consoante o tipo de informação e os dados disponíveis, a análise pode ser efectuada à escala da bacia, sistema ou subsistema (quando a informação é global ou proveniente de dados de monitorização) ou à escala do elemento ou colector (quando a informação é detalhada ou proveniente de dados de modelação).

Através desta metodologia são produzidos valores do desempenho para o sistema como um todo. No caso dos dados de monitorização, por serem valores discretos no espaço, pode elaborar-se uma tabela de valores de desempenho, referentes a um período de referência para cada aspecto a analisar, ou obter-se a evolução temporal do desempenho.

Na análise ao nível do elemento, obtêm-se valores de desempenho para cada elemento do sistema resultando, por um lado, um valor global que é obtido através de um operador específico, traduzido

¹ Nos trabalhos publicados têm vindo a ser usadas escalas diversas: 1 a 4, 0-100% ou 0-300.

por uma função de generalização, e representa o desempenho global da rede; por outro lado, obtém-se uma população de valores elementares que se presta a um tratamento estatístico básico. Estes dois tipos de valores são combinados graficamente em diagramas em que o desempenho técnico do sistema é traçado contra uma gama de condições operacionais, como por exemplo um determinado período de tempo, diferentes períodos de retorno ou um conjunto de factores multiplicativos da solicitação média ou de projecto do sistema.

Os resultados obtidos através da simulação são fornecidos, seja “por cada elemento (colector ou descarga) durante um período de tempo”, seja “para todos os elementos do sistema (colectores ou descargas) num determinado instante de tempo”. Os gráficos de desempenho, quer de sistema, quer de evento, permitem conjugar a informação bidimensional “variação no espaço *versus* variação no tempo” de todo o sistema em análise, durante todo o período de tempo, condensando a informação, qualquer que seja a dimensão do sistema e a duração da análise, apresentando vantagens adicionais relativamente à utilização directa da modelação.

A interpretação dos resultados da avaliação deve ser efectuada para cada índice, tendo em conta a escala de classificação de desempenho, a função de desempenho estabelecida e, no caso da análise elementar, a função de generalização adoptada.

Os instrumentos de avaliação do desempenho têm um papel fundamental no contexto da reabilitação, na medida em que permitem quantificar o desempenho previsível dos sistemas ao longo do ciclo de vida das suas componentes.

A metodologia de avaliação do desempenho técnico de sistemas de águas residuais e pluviais, que se descreve, foi desenvolvida com base nos conceitos desenvolvidos e aplicados ao estudo dos sistemas de distribuição de água. Os fundamentos foram criados e utilizados por Alegre (1992). Seguidamente a metodologia foi desenvolvida e formalizada para os sistemas de distribuição de água por Coelho (1997) e por Coelho e Alegre (1999), sendo posteriormente desenvolvida para os sistemas de águas residuais e pluviais por Cardoso (2008).

Cardoso (2008) definiu os princípios e o enquadramento geral, e desenvolveu, em particular, os domínios de avaliação hidráulica e ambiental. As propriedades do sistema que estabeleceu para avaliação são a capacidade hidráulica, a condição de auto-limpeza, as afluências indevidas quer por ocorrência de infiltração quer de contribuições de origem pluvial à rede doméstica, as descargas

directas para o meio receptor provenientes de excedentes de sistemas unitários em tempo de chuva, a exfiltração e a septicidade.

Para a avaliação do desempenho técnico dos sistemas de águas residuais, incluindo os unitários, foram definidas vinte e seis medidas de desempenho, das quais onze dizem respeito à avaliação no domínio hidráulico e quinze no domínio ambiental. Destas medidas, devem ser seleccionadas as que são relevantes sob o ponto de vista da análise, tendo em atenção que as medidas propostas podem fornecer informação que se complementa, relativamente ao desempenho do sistema, pelo que a análise e interpretação dos resultados não deve ser realizada individualmente, mas utilizando o conjunto das medidas seleccionadas, interpretando os seus resultados de uma forma conjunta e integrada.

Como exemplo, relativamente à avaliação da capacidade hidráulica, da condição de auto-limpeza e da condição de septicidade, Cardoso (2008) explorou o uso das seguintes variáveis de estado, respectivamente, adoptando uma função de desempenho e uma função de generalização para cada uma:

- altura de escoamento (h);
- velocidade média de escoamento nos colectores (v);
- parâmetro de Pomeroy (Z_p).

A Figura 8.17 apresenta as funções de desempenho propostas por Cardoso (2008) para as variáveis de estado “altura de escoamento” e “velocidade de escoamento” (em sistemas separativos domésticos) e “Parâmetro de Pomeroy”.

A função de desempenho para a altura de escoamento, por exemplo, considera que o desempenho do sistema é óptimo (4) para alturas do escoamento inferiores a 75% da altura do colector. O limite de aceitabilidade (2) corresponde à altura de escoamento que iguala o diâmetro do colector, significando que o escoamento começa a fazer-se sob pressão, o que deve ser evitado para garantir a ventilação dos colectores e o arejamento da massa líquida. Uma vez que os colectores têm, em geral, capacidade de acomodar alguns caudais excessivos, funcionando sob pressão (embora tal não seja desejável), considera-se que o desempenho baixa linearmente até zero, quando atinge a cota do terreno. Neste caso, o sistema extravasa para a superfície da bacia, dando lugar a inundação, caso que nunca deverá ocorrer em sistemas separativos domésticos e que corresponde a uma grave falha de serviço.

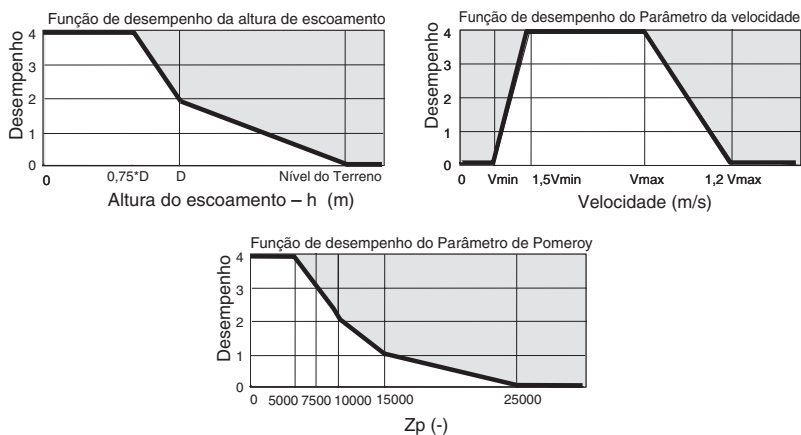


Figura 8.17 – Exemplos de funções de desempenho

Para cada cenário de operação em análise, o desempenho global do sistema é calculado para todas as variáveis de estado seleccionadas, recorrendo a uma função de generalização:

$$P = W(P_i) = \sum_{i=1}^n (w_i \cdot p_i)$$

onde:

- P*: valor de desempenho global;
- W*: função de agregação dos valores elementares;
- w_i*: peso relativo do elemento *i*;
- p_i*: valor do desempenho no elemento *i*.

Estas funções podem variar com a variável de estado. As funções de generalização que têm sido mais frequentemente usadas são médias ponderadas, adoptando pesos tais como o caudal de secção cheia do colector, o volume do colector ou outros.

O Quadro 8.4 mostra, a título ilustrativo, os objectivos e as funções de generalização usadas no caso de estudo do sistema separativo doméstico da Quinta do Borel, na Amadora, relativamente à avaliação da capacidade de escoamento e da condição de auto-limpeza do sistema (Cardoso *et al.*, 2007).

Quadro 8.4 – Objectivos relativos à avaliação da capacidade de escoamento e da condição de auto-limpeza do sistema

Objectivo	Elemento	Variável de estado	Função generalizadora	
			Tipo	Peso
Cumprir os requisitos regulamentares da altura de escoamento	colector	Altura de escoamento	Média ponderada	caudal de secção cheia x comprimento do colector
Cumprir os requisitos regulamentares de velocidade mínima	colector	Velocidade de escoamento	Média ponderada	Diâmetro x comprimento do colector
Cumprir os requisitos regulamentares de velocidade máxima	colector	Velocidade de escoamento	Média ponderada	Diâmetro x comprimento do colector

Os resultados obtidos através da metodologia descrita podem ter as formas seguintes:

- ao longo do tempo – *gráfico de desempenho de evento*, em que se utiliza um intervalo de modelação reflectindo um evento ou conjunto de eventos em análise. Este gráfico representa a variação da média dos valores de desempenho no tempo, calculados através da função de generalização. Com base nos valores elementares, é também possível representar as bandas de variação dos valores de desempenho, que dão indicação sobre a variação do desempenho no espaço, expressas através de percentis, conforme ilustrado na Figura 8.15(a);
- relativa a solicitações definidas – *gráfico de desempenho de sistema*, em que o cálculo do desempenho é feito para uma sequência de solicitações ao sistema, tais como diferentes períodos de retorno, diferentes factores de carga traduzidos, por exemplo, por factores multiplicativos em relação ao caudal médio de tempo seco, ou a determinados instantes no tempo. Neste caso, o eixo das abcissas cobre uma gama representativa das condições que se pretende estudar e o eixo das ordenadas representa o desempenho obtido. Este gráfico representa a variação média dos valores de desempenho obtidos para cada solicitação ou para cada instante de tempo determinado, calculados através da função de generalização. Com base nos valores elementares, é também possível representar as bandas

de variação dos valores de desempenho, que dão indicação sobre a variação do desempenho no espaço, obtidas através de percentis, conforme se exemplifica na Figura 8.18(b).

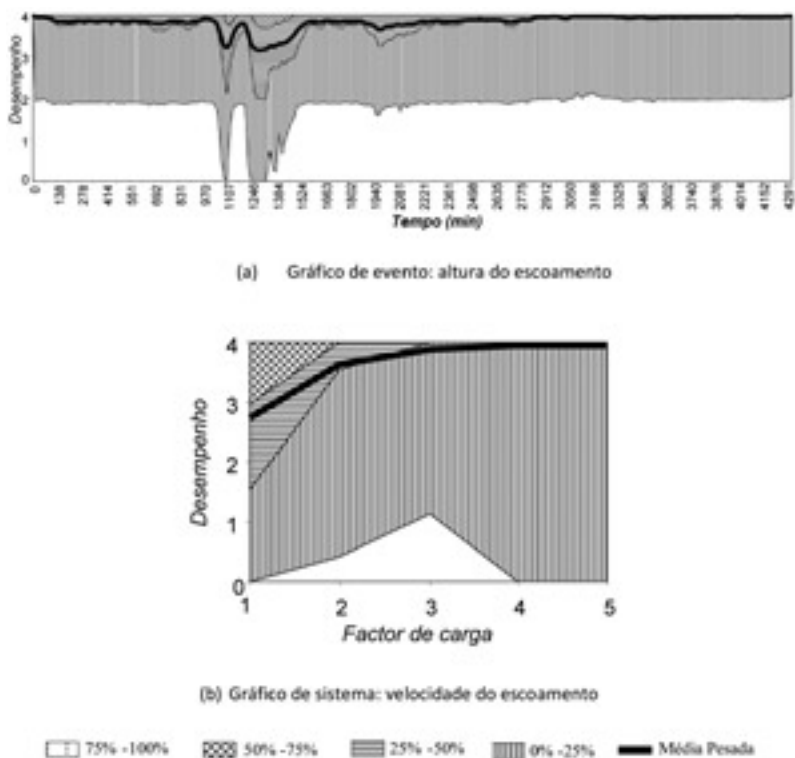


Figura 8.18 – Exemplos de resultados da metodologia de avaliação

Desta forma, é apresentada uma curva média pesada e os percentis, que se consideraram de 25% (quartis). Estes percentis são calculados a partir da população dos valores elementares de desempenho e devem ser lidos da seguinte forma: se (x,y) são as coordenadas de um dado ponto na curva do percentil $P_c\%$, tal significa que, para um factor de carga ou para um período de retorno ou para um instante x, a percentagem de colectores com um desempenho menor ou igual a y é $P_c\%$. As bandas dos percentis fornecem uma ideia da dispersão dos valores ao longo de todo o sistema e, quando comparados com a curva média pesada, permitem obter um significativo ganho de informação.

As principais vantagens deste sistema de avaliação de desempenho são:

- existência de um quadro comum que permite medir e comparar o desempenho de diferentes pontos de vista;
- produção de gráficos de desempenho sintéticos que condensam a informação relevante do funcionamento dos sistemas, qualquer que seja a sua dimensão, obtida geralmente através de uma grande quantidade de dados, permitindo efectuar de uma forma rápida comparações e análises da evolução ao longo do tempo;
- produção de informação de desempenho com potencialidade para ser utilizada na avaliação multicritério com aplicação quer em algoritmos de optimização do desempenho quer no apoio à decisão.

8.5.5. Aplicações computacionais disponíveis

Alguns dos sistemas de avaliação de desempenho publicados estão associados a aplicações computacionais. Estão nesta situação, por exemplo:

- Os sistemas de indicadores de desempenho da IWA, que podem ser aplicados utilizando o programa SIGMALITE (www.sigmalite.com);
- o sistema de indicadores de desempenho do banco mundial, IBNET (www.ib-net.org/);
- o sistema de indicadores de desempenho da ERSAR, que permite a introdução de dados através do portal desta entidade (www.ersar.pt);
- o sistema de indicadores de desempenho do sistema CARE-S, que pode ser aplicado utilizando a aplicação PI-Tool/S (ver 8.9.3).

Destes, o PI-Tool/S é o que mais facilmente se adequa ao contexto específico da reabilitação.

Faz-se notar que nenhuma das aplicações referidas permite ao utilizador definir os próprios indicadores. Os desenvolvimentos que se prevêem vir realizar no futuro, relativamente a aplicações da avaliação de desempenho (vd. 8.9.12), consideram a inclusão desta facilidade ao nível das aplicações computacionais.

8.6. Abordagens com base em análise de custos

8.6.1. Objectivos das abordagens baseadas em custos

Uma das finalidades da GPI é a racionalização dos investimentos e a optimização da eficiência das organizações, assegurando a sustentabilidade do serviço. No âmbito da GPI, nas abordagens mais comuns pretende-se:

- i. avaliar a deterioração de uma infra-estrutura, e portanto, aferir as necessidades de investimento em reabilitação;
- ii. avaliar os custos globais correspondentes a diferentes alternativas de intervenção (de reabilitação ou outras).

A avaliação da deterioração da infra-estrutura pode ser feita com recurso ao **índice de valor da infra-estrutura**, para o qual é necessário determinar o valor de substituição e o valor actual da infra-estrutura. Esta abordagem é descrita em 8.6.2.

A avaliação dos custos globais de alternativas de intervenção, ou **avaliação económica de alternativas**, para um horizonte temporal definido, baseia-se habitualmente no cálculo do **valor actualizado líquido** das diferentes componentes de custo e de benefício conforme se apresenta na secção 8.6.3.

8.6.2. Índice de valor da infra-estrutura

De acordo com a norma DWA-M 143-14E:2005 (DWA, 2006), o valor relativo da infra-estrutura, designado por Alegre (2007) como **índice de valor da infra-estrutura**, ou **IVI**, é uma medida que traduz o grau de juventude, de maturidade ou de envelhecimento de uma infra-estrutura. Este índice é obtido pela razão entre o valor actual da infra-estrutura e o respectivo valor de substituição (DWA-M 143-14E:2005). Este índice, com valores entre 0 e 1, constitui uma medida adequada para definir metas relativas a critérios de sustentabilidade infra-estrutural. O índice de valor da infra-estrutura (IVI) obtém-se de acordo com a seguinte expressão:

$$IVI(t) = \frac{\sum_{i=1}^N \left(CS_{i,t} \cdot \frac{vr_{i,t}}{vu_i} \right)}{\sum_{i=1}^N CS_{i,t}}$$

em que:

t – ano em que se está a fazer a avaliação [ano];

$IVI(t)$ – índice de valor da infra-estrutura no ano t [-];

N – n.º total de activos [-];

$cs_{i,t}$ – custo de substituição do activo i no ano t [€];

$vr_{i,t}$ – vida útil residual do activo i no ano t [ano];

vu_i – vida útil técnica total do activo i [ano].

O valor de substituição de um sistema aumenta significativamente na fase de expansão, mantendo-se constante após a estabilização de crescimento. A variação do IVI depende, quer do crescimento, quer do investimento que se vai sendo realizado (DWA-M 143-14E:2005). Assim, o IVI aumenta na fase de expansão do sistema, decrescendo até se realizar um primeiro re-investimento no sistema.

Segundo DWA (2006) valores do IVI de 0,5 a 1 correspondem a infra-estruturas “jovens”, com necessidades de reabilitação física baixas. Nesta gama de valores podem também existir situações de infra-estruturas mais antigas onde ocorre uma fase de crescimento ou ainda em casos de sobre-investimento em reabilitação. Valores do IVI de cerca 0,5 correspondem a estratégias de investimento equilibradas, em que o investimento em reabilitação num dado período corresponde, em média, à depreciação da infra-estrutura no mesmo período.

Valores de IVI na gama $0,2 < \text{IVI} < 0,5$ indicam que os investimentos futuros em reabilitação devem aumentar, não se podendo contudo, inferir que a estratégia corrente é insuficiente.

Valores de IVI inferiores a 0,2 *indicam* que uma parte considerável da infra-estrutura não se encontra em condição aceitável, necessitando assim de investimento significativo e urgente em reabilitação.

Custo de substituição

O custo de substituição (*Replacement Value*, RV, ou *Current Replacement Cost*, CRC) é o custo de substituir os componentes de uma infra-estrutura por outros com as mesmas características.

No caso de equipamentos (*e.g.*, grupos elevatórios, equipamento de manobra e controlo, equipamento de medição) poderá verificar-se a obsolescência devido à evolução tecnológica sendo necessário considerar o componente equivalente. No caso de componentes que apenas integram construção civil, a questão de obsolescência é menos significativa, embora possa acontecer, por exemplo, caso os materiais existentes tenham deixado de ser utilizados.

De um ponto de vista prático, recomenda-se a adopção de valores de substituição de referência estabelecidos em termos unitários. Por exemplo, para colectores, valores unitários definidos por gama de diâmetro, tipo de material e tipo de pavimento a repor.

Valor actual da infra-estrutura

O valor actual real deverá ter em conta a depreciação, ou seja, cada activo assume um valor correspondente ao valor de substituição deduzido da amortização acumulada. Esta diferença equivale ao valor residual.

Existem diversos métodos para calcular o valor actual da infra-estrutura (*e.g.*, valor contabilístico, valor económico).

Recomenda-se que, de um ponto de vista prático, o valor actual de cada componente seja calculado do seguinte modo:

- atribui-se uma vida útil técnica média a cada tipo de componente;
- calcula-se a amortização anual dada pela razão entre o custo de substituição e a vida útil técnica média;
- calcula-se a vida útil residual, em função da idade;
- caso se justifique e haja informação credível, a vida útil residual pode ser corrigida (majorada ou minorada), em função do estado de conservação;
- calcula-se o valor actual do componente através do produto da amortização anual pela vida útil residual corrigida.

O valor actual da infra-estrutura é obtido pela soma do valor residual de todos os componentes.

8.6.3. Avaliação económica de alternativas

A comparação de alternativas de intervenção na infra-estrutura, em termos económicos, poderá ser feita através de uma análise custo-benefício, considerando os custos e benefícios num período alargado de análise. Para tal é necessário utilizar um critério comum de cálculo do custo ou do benefício associado a cada alternativa analisada, para poder fazer comparações. As parcelas de custo e benefício a incorporar variam consoante a abordagem adoptada. As abordagens em ciclo de vida completo e de custo no ciclo de vida são duas alternativas frequentemente referidas.

Abordagens de custo na vida completa, custo no ciclo de vida e avaliação no ciclo de vida

A avaliação de custos globais das intervenções deve considerar as principais rubricas de custo num determinado período de análise. Estas rubricas podem referir-se apenas a custos tangíveis, ou a custos e benefícios tangíveis, intangíveis e externos no ciclo de vida dos componentes.

Neste contexto é importante clarificar os conceitos de custos no ciclo de vida completo e de custos no ciclo de vida. A norma ISO 15686-5:2008 apresenta estas definições, conforme quadros seguintes. A Figura 8.19 ilustra as fases consideradas em cada caso.

Abordagem de custos no ciclo de vida (*Life Cycle Costing*)

A abordagem de custos no ciclo de vida (de um componente) consiste numa metodologia para a avaliação económica sistematizada dos custos no ciclo de vida (*Life Cycle Cost, LCC*) ao longo de um período de análise (sem incluir a fase de concepção).

Nota 1: Os custos no ciclo de vida não incluem os custos associados à fase de concepção e planeamento (anteriores ao projecto); incluem os custos de projecto, de construção, de operação e manutenção e de desactivação. Podem ainda incluir custos ambientais.

Nota 2: Caso a vida útil do componente seja superior ao período de análise, deverá ser incluído nos custos o valor residual do componente como custo negativo.

Abordagem de custos na vida completa (*Whole Life Costing*)

A abordagem de custos na vida completa consiste numa metodologia para ter em conta, de forma sistematizada e em termos económicos, todos os custos e benefícios na vida completa (de um componente) ao longo de um período de análise.

Nota 1: Os custos na vida completa (*Whole Life Costs, WLC*) incluem os custos associados à fase de concepção e planeamento (anteriores ao projecto), os custos de projecto, os custos de construção, os custos de operação e manutenção e os custos de desactivação.

Nota 2: Os custos na vida completa deverão ter em conta os custos e benefícios, tangíveis e intangíveis para a entidade gestora, e as externalidades.

Nota 3: Caso a vida útil do componente seja superior ao período de análise, deverá ser incluído nos custos o valor residual do componente como custo negativo.



Figura 8.19 – Fases incluídas no ciclo de vida e na vida completa (ISO 15686-5: 2008)

Dado que se considera que uma infra-estrutura de águas residuais e pluviais tem uma vida ilimitada, pois deve assegurar continuamente a sua função enquanto se justificar o serviço a que se destina, não se considera, de um modo geral, um ciclo de vida para a infra-estrutura na sua globalidade mas apenas para os seus componentes individuais. A aplicação deste tipo de metodologia implica que:

- deve considerar-se um período de análise suficientemente longo para englobar pelo menos um ciclo de vida da generalidade dos componentes (*e.g.*, vida útil dos componentes de maior duração).
- se considerem os custos no ciclo de vida (ou na vida completa, consoante a abordagem escolhida) para todos os componentes do sistema objecto de análise, incluindo:
 - os valores correspondentes a eventuais reinvestimentos em componentes que atinjam o fim da vida útil no período em análise;
 - o valor residual dos componentes que não tenham atingido o fim da vida útil no último ano do período em análise.

Valor actualizado líquido

O método mais adequado e divulgado para avaliar os custos globais correspondentes a diferentes alternativas de intervenção consiste no cálculo do valor actual líquido (VAL), ou *net present value* (NPV) na terminologia inglesa.

O VAL resulta do somatório dos *cash-flows* anuais actualizados a uma taxa escolhida, e deduzidos do montante, actualizado à mesma taxa, dos investimentos e valor residual no fim do período em análise. O *cash-flow* é dado pelo balanço entre os benefícios e os custos totais num dado ano. Nas abordagens clássicas, o VAL entra em conta com as despesas de investimento, de operação e de manutenção.

Para alternativas de intervenção de reabilitação, não existem diferenças significativas nos benefícios decorrentes de cada alternativa. De facto, uma vez que os serviços de águas são de monopólio natural, as intervenções não conduzem, em geral, à angariação de novos clientes decorrentes de uma melhor oferta em termos de qualidade de serviço. Assim, os benefícios associados a intervenções de reabilitação são apenas em termos de ganhos de eficiência. Para facilitar a análise, recomenda-se que se calculem apenas as rubricas que sejam alteradas pela intervenção de reabilitação, designando-se este procedimento por análise marginal (Assis, 2009). Por exemplo, se os custos de operação não forem alterados nas duas alternativas (de *statu quo* e de intervenção) não será necessário calculá-los para poder fazer a comparação entre elas.

O VAL pode ser calculado a **preços correntes** (*i.e.*, preços vigentes no ano a que dizem respeito) ou a **preços constantes** (*i.e.*, corrigidos de modo a eliminar o efeito da inflação, tornando comparáveis preços relativos a diferentes anos). O tipo de taxa de actualização a adoptar é diferente num caso e noutro para que os resultados sejam válidos e equivalentes.

A **taxa de actualização**, também conhecida por *custo de oportunidade do capital* ou *taxa mínima de rendibilidade do projecto*, deverá reflectir não só o valor temporal do dinheiro como também o risco envolvido no projecto. Esta taxa traduz a rendibilidade que o investidor exige para implementar um projecto de investimento e irá servir para actualizar os *cash-flows* gerados pelo mesmo (Caldeira, 2001, Mota e Custódio, 2008).

A **taxa de actualização nominal** (TA_{nominal}) é constituída por três componentes:

$$TA_{\text{nominal}} = [(1+T_1) \times (1+T_2) \times (1+T_3)] - 1$$

em que:

T_1 – rendimento real (corresponde à remuneração real desejada para os capitais próprios).

T_2 – prémio de risco (consiste no prémio anual de risco; corresponde à taxa dependente da evolução económica, financeira, global e sectorial do projecto, bem como ao montante total envolvido no projecto).

T_3 – inflação (corresponde à taxa de inflação).

A soma T_1+T_3 traduz a taxa de juro que um investidor obteria caso aplicasse o seu dinheiro num activo sem risco (e.g., taxa de juro de Obrigações de Tesouro).

Designa-se por **taxa de actualização real** (TA_{real}) a taxa constituída apenas por (Mota e Custódio, 2008):

$$TA_{real} = [(1+T_1) \times (1+T_2)] - 1$$

Se os valores de custos e de benefícios forem expressos em **preços correntes**, deve adoptar-se a **taxa de actualização nominal**.

Se os valores de custos e de benefícios forem expressos em **preços constantes**, deve calcular-se o VAL com a **taxa de actualização real**.

O VAL relativo a um período de análise de duração N anos é calculado como:

$$VAL = \left[\sum_{i=0}^N \frac{CF_i - n_i v}{1 + TA^i} \right] + \frac{VR}{1 + TA^n}$$

em que:

CF_i – *cash-flow* no ano i (€);
 Inv_i – investimento no ano i (€);
 VR – valor residual no ano N (€);
 TA – taxa de actualização (-).

Calculado com esta expressão, o VAL acomoda reinvestimentos e a existência de valores residuais não nulos no final do período de análise.

8.7. Metodologias para avaliação da condição estrutural

A avaliação da condição estrutural é parte essencial do diagnóstico estrutural, nomeadamente para se identificarem as situações críticas, *e.g.*, colectores críticos entendidos como aqueles que apresentam elevado risco de falha, quer em resultado da má condição estrutural, quer por estarem associados à falha potenciais danos elevados, ou uma combinação dos dois. Portanto, a avaliação da condição estrutural, neste contexto, é entendida não apenas como reflectindo a integridade estrutural dos componentes de um sistema, mas também incorporando as consequências da falha potencial.

Assim, é necessário adoptar uma metodologia que permita associar medidas de desempenho estrutural aos componentes do sistema de modo a constituir uma base de informação sobre a condição estrutural de todo o sistema. Normalmente, a avaliação estrutural baseia-se nos resultados de inspecção aos componentes.

Um dos métodos mais generalizados para proceder à avaliação estrutural de colectores é o recomendado por WRc (2001). Este método, inicialmente proposto na década de 1980, tem vindo a ser gradualmente melhorado. Actualmente, a abordagem pretende ser baseada em conceitos de avaliação do risco, ou seja, em que a selecção das prioridades de inspecção e de reabilitação é feita proporcionalmente ao risco de falha. Muitos outros métodos existentes internacionalmente baseiam-se nesta abordagem.

Assim, WRc (2001) aponta para três critérios para se poder efectuar a selecção dos componentes para a preparação do programa de inspecção:

- consideração apenas das **consequências da falha**, que podem ser estimadas sem ser necessário proceder a inspecção, base para a classificação geral dos colectores em categorias: categoria A (colectores onde a falha tem consequências elevadas, com custos associados após falha pelo menos duas vezes superiores à sua reabilitação pré-falha); categoria B (colectores onde a falha tem menores consequências mas onde é desejável evitar o colapso); categoria C (os restantes, também designados como *non-critical*). Os colectores das categorias A e B são designados de *critical*.
- consideração da informação disponível sobre os factores que podem ser determinantes para a **probabilidade de falha**, pretendendo-se identificar os componentes que tenham maior

probabilidade de falha (*e.g.*, componentes a profundidade reduzida ou registos históricos de falhas frequentes);

- consideração conjunta das consequências da falha com a informação disponível sobre a probabilidade de falha, pretendendo-se assim seleccionar os componentes com elevado **risco de falha**.

Os colectores a incluir no plano de inspecção incluem todos os colectores seleccionados das categorias A e B, e os colectores da categoria C que sejam considerados como colectores de ligação entre os das categorias anteriores.

Após a inspecção, onde é usado o sistema de codificação das observações recomendado pela EN 13508-2:2003, é determinado o nível da condição estrutural interno com base num sistema de pontuação atribuído às observações. No Quadro 8.5 apresentam-se as definições associadas a cada nível.

Quadro 8.5 – Níveis de condição estrutural interna

Nível	Implicação
5	Colapso ou colapso iminente
4	Colapso provável num futuro próximo
3	Colapso improvável num futuro próximo
2	Probabilidade de colapso a curto prazo muito baixa mas potencial para deterioração continuada
1	Condição estrutural aceitável

Informação adicional é então considerada para ter em conta outros factores influentes ou mesmo determinantes na deterioração dos colectores. Esta informação inclui dados sobre o tipo de solo circundante e método de construção, frequência de entrada em carga, nível freático, histórico de problemas de manutenção ou de falhas, qualidade da construção, inclinação do colector, tráfego de veículos pesado sobre colectores a profundidades inferiores a 1 m, evidência específica de deterioração (com base em inspecções anteriores) e subsidência activa.

O nível de desempenho em termos da condição estrutural pode então ser determinado a partir do nível de condição estrutural interna, agravado ou não consoante as condições especificadas pela informação adicional (*e.g.*, colector com entrada em carga frequente).

A fase final desta abordagem é a avaliação do risco de falha que se pode associar a uma prioridade de intervenção. Neste caso, segundo WRc (2001), o risco é definido pelo produto da probabilidade de ocorrência (expresso através do nível de desempenho em termos da condição estrutural) pela consequência da ocorrência (derivado da categoria do colector, A, B ou C). Para colectores da mesma categoria, o estabelecimento de prioridades de intervenção pode ser feito com base em factores de custo.

8.8. Metodologias para controlo de aflúências indevidas

8.8.1. Problemática das aflúências indevidas e da exfiltração

Apesar dos elevados investimentos que têm vindo a ser feitos nos sistemas de águas residuais e pluviais, em muitos casos o desempenho está longe de ser satisfatório, existindo a percepção de que as aflúências indevidas contribuem largamente para esta situação. A problemática das aflúências indevidas em sistemas de colectores de águas residuais ou pluviais é bem conhecida dos gestores dos sistemas de águas residuais e pluviais, sendo reconhecida como uma causa importante para a deterioração do desempenho funcional. No entanto, frequentemente não é conhecida a dimensão real do problema, havendo apenas evidências de um número desconhecido de ligações ou descargas indevidas ou episódios de caudais excessivos que podem causar inundações, descargas, entre outros.

Embora seja naturalmente admissível a existência de algumas aflúências indevidas, não sendo viável apostar na erradicação exaustiva destas aflúências, em muitos sistemas é recomendável e até imperativo actuar em face das consequências mais evidentes da sua existência. A actuação passa pela definição de um plano de reabilitação direccionado.

Assim, é necessário adoptar abordagens metodológicas adequadas e seleccionar mecanismos e acções apropriados para promover a redução gradual de aflúências indevidas, de modo a aumentar a eficiência e eficácia dos sistemas em termos económico, ambiental e operacional.

Todavia, a minimização das aflúências indevidas até um nível residual aceitável, carece da caracterização das causas predominantes e da identificação dos locais prioritários para actuação.

Frequentemente, em sistemas de colectores com problemas estruturais e de infiltração, constata-se que existe também a saída de caudais através de anomalias para o solo confinante, processo que se designa frequentemente por exfiltração. Esta exfiltração pode causar arrastamento do solo e originar vazios, de maior ou menor dimensão. No caso de sistemas separativos domésticos ou unitários dá-se também a contaminação dos solos por águas residuais não tratadas. Apesar de não se tratar de uma afluência indevida, a exfiltração está associada ao mesmo tipo de anomalias que a infiltração, estando a ocorrência de uma ou outra principalmente dependente do nível freático e do tipo de solo.

Se os problemas causados pela infiltração e ligações indevidas não são de fácil caracterização, os causados pela exfiltração são consideravelmente mais difíceis de avaliar. No entanto, os riscos podem ser particularmente relevantes em locais em que os colectores atravessam aquíferos onde existam captações para abastecimento público, sendo que neste caso será possível estudar e avaliar o risco de contaminação e os custos directos associados. Na maioria das situações é difícil avaliar a contaminação e os seus impactos. Os impactos resultantes da potencial ocorrência de vazios e, subsequentemente, de abatimentos de solos, pavimentos, estruturas e infra-estruturas não são habitualmente quantificados. Neste guia não se apresentam métodos vocacionados especificamente para o controlo da exfiltração em virtude de os métodos habitualmente aplicados serem muito imprecisos ou de aplicação limitada (Selvakumar *et al.*, 2004; Rutch *et al.*, 2008; Riechermann *et al.*, 2007). No entanto, as abordagens de reabilitação devem incorporar a necessidade de melhorar, em todos os casos, a estanquidade dos colectores e dos ramais de ligação.

Genericamente, podem identificar-se os tipos de afluências indevidas, consoante o tipo de sistema, que seguidamente se descrevem.

Sistemas separativos domésticos

As afluências indevidas a sistemas separativos domésticos incluem:

- afluências pluviais directas, resultantes de ligação ilícita de ramais pluviais de edificações ou outras instalações, de ligação indevida de ramais de sumidouros, por falta de estanquidade de componentes do sistema (*e.g.*, tampas de câmaras de visita), ligação de colectores pluviais a sistemas domésticos ou interligação entre as redes pluviais e domésticas;

- aflúências pluviais retardadas, resultantes da infiltração através do solo a pequena profundidade e entrada através de anomalias dos componentes (*e.g.*, fissuras, juntas sem vedação);
- aflúências da rede natural de drenagem através da entrada de caudal pelos colectores de descarga não providos de válvula anti-retorno (*e.g.*, válvula de maré ou bico de pato);
- aflúência de água derivada de fugas de redes de distribuição de água, drenagem de caves, etc.;
- infiltração com origem em águas subterrâneas através de anomalias dos componentes (*e.g.*, fissuras, juntas sem vedação), em virtude de os colectores estarem assentes abaixo do nível freático, sendo que a infiltração apresentará flutuações consoante a variação sazonal do nível freático;
- aflúências de águas residuais industriais com características inadequadas ou não autorizadas, por não cumprimento do disposto na licença de descarga, por falta de pré-tratamento adequado ou por falta de licenciamento.

A existência de ligações pluviais significativas é facilmente detectável através da monitorização de caudais que evidenciam a ocorrência de picos de caudal associados a eventos pluviométricos. Estas redes, caracterizadas por menores diâmetros que as equivalentes pluviais, são sujeitas à sobrecarga hidráulica provocada pelas aflúências pluviais de ligações indevidas de sumidouros ou ramais pluviais. Em muitos casos estas ocorrências são agravadas com caudais de infiltração significativos, que se reflectem na magnitude dos caudais de base, sendo possível avaliar através da monitorização de caudal ou nível do escoamento.

As principais consequências da sobrecarga são a degradação estrutural de colectores, as inundações, as descargas não tratadas e o aumento do caudal afluente à estação de tratamento, necessariamente com diluição da água residual. As implicações incluem o aumento dos custos de exploração (gastos energéticos, gastos com reagentes, etc.), a redução da eficiência no tratamento e possíveis descargas sem tratamento adequado. Estes impactes ocorrem essencialmente por ocorrência de precipitações. Na Figura 8.20 ilustra-se o efeito da precipitação e da infiltração de águas subterrâneas em colectores separativos domésticos.

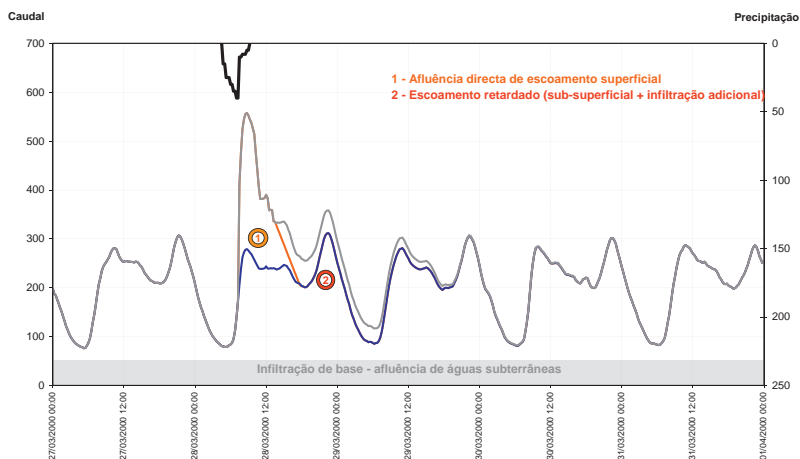


Figura 8.20 – Esquema ilustrativo do efeito da precipitação e da infiltração em sistemas separativos domésticos

Sistemas separativos pluviais

As afluições indevidas a sistemas separativos pluviais incluem:

- afluições de águas residuais domésticas, resultantes de ligação de ramais domésticos de edificações ou outras instalações;
- afluições de águas residuais industriais, resultantes de ligação indevida dos colectores ou ramais de indústrias.

Nos sistemas separativos pluviais, o impacto provocado pelas ligações indevidas tem um efeito contínuo, durante todo o ano. De facto, a ligação de ramais domésticos à rede separativa pluvial, que descarrega directamente para os meios receptores, tem um impacto directo e indesejável na qualidade das águas receptoras. Também as descargas industriais com características inadequadas ou não autorizadas conduzem a impactos negativos directos. As principais consequências são, em geral, de poluição e não de insuficiência hidráulica.

Sistemas unitários

As afluições indevidas a sistemas unitários incluem:

- afluições de águas residuais industriais com características inadequadas ou não autorizadas, por não cumprimento do disposto na licença de descarga, por falta de pré-tratamento adequado ou por falta de licenciamento;

- aflúências excessivas de caudais pluviais, em resultado de expansão de zonas urbanas ou de ligação de drenagem de redes viárias ou outras, excedendo a capacidade dos colectores unitários;
- aflúências pluviais retardadas, resultantes da infiltração através do solo a pequena profundidade e entrada através de anomalias dos componentes (*e.g.*, fissuras, juntas sem vedação);
- infiltração com origem em águas subterrâneas através de anomalias dos componentes (*e.g.*, fissuras, juntas sem vedação), em virtude de os colectores estarem assentes abaixo do nível freático, sendo que a infiltração apresentará flutuações consoante a variação sazonal do nível freático.

Embora os sistemas unitários sejam concebidos para transporte de águas pluviais, a ligação de áreas consideravelmente superiores resulta em problemas de sobrecarga hidráulica semelhantes aos que ocorrem em sistemas separativos domésticos.

Todavia, os sistemas de tratamento a jusante de sistemas unitários, destinados a tratar os caudais de águas residuais e industriais em tempo seco, apresentam normalmente capacidade hidráulica pouco superior aos caudais de tempo seco, naturalmente com valores muito inferiores aos ocorrentes na sequência de uma precipitação. A ocorrência de precipitação resulta naturalmente na descarga de caudais unitários não tratados, a menos que exista capacidade de armazenamento ou uma linha de tratamento adicional para tempo de chuva, que só se revelam eficazes para eventos de precipitação de baixa e média intensidade, dependendo dos caudais de dimensionamento destas estruturas e da área superficial associada.

Também neste caso podem existir consequências associadas à sobrecarga hidráulica (*e.g.*, degradação estrutural de colectores, inundações e aumento do caudal afluente à estação de tratamento, necessariamente com diluição da água residual) e respectivas implicações como o aumento dos custos de exploração (gastos energéticos, gastos com reagentes, etc.), a redução da eficiência no tratamento, para além das possíveis descargas sem tratamento adequado como referido anteriormente.

A existência de caudais pluviais retardados por processos de escoamento sub-superficial, associados a componentes do sistema com anomalias significativas, pode resultar no incremento dos caudais por efeito da precipitação por períodos consideravelmente superiores e, se ocorrerem extravasamentos de caudais não

tratados, numa duração de descarga bastante superior à devida a afluições directas.

8.8.2. Impactes das afluições indevidas e da exfiltração

As afluições indevidas aos sistemas de águas residuais e pluviais podem resultar em reduções significativas do desempenho, tanto nas redes de colectores como nas estações de tratamento de águas residuais, com consequentes impactos negativos nos meios receptores.

Este é um problema reportado em vários países como implicando reduções significativas no desempenho funcional dos sistemas bem como aumento considerável dos custos de exploração (White *et al.*, 1997; Ainger *et al.*, 1998; Heaney *et al.*, 1999; Weiss *et al.*, 2002).

Assim, os impactes negativos das afluições indevidas nos sistemas podem ser sistematizados em:

- redução do desempenho hidráulico dos sistemas de colectores, resultante do aumento não previsto dos caudais, podendo originar a entrada em carga dos colectores e o extravasamento dos sistemas, provocando descargas de caudais não tratados ou inundações;
- redução do desempenho ambiental, pelo aumento das cargas de poluentes descarregadas para os meios receptores, nomeadamente devido a descarga de caudais não tratados (*e.g.*, por *bypass* à ETAR ou por existência de afluições residuais a sistemas separativos pluviais), a redução da eficiência dos processos de tratamento (*e.g.*, devido a efeitos de diluição da água residual ou por sobrecarga hidráulica da ETAR que pode levar ao arrastamento de biomassa de tanques de arejamento) e a exfiltração de águas residuais ou unitárias através de anomalias dos componentes (*e.g.*, fissuras, juntas não vedadas);
- degradação do desempenho estrutural, resultante da deterioração dos sistemas e seus componentes;
- impactes sócio-económicos, quer em termos de perturbação para as populações e actividades económicas, quer no aumento dos custos de operação (*e.g.*, devido a aumento dos caudais bombeados e ao incremento dos volumes tratados) e de manutenção (*e.g.*, por efeito de desgaste prematuro dos componentes).



Figura 8.21 – Exemplos de situações de descarga de caudais não tratados

Nos casos em que coexistem sistemas “em alta” e “em baixa”, as principais consequências em termos de desempenho técnico verificam-se a jusante, nos sistemas “em alta”, embora em termos de custos o impacto possa ser distribuído, mais ou menos equitativamente, pelas diferentes entidades envolvidas, dependendo, naturalmente, dos aspectos contratuais estabelecidos. Neste caso, e sendo genericamente reconhecido que os problemas são mais graves nas redes “em baixa” e nos ramais de ligação, as entidades gestoras de sistemas “em alta” estão limitadas em termos da aplicação de medidas correctivas, sendo recomendável a adopção de colaboração estreita entre as entidades de modo a garantir uma actuação tão eficaz quanto possível, acautelando as preocupações de cada interveniente.

8.8.3. Enquadramento legal, de planeamento estratégico e de regulação

A necessidade de controlar as afluências indevidas é referida em diferentes documentos regulamentares ou legais e planos estratégicos, de forma mais ou menos directa. Seguidamente, destacam-se aspectos referidos em alguns documentos relevantes.

Desde logo o Decreto Regulamentar n.º 23/95, de 23 de Agosto estabelece alguns princípios para minimizar as afluências indevidas, destacando-se os seguintes:

- nos novos sistemas públicos de águas residuais e de águas pluviais deve ser adoptado o sistema separativo (art.º 119.º) e na remodelação de sistemas existentes deve ser considerada a transição para este tipo de sistema (art.º 120.º), sendo necessário assegurar a ligação dos ramais ao sistema separativo correspondente.
- para minimizar o risco de ligações indevidas de redes ou ramais, estabelece-se, no art.º 136.º, a regra de implantar o

colector doméstico à direita do colector pluvial no sentido do escoamento.

- em termos da infiltração, nos sistemas de águas residuais domésticas e industriais deve ser minimizada a afluência de infiltração à rede através de procedimentos adequados de projecto, selecção de materiais e juntas e disposições construtivas (art.º 126.º) e em zonas em que o nível freático se situe, de forma contínua ou sazonal, acima da soleira da câmara de visita, deve garantir-se a estanquidade a infiltrações das paredes e fundo (art.º 159.º).

A aplicação da lei da água, Lei n.º 58/2005, de 29 de Dezembro, que transpõe para o direito nacional a Directiva Quadro da Água (Directiva 2000/60/CE), nomeadamente considerando o programa de medidas destinadas à prevenção e controlo da poluição causada por fontes tóxicas e por fontes difusas (art.º 30.º) e o cumprimento dos objectivos para as águas superficiais e subterrâneas (artigos 46.º e 47.º), estará dependente do desempenho dos sistemas de águas residuais e pluviais e da vulnerabilidade local das águas superficiais e subterrâneas, pelo que é relevante actuar em conformidade no controlo das afluências indevidas. Nos artigos 60.º e 62.º é definida genericamente a necessidade de licenciamento para a rejeição de águas residuais nos recursos hídricos.

O Decreto-Lei n.º 152/97, de 19 de Junho, para além de estabelecer as condições para o tratamento das águas residuais urbanas, indica, no seu Anexo I, que os sistemas de drenagem devem ter em conta os requisitos de tratamento das águas residuais urbanas e que a concepção, construção e manutenção dos sistemas de drenagem deve obedecer aos melhores conhecimentos técnicos que não acarretem custos excessivos, nomeadamente quanto à prevenção de fugas e à limitação da poluição das águas receptoras, no caso de inundações provocadas por tempestades.

No caso de sistemas localizados próximo de zonas com uso balnear, as afluências indevidas podem ter efeito negativo significativo, por exemplo, pela possibilidade de ocorrência de eventos de poluição de curta duração que poderão naturalmente ocorrer na sequência de precipitação que induza o extravasamento ou descarga de sistemas separativos domésticos ou de sistemas unitários. A Directiva 2006/7/CE, de 15 de Fevereiro, estabelece disposições aplicáveis à monitorização e classificação da qualidade das águas balneares, à gestão da sua qualidade e à prestação de informação ao público. Prevê-se a aplicação de medidas de gestão que permitam a detecção e avaliação das causas da poluição

que possam afectar as águas balneares e prejudicar a saúde dos banhistas e o desenvolvimento de acções para prevenir a exposição dos banhistas à poluição e de acções para reduzir o risco de poluição. A classificação das águas balneares está dependente das medidas de gestão adoptadas localmente.

O Plano Estratégico de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais 2007-2013 (PEAASAR II), privilegia medidas importantes a adoptar pelas entidades gestoras (MAOT, 2006):

- medidas de controlo na origem;
- medidas de erradicação de descargas de efluentes sem tratamento de sistemas de drenagem;
- medidas de minimização de aflúências pluviais aos sistemas unitários e separativos domésticos;
- obrigatoriedade de elaboração de planos de erradicação de ligações indevidas em sistemas separativos.

Em termos de regulação, e em particular da avaliação do desempenho das entidades gestoras, o sistema de avaliação da qualidade de serviço da ERSAR não inclui nenhum indicador que permita avaliar de modo directo o efeito das aflúências indevidas (IRAR, 2009; ERSAR, 2010). No entanto, as aflúências indevidas podem ter impacto nos seguintes indicadores da primeira geração (IRAR, 2009):

AR03 – Ocorrência de inundações;

AR08 – Utilização de estações de tratamento;

AR09 – Tratamento de águas residuais recolhidas;

AR10 – Capacidade de bombeamento das águas residuais;

AR17 – Cumprimento dos parâmetros de descarga.

Relativamente aos indicadores constante do sistema de avaliação de segunda geração (ERSAR, 2010), as aflúências indevidas podem ter impacto nos seguintes indicadores:

AR03 – Ocorrência de inundações;

AR08 – Adequação da capacidade de tratamento;

AR15 – Controlo de descargas de águas residuais;

AR17 – Cumprimento dos parâmetros de descarga.

Indicadores mais adaptados, fora do âmbito da regulação, são propostos por Machado *et al.* (2007) e Cardoso (2008).

8.8.4. Abordagens metodológicas gerais

Dada a dispersão espacial das ligações indevidas nos sistemas separativos, a utilização de metodologias de diagnóstico expeditas são recomendáveis para dar prioridade a zonas mais afectadas no planeamento de intervenções, já que não será viável um levantamento exaustivo para avaliação da magnitude do problema. Esta dispersão implica também a necessidade de adoptar estratégias em horizontes temporais mais largos, sendo normalmente pouco realista ou desfavorável economicamente estabelecer metas muito ambiciosas no curto prazo. Naturalmente que a obtenção de resultados depende também das causas predominantes das aflúncias indevidas.

A metodologia a adoptar depende dos objectivos específicos, da escala da análise, da informação existente e dos recursos disponíveis. O faseamento típico adoptado nestas abordagens apresenta-se na Figura 8.22.

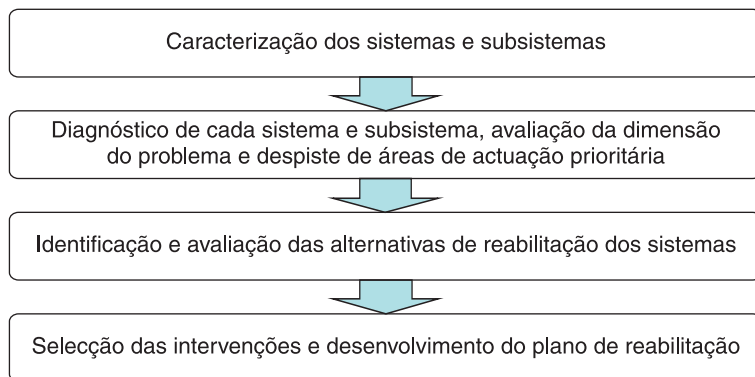


Figura 8.22 – Faseamento típico para minimização de aflúncias indevidas

Seguidamente, apresenta-se uma descrição sumária de cada uma das tarefas normalmente incluídas nestas fases.

- **Caracterização dos sistemas e subsistemas**
 - compilação da informação disponível dos sistemas (cadastro dos sistemas de águas residuais e pluviais, rede de drenagem natural, unidades industriais). Identificação das zonas consolidadas (rede existente) e zonas em desenvolvimento (expansão prevista da rede);

- compilação de informação complementar, útil para estabelecimento das principais causas das afluências indevidas ou para identificação de soluções de intervenção potenciais. Como exemplos, referem-se os seguintes: geomorfologia, geologia, hidrogeologia (*e.g.*, níveis freáticos), sismicidade, precipitação (*e.g.*, precipitações anual e mensais médias), tipologia de solos e ocupação do território, incluindo perspectivas de evolução que impliquem a expansão das redes, características das águas residuais industriais;
 - análise da informação para detecção de erros e lacunas e, se justificável, estabelecimento de programa de levantamento para actualização e complemento de informação;
 - compilação de informação sobre a operação e a manutenção dos sistemas, incluindo locais de entrada em carga dos colectores, registos de descargas, de operações para desobstrução ou limpeza de colectores, de ocorrência de odores desagradáveis, de inundações, registos de medições de caudais e de precipitações, reclamações de utentes, e de outra informação sobre disfunções associáveis a afluências indevidas ou descargas observadas. Importa também considerar a condição estrutural dos sistemas com base em inspecções;
 - caracterização e estimativa das afluências a cada sistema e subsistema (águas residuais domésticas, águas pluviais, águas residuais industriais, infiltração) e de volumes afluentes às ETAR, estimativas dos volumes descarregados para os meios receptores globalmente e por local de ocorrência. Frequentemente, devido à escassez de informação, é necessário, numa primeira fase, recorrer a estimativas a partir de variáveis como cadastro de clientes, consumos de água de abastecimento público, delimitação das áreas contribuintes para cada subsistema, etc.;
 - análise da informação sobre as afluências para detecção de lacunas e, se necessário, estabelecimento de programa de monitorização de caudais nos colectores correspondentes às principais bacias e sub-bacias e de descarga para os meios receptores, e de precipitação, para obtenção de informação sobre o funcionamento dos sistemas.
- Elaboração de diagnóstico de cada sistema e subsistema para avaliação da dimensão do problema e despiste de áreas de actuação prioritária:

- definição da abordagem e dos critérios de avaliação para a elaboração do diagnóstico, incluindo critérios e medidas para avaliação das principais disfunções (*e.g.*, medidas de desempenho técnico) e método para estabelecimento das prioridades de actuação;
 - com a informação disponível, avaliação da dimensão do problema para cada sistema e subsistema, e identificação das principais causas das afluências indevidas aos sistemas;
 - estabelecimento de plano de intervenção para avaliação do problema (principais causas das afluências indevidas e sua relevância) em cada área prioritária, incluindo selecção dos métodos a utilizar;
 - com base nos resultados obtidos da avaliação dos problemas, elaboração do diagnóstico para cada sistema e subsistema e estabelecimento das prioridades de actuação para o desenvolvimento do plano de reabilitação. As prioridades devem ser estabelecidas em função dos impactes identificados e dos critérios de gestão, devendo incorporar as exigências legais em vigor incluindo as respeitantes à qualidade da água nos meios receptores.
- Identificação e avaliação das alternativas de actuação para reabilitação dos sistemas:
 - com base nos resultados da fase anterior, identificação das alternativas de actuação considerando as técnicas e recursos disponíveis;
 - avaliação de cada alternativa, estimando os custos e benefícios associados, bem como a sua eficácia em termos de redução das afluências indevidas.
 - Selecção das intervenções e desenvolvimento do plano de reabilitação:
 - com base nos resultados da fase anterior selecção, projecto e programação das intervenções;
 - desenvolvimento ou complemento do plano de reabilitação, incluindo acções de intervenção, custos associados, recursos necessários e especificações para a sua execução.

Naturalmente que no planeamento devem ser consideradas as medidas correctivas para situações existentes, com prioridade para as áreas críticas, mas também procedimentos eficazes de

controlo que permitam prevenir a ocorrência de novas ligações indevidas, de infiltração e de exfiltração.

O planeamento das acções de controlo de ligações indevidas existentes deve ser desejavelmente efectuado de forma integrada, considerando a globalidade do sistema. Este planeamento deverá ser articulado com outras intervenções previstas de reabilitação.

Todavia, em virtude de restrição de recursos, limitação de informação disponível e não sendo viável, por regra, fazer um levantamento exaustivo dos problemas (*e.g.*, das ligações dos ramais domésticos, ramais pluviais, ramais de sumidouros, industriais e locais com infiltração), a quantificação do problema poderá ser feita através da avaliação do desempenho de um sistema a dois níveis:

- i. Macro-análise: avaliação global do desempenho do sistema, através de inspecções e monitorização de caudais e precipitação, eventualmente complementada com monitorização da qualidade, nos principais colectores de descarga do sistema (interceptores, colectores afluentes às ETAR, colectores de descarga de águas pluviais, etc.) e estimativa da magnitude dos caudais indevidos globalmente em cada bacia constituinte dos sistemas separativos. A aplicação desta abordagem é descrita, por exemplo, em Almeida e Brito (2002).
- ii. Micro-análise: selecção de pequenas bacias-piloto, representativas das situações existentes no sistema global, para estudo detalhado das ligações a cada sistema separativo e da relevância da infiltração, aplicando diferentes métodos incluindo inspecções, testes e monitorização de caudais e precipitação (habitualmente campanhas de curta duração) e, eventualmente, modelação matemática dos sistemas. Este nível de análise é essencial para identificar as principais causas das afluências indevidas, para proceder à quantificação do problema e estimar os custos associados de reabilitação. Neste caso, pode ser efectuado um levantamento exaustivo das infra-estruturas, incluindo os colectores, câmaras de visita, ramais de ligação, ramais de sumidouros e da condição estrutural dos componentes.

Uma vez efectuada esta caracterização a dois níveis, a informação pode ser usada como base para o planeamento de intervenções em todo o sistema, associando-se o comportamento típico nas bacias-piloto para outras áreas de características idênticas e para as quais a avaliação global confirma os mecanismos detectados nas bacias-piloto.

8.8.5. Métodos para identificação de causas e apoio ao diagnóstico

Vários métodos podem ser utilizados na fase de identificação de causas e para apoio ao diagnóstico da situação existente, incluindo monitorização de caudais, inspecções, testes, inquéritos e modelação matemática. Alguns poderão ser utilizados para diferentes escalas de análise mas outros só são exequíveis em menor escala, por exemplo, em bacias-piloto. No entanto, num caso concreto, a selecção dos métodos a utilizar depende do objectivo específico, do tipo de causa ou ligação a identificar e, acima de tudo, dos recursos necessários e disponíveis.

O sucesso dos programas de minimização de afluências indevidas e exfiltração reportados na literatura depende de factores como a boa qualidade da monitorização de caudal (preferencialmente, a efectuar antes e depois da actuação), a investigação cuidadosa das condições locais para identificação dos mecanismos relevantes e a adopção de uma abordagem estruturada para localizar as áreas com problemas mais graves e que mais contribuem para as afluências indevidas (DCC, 2005).

Os principais métodos utilizados para identificação de causas de afluências indevidas e apoio ao diagnóstico são sintetizados seguidamente.

A maioria destes métodos são exigentes em termos do tempo de aplicação e o seu custo é muito variável sendo que a estratégia mais adequada passa normalmente por utilizar os diferentes métodos de forma complementar ao longo de um programa de diagnóstico.

Monitorização de caudais e de precipitação

A execução de campanhas de monitorização de caudais, com base em sistemas de medição permanentes ou temporários, numa ou mais secções dos sistemas de drenagem permite quantificar a totalidade das afluências a cada secção (vd. 8.2.3). No caso de sistemas separativos as medições devem ser feitas de preferência em simultâneo nas redes doméstica e pluvial. Adicionalmente, deve ser feita a medição da precipitação durante todo o período em que se efectua a monitorização de caudais. A monitorização simultânea dos níveis freáticos pode também ser útil. A utilização de um sistema de registo contínuo digital e a sincronização dos relógios dos equipamentos é particularmente relevante neste tipo de aplicações.

Em sistemas separativos, a análise dos registos de caudal permite identificar a existência e a magnitude das aflúências ao colector pluvial em tempo seco e ao colector doméstico por ocorrência de precipitação. O registo de caudais na rede doméstica em tempo seco permite ainda caracterizar o padrão diário típico da bacia. A posterior comparação dos dados de caudal em tempo seco e durante eventos de precipitação permite a quantificação de caudais de ligações pluviais indevidamente afluentes à rede doméstica e, eventualmente, a estimativa da área afectada a cada rede. A evolução dos caudais mínimos entre períodos de tempo seco e com ocorrência de precipitação nas redes separativas domésticas permite ainda estimar a magnitude da infiltração. Na Figura 8.23 apresenta-se um exemplo de um hidrograma registado num colector separativo doméstico com evidentes aflúências pluviais.

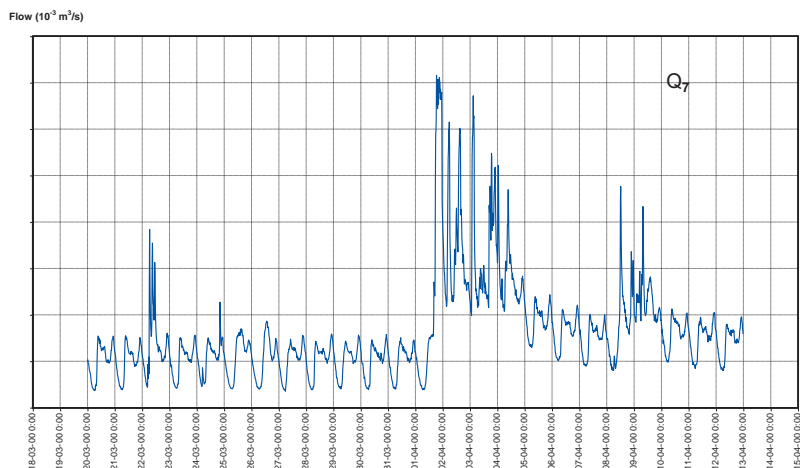


Figura 8.23 – Caudal registado num colector separativo doméstico

As duas principais abordagens para o planeamento de campanhas de monitorização com instalações temporárias são (White *et al.*, 1997):

- instalação simultânea de todos os medidores nos locais seleccionados na área em estudo (*single-stage survey*);
- instalação faseada dos medidores, de modo a identificar inicialmente a magnitude de problemas em subáreas e, posteriormente, instalação dos medidores sectorialmente para localização de subzonas com pior desempenho em termos de aflúências indevidas (*multi-stage survey*).

Na primeira abordagem (a), toda a área de interesse é considerada com o detalhe desejado em simultâneo. Os locais são seleccionados com base na divisão da área em subáreas ou sub-bacias, sendo instalado um medidor em cada uma destas, permitindo a monitorização simultânea nos vários locais e a aferição simultânea dos eventuais caudais indevidos em medidores em série. Este tipo de abordagem requer maior número de medidores de caudal sendo assim, normalmente mais dispendiosa (Figura 8.24a).

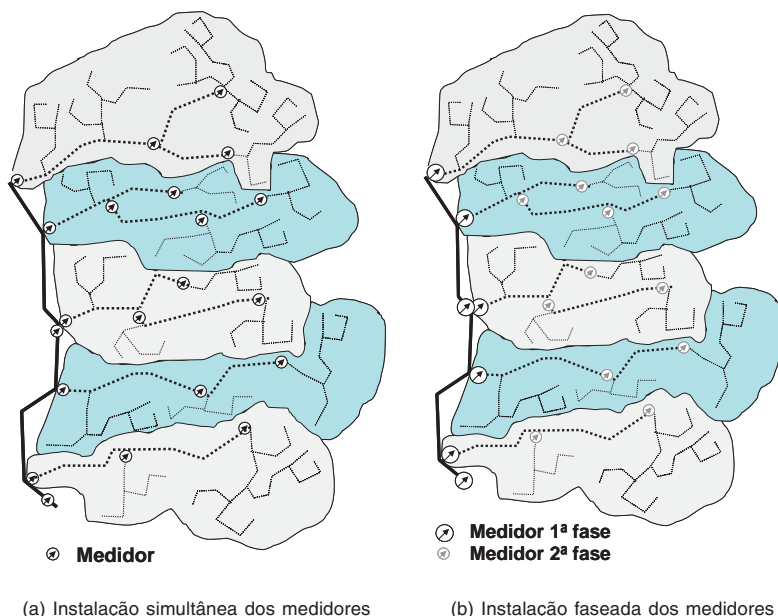


Figura 8.24 – Alternativas de faseamento de campanhas de medição

Na segunda abordagem (b), são feitas campanhas sucessivas, das maiores áreas para as subáreas. Numa primeira fase, consideram-se as bacias de contribuição para os principais colectores do sistema, instalando-se medidores apenas nestes locais. Os resultados desta primeira fase permitirão identificar as sub-bacias com menor desempenho e as que, à partida têm um desempenho aceitável ou superior. Subsequentemente, é feita a instalação nestas bacias com menor desempenho, eventualmente prosseguindo numa abordagem faseada até ter sido avaliada toda a área ou, alternativamente, instalar simultaneamente os medidores nas secções de interesse (Figura 8.24b). Neste caso é possível utilizar simultaneamente um número bastante inferior de medidores, reduzindo custos, mas a duração das medições é superior. Tem ainda a desvantagem de

as condições poderem variar significativamente (*e.g.*, variação do nível freático) e de a componente derivada da precipitação ser calculada para eventos distintos.

A opção por uma das abordagens deve ter em consideração factores como o objectivo do estudo, dimensão da área em análise, complexidade e extensão da rede de colectores, tempo para realizar o estudo, disponibilidades orçamentais, equipamento disponível, existência de medidores permanentes no sistema com exactidão adequada e disponibilidade de recursos humanos qualificados.

Em colectores de menor diâmetro ou em estudos com maior exactidão dos caudais mínimos nocturnos, podem ser utilizados métodos ou equipamentos alternativos (*e.g.*, canais venturi portáteis), em particular para melhorar as estimativas da infiltração. As condições locais podem revelar-se menos adequadas à instalação de medidores nestes casos.

Inspecção visual

A inspecção visual, manual ou com recurso a CCTV (*Closed circuit TV*), permite a identificação das ligações existentes a uma determinada câmara de visita ou colector e ainda verificar a existência de infiltração ou potencial para a ocorrência de exfiltração (Figura 8.25). Permite ainda o levantamento da condição estrutural da rede em estudo. Especialmente a inspecção pessoal de câmaras de visita a partir do exterior pode ser relativamente económico. A inspecção visual em colectores permite também verificar a existência de infiltração em ramais.

A inspecção, não sendo um método quantitativo, permite recolher informação sobre as causas e severidade de tipos de ocorrências, pelo que os resultados são muito úteis para o diagnóstico e para apoio à selecção das soluções de reabilitação.



Figura 8.25 – Exemplos de anomalias detectadas por inspecção visual

Recorre-se à inspecção de caixas de escada ou de ligação e, eventualmente, das redes prediais quando é necessário verificar as ligações incluindo o tipo de ramal domiciliário, existência de instalações elevatórias ou drenos das fundações, ligação de algerozes e pátios. Estas últimas ligações poderão contribuir significativamente para as afluências pluviais nos colectores domésticos.

As inspecções durante as fases de construção ou de reabilitação de edificações são muitas vezes a única forma exequível de verificar e corrigir situações incorrectas. Alternativamente, a inspecção de caixas de escada ou de ligação permitem detectar situações de ligações indevidas.

As inspecções às ligações de edifícios industriais são particularmente relevantes se existirem suspeitas de descargas inadequadas ou indevidas na rede pública.

Testes de fumo

Os testes de fumo consistem na introdução de grandes quantidades de fumo nas câmaras de visita, normalmente em troços de colector limitados até 300 metros, sendo feita a observação no exterior para despistar os locais de saída do fumo, sendo usual o registo das ocorrências com fotografias. As secções de colector devem ser isoladas com recurso a tampões insufláveis, balões ou sacos de areia. O fumo é gerado com bombas de fumo colocadas no interior do colector, com produção de fumo durante 3 a 5 minutos. O fumo a utilizar deve ser frio, sem odor, sem óleo ou partículas, e não apresentar perigo para a saúde pública (Stein, 2001). A população local deve ser sempre informada previamente da realização destes testes.

Estes testes permitem avaliar a existência de ligações indevidas (especialmente de sumidouros, de algerozes, de pátios e de outras áreas de drenagem) e, de modo mais limitado, locais onde ocorre infiltração nos colectores, se as fissuras ou outras anomalias tiverem dimensão significativa e o solo permitir a passagem do fumo.

Este método pode ser utilizado para a detecção de ligações ilegais por parte de actividades comerciais e industriais. Na Figura 8.26 apresentam-se fotografias da aplicação de teste de fumo.



Figura 8.26 – Aplicação de teste de fumo

Os testes de fumo são particularmente indicados para localização exacta de anomalias. Este método é de aplicação simples e de baixo custo.

Testes com traçadores

Estes testes consistem na introdução de um traçador a montante na ligação que se suspeita estar indevidamente ligada e verificação do local aonde afluí o caudal com o traçador. Existem vários tipos de traçadores com características químicas, radioactivas ou físicas específicas. A selecção deve ser cuidada para evitar usar substâncias que possam resultar em poluição ou perigo para a saúde pública.

O recurso a traçadores fluorescentes é frequente devido à pequena quantidade necessária para o seu uso (Figura 8.27). Certos traçadores fluorescentes conseguem ser detectados a uma concentração inferior a 1 µg/l com recurso a equipamento específico. A Sulfo-Rodamina é detectada visualmente em águas residuais para concentrações a partir de 1 mg de Sulfo-Rodamina/l (Almeida, 1999).

Em certas situações pode ser também utilizado sal diluído num pequeno volume de água sendo a detecção da passagem do pico de concentração detectado com um condutivímetro.



Figura 8.27 – Exemplo de uso de traçadores para identificação do local de ligação de ramal: traçador (esq.) e condutivímetro (dir.)

Os traçadores são particularmente indicados para localização exacta de anomalias. Este método é de aplicação simples e de baixo custo.

Ensaios de estanquidade

Os ensaios de estanquidade de componentes podem ser efectuados com ar, com água ou, menos frequentemente, com vácuo. Os ensaios de estanquidade permitem ter bons resultados para verificação da existência de infiltração e exfiltração, embora sejam de uso mais habitual em sistemas novos antes da entrada em serviço. Os novos métodos robóticos permitem a colocação de tampões e viabilizar a sua aplicação em colectores ou ramais existentes. No entanto, são ensaios demorados, trabalhosos e portanto só utilizados em último recurso para componentes existentes (Gokhale e Graham, 2004).

De acordo com a norma europeia NP EN 1610:2008 (IPQ, 2008a), o ensaio de componentes novos pode ser feito com ar ou com água, podendo ser necessário o recurso a ensaio com água, após o ensaio com ar, se os resultados forem ambíguos no ensaio com ar. Nesta norma são apresentadas especificações a utilizar nestes ensaios. Os testes poderão ser feitos separadamente em troços de colector e câmaras de visita, com recurso a tampões para isolar a parte a ser ensaiada.

Questionários a residentes

Frequentemente os residentes e proprietários conhecem problemas que podem levar à identificação de afluências indevidas na rede. Um questionário bem formulado poderá potenciar informação relevante para o caso em estudo e levar a uma redução do tempo de trabalho e de custos.

Inspecção e monitorização dos pontos de descarga nos meios receptores

A inspecção dos colectores de descarga nos meios receptores permite obter informação visual, eventualmente complementada com amostragem, de grande utilidade para despistar a existência de ligações indevidas em sistemas separativos pluviais e em descarregadores de tempestade de sistemas separativos domésticos ou unitários. Neste levantamento, podem ainda ser detectados colectores de sistemas separativos domésticos ou unitários que não estão ainda direccionados para tratamento.

A identificação de descargas não tratadas para os meios receptores em colectores separativos pluviais pode ser particularmente eficaz se for efectuada em tempo seco. Também esta inspecção pode ser apenas visual ou complementada com amostragem de escoamento existente, eventualmente de origem subterrânea infiltrado nos colectores, para despistar a presença de substâncias ou micro-organismos associável à presença de águas residuais.

Para proceder à inspecção é aconselhável utilizar a planta cadastral disponível mais completa e actual das redes de colectores separativos e unitários.

Se for efectuada apenas inspecção visual, deve ser registado, para cada local, a existência de caudal, a altura do escoamento, escoamento com odores, cor, turvação ou matéria flutuante. No caso de existir suspeita de descargas intermitentes, podem ser utilizados métodos como a colocação de pequenos sacos de areia, em tempo seco após ocorrência de precipitação e durante cerca de 2 dias, para proporcionar a deposição de sólidos que poderão ser posteriormente analisados (NEIWPC, 2003; Brown *et al.*, 2004).

O teste de amostras de água ou sedimento pode ser feito para diferentes parâmetros analíticos, como indicado no Quadro 8.8 (NEIWPC, 2003; Brown *et al.*, 2004). Estes são particularmente úteis se efectuados em complemento à inspecção visual.

Um dos primeiros métodos utilizados para avaliar a presença de águas residuais domésticas era baseado no rácio entre *Coliformes fecais* e *Streptococos fecais*. Este método não apresenta resultados fiáveis em várias situações pelo que tem vindo a ser abandonado (Pitt *et al.*, 2000).

Quadro 8.6 – Parâmetros recomendados para detecção de ligações indevidas a colectores

Parâmetro	Finalidade
Condutividade	▪ Utilizado como indicador de sólidos dissolvidos
Amónia	▪ Concentrações elevadas podem indicar presença de águas residuais
Surfactantes	▪ Indicador da presença de detergentes (originários de lavagens de roupa, veículos, etc.)
pH	▪ Valores muito elevados ou muito baixos podem derivar da existência de descargas de actividades comerciais ou industriais
Temperatura	▪ Em estação fria, temperaturas mais elevadas da água descarregada podem derivar de presença de águas de origem industrial ou doméstica
Cloro total	▪ Indicador de água de abastecimento (por exemplo, fugas de condutas), mas presença em águas naturais pode limitar o uso
Potássio	▪ Níveis elevados podem estar associados a águas residuais
Branqueadores ópticos	▪ Indicador de presença de detergentes para a roupa
Bactérias (<i>E. coli</i> ou <i>E. enterococci</i>)	▪ Indicador de contaminação fecal e portanto de águas residuais

Em situações em que a monitorização da qualidade da água de descargas e dos meios receptores (*e.g.*, em águas balneares) é efectuada de modo regular, estes resultados podem ser verificados para detectar situações de presença de descargas de águas residuais. Pode ser eventualmente conveniente complementar os parâmetros determinados ou efectuar amostras complementares.

Informação complementar pode ser obtida a partir de fotografia aérea, no espectro visível ou de infravermelhos, ou termografia (NEIWPC, 2003), mas é um método dispendioso.

Naturalmente que em tempo seco não será possível despistar ocorrências induzidas por precipitação pelo que é necessário proceder à monitorização com equipamentos de medição de caudal ou nível, associados a colectores automáticos de amostras, para avaliar a magnitude do problema em cada local de descarga. O cumprimento da legislação em vigor torna inevitável, mais cedo ou mais tarde, a execução desta monitorização, de modo a ser

possível comprovar o nível de desempenho dos sistemas de águas residuais e pluviais.

Modelação para apoio à definição de programas de minimização de aflúências indevidas e exfiltração

A modelação matemática de sistemas de águas residuais e pluviais pode ser de utilidade para apoio, quer ao diagnóstico, quer à selecção de medidas de intervenção e estabelecimento de metas. No entanto, os requisitos de informação são substanciais e o desenvolvimento do modelo deve ser sempre complementado por trabalho de campo, com recurso aos métodos anteriormente apresentados para definição da magnitude do problema e das causas predominantes para cada tipologia de subsistema.

No caso de redes separativas domésticas, ou de redes unitárias onde se pretenda reduzir o impacto das aflúências derivadas de precipitação, importa identificar as áreas de captação de águas pluviais ligadas e aferir qual a redução desejável mínima compatível com o desempenho aceitável do sistema. Nestes casos a modelação pode ser de grande utilidade.

No caso de redes separativas pluviais, o desempenho insuficiente está normalmente associado a questões de qualidade e não de quantidade, sendo que, na maioria das situações, o caudal associado às ligações indevidas é pouco significativo. No entanto, o impacto da descarga continuada sem tratamento em meios receptores é normalmente significativo. Assim, nestes casos, a modelação matemática não é o método mais adequado.

Para ilustrar a aplicação da modelação num sistema separativo recorre-se a um caso de estudo (David *et al.*, 2004). Neste caso a quantificação do efeito das ligações indevidas nos dois sistemas separativos foi feita recorrendo à modelação matemática para simulação de cenários representativos, tanto em tempo seco como em tempo chuvoso. Os modelos matemáticos das duas redes foram construídos a partir da informação de cadastro e de extenso trabalho de campo. A calibração e verificação dos modelos foram efectuadas por comparação com os caudais medidos nos sistemas. Os caudais de base em tempo seco foram estimados a partir do tratamento dos registos do consumo de água anual, tendo sido determinado um padrão de consumo na bacia para Verão e Inverno. As simulações para verificação dos cenários em tempo chuvoso foram realizadas em ambos os sistemas para os mesmos dias e com três eventos de diferentes intensidades (evento fraco, médio e forte) seleccionados de entre os registados.

O efeito das afluições domésticas e industriais à rede pluvial não é relevante em termos quantitativos. A consequência destas ligações indevidas é a poluição que será descarregada directamente para o meio receptor sem qualquer tratamento prévio.

O impacto das ligações pluviais no sistema separativo doméstico, apesar de percentualmente não serem muitas, é muito significativo em termos da capacidade hidráulica. Para o evento médio estudado o sistema doméstico atinge em alguns colectores o caudal de secção cheia. Para o evento forte, o volume de águas pluviais que afluí indevidamente à rede doméstica provoca a entrada em carga de cerca de metade dos colectores do sistema. Na Figura 8.28 apresentam-se os resultados de medições *versus* os resultados de simulações feitas para definir a percentagem de áreas indevidamente ligadas a uma rede separativa doméstica num caso de estudo.

Para a avaliação do desempenho da rede separativa doméstica utilizaram-se diagramas de simulação dinâmica durante um intervalo de 24 horas. Definiram-se como indicadores a altura e velocidade de escoamento (vide 8.5). Na Figura 8.29 ilustra-se o gráfico de desempenho da mesma rede de colectores, construído com recurso à simulação da resposta para diferentes níveis de afluições (factores de carga), indicando-se o impacto da ocorrência dos três eventos de precipitação com magnitude distinta. A função de desempenho da altura de escoamento considera um desempenho óptimo, ou seja valor 4, quando a altura de escoamento não atinge a meia secção dos colectores. O limite de aceitabilidade para a função correspondente ao valor 2, quando a altura de escoamento iguala o diâmetro do colector, significando que o escoamento começa a fazer-se sob pressão. O desempenho baixa linearmente até zero, quando atinge a cota do terreno, altura em que o sistema extravasa. Verifica-se claramente na Figura 8.29 que, para os eventos de precipitação registados, o desempenho do sistema se deteriora significativamente com o aumento da intensidade e do volume de precipitação.

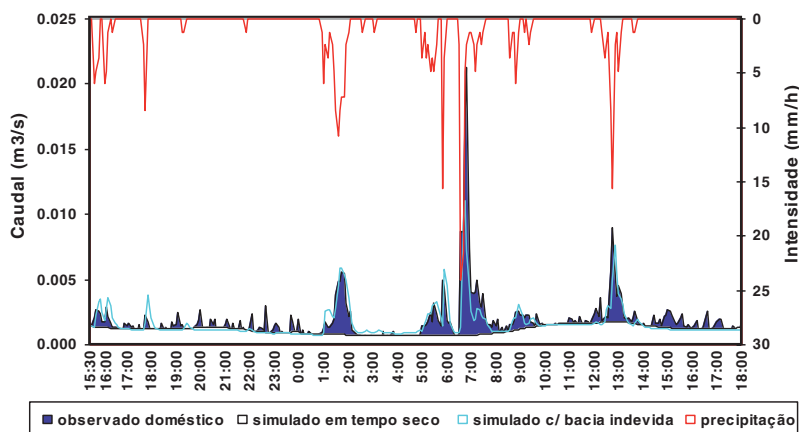


Figura 8.28 – Simulação do efeito da precipitação no caudal da rede separativa doméstica e comparação com observações

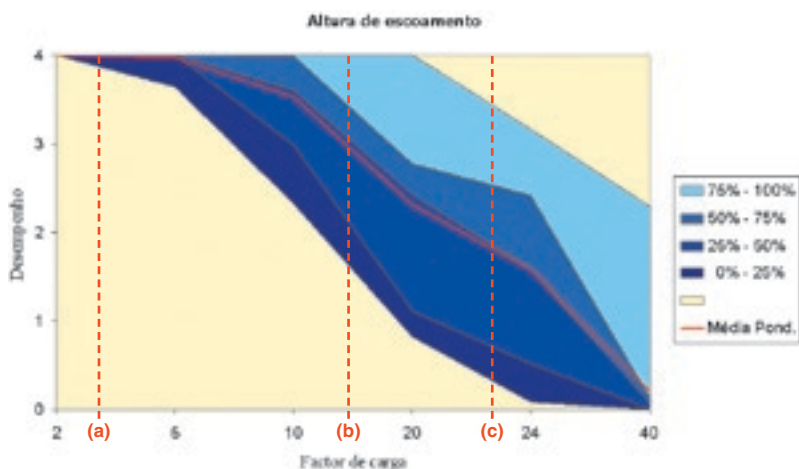


Figura 8.29 – Diagrama de desempenho de um sistema para a altura de escoamento (eventos fraco (a), médio (b) e forte (c))

Relativamente à velocidade, o Decreto Regulamentar n.º 23/95 estipula que deve estar compreendida no intervalo entre $V_{\min} = 0,6 \text{ m/s}$ e $V_{\max} = 3,0 \text{ m/s}$. Para os valores compreendidos neste intervalo, considera-se que o sistema apresenta um desempenho óptimo. Abaixo de V_{\min} e acima de $1,2 \cdot V_{\max}$ o desempenho é considerado nulo. Entre $1,5 \cdot V_{\min}$ e V_{\min} a função de desempenho decresce linearmente, assim como entre V_{\max} e $1,2 \cdot V_{\max}$ (Cardoso e Coelho, 2004). Na Figura 8.30 apresenta-se o diagrama do desempenho do sistema relativamente à velocidade de escoamento.

Devido às características da bacia de drenagem do caso em estudo, uma bacia de cabeceira com pequenos diâmetros e caudais afluentes reduzidos, a entrada de caudais indevidos pode levar a um melhor desempenho da rede, em termos de velocidade, até ao ponto em que a altura de escoamento atinge metade do diâmetro dos colectores (Figura 8.30). A partir do momento em que a altura do escoamento aumenta acima de meia secção o desempenho diminui de óptimo para aceitável, chegando a inaceitável sempre que o caudal ocupa a secção completa. Este é um exemplo de critério orientador para o planeamento de intervenções correctivas das ligações pluviais a redes domésticas.

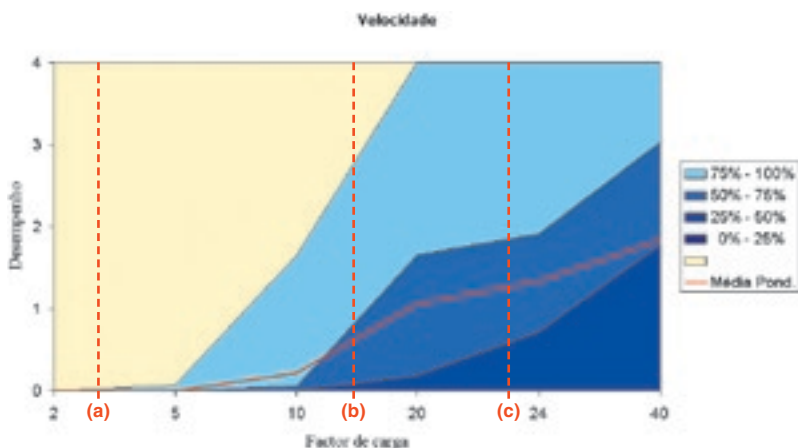


Figura 8.30 – Diagrama do sistema para a velocidade de escoamento (eventos fraco (a), médio (b) e forte (c))

A curva de desempenho associada à velocidade de escoamento ser baseada nos critérios estipulados pelo Decreto Regulamentar n.º 23/95. Assim, pelo que a redução do desempenho devido ao aumento da altura do escoamento é compensada pela melhoria do desempenho associado ao aumento da velocidade de escoamento.

No Quadro 8.7 apresentam-se alguns indicadores de desempenho técnico que foram calculados para o caso de estudo para caracterizar o efeito de afluências indevidas para três eventos de precipitação registados. O indicador de utilização da capacidade de secção cheia, assim como o de proporção de caudal de tempo seco, traduzem eficazmente o efeito dos caudais indevidos no sistema separativo doméstico. Através do quadro pode observar-se que, durante o evento médio, o caudal atingiu a secção cheia e durante o evento forte os colectores entraram em carga, ou seja, do ponto de vista técnico, a secção é significativamente ocupada

pelos caudais indevidos, o que trará problemas a nível do desempenho hidráulico da rede.

Os indicadores *Caudal unitário por área da bacia* e *N.º de ligações incorrectas por área da bacia* têm interesse adicional para estabelecer comparação com outros casos de estudo e para extrapolar valores para outras áreas como estimativa de caudais indevidos sem recorrer a inspecções exaustivas dessas bacias.

Quadro 8.7 – Outros indicadores relevantes na avaliação do desempenho técnico para a situação mais desfavorável observada

	Evento fraco	Evento médio	Evento forte
Utilização da capacidade de secção cheia (%)	24	105	163
Proporção do caudal de t_{seco} (%)	343,3	1492,5	2313,4
Relação com o caudal de t_{seco} (-)	3,4	14,9	23,1
Caudal unitário por área da bacia (l/s/ha)	1	4	7
	Doméstica		Pluvial
N.º de ligações incorrectas por área da bacia (lig./ha) ⁽¹⁾	0,9		1,1
Proporção de ligações incorrectas (%)	12,5		14,3

⁽¹⁾ Corresponde apenas às ligações que foram identificadas

Neste caso de estudo, a rede separativa doméstica tem capacidade de acomodar um caudal até um factor de carga de 10 sem que se registre uma redução inaceitável do desempenho hidráulico, podendo obter-se até alguns benefícios em termos da auto-limpeza. Naturalmente que, em paralelo a esta análise de sub-bacia, seria necessário analisar a capacidade do sistema a jusante e da própria ETAR.

A modelação matemática permite assim estudar a capacidade dos sistemas para acomodar caudais indevidos, permitindo aferir os limites aceitáveis e desejáveis de intervenção.

8.8.6. Medidas de desempenho específicas

Sempre que se proceda à monitorização de caudais e de precipitação é recomendável processar a informação obtida de modo a realizar a avaliação quantitativa da dimensão do problema e da causa predominante das afluências indevidas.

Desde logo é recomendável calcular estatísticas de séries de medição de caudal em cada ponto de medição, para períodos

característicos com ocorrência de precipitação e para períodos de tempo seco.

Assim, para cada ponto de medição e para todos os dias de registo devem ser obtidos os seguintes caudais:

$Qmin_d$ – Caudal mínimo diário (m^3/s)

$Qmed_d$ – Caudal médio diário (m^3/s)

$Qmax_d$ – Caudal máximo diário (m^3/s)

Para estes valores, devem ser calculadas as médias e os quartis para toda a série de observações e para os dias de tempo seco. A comparação permite avaliar se existem diferenças significativas para os caudais mínimos, máximos e médios, desde que os períodos de medição sejam representativos dos processos à escala anual. A interpretação das diferenças deve levar em conta as condições locais que possam ser determinantes no comportamento em estudo, por exemplo, a variação da população flutuante.

Adicionalmente, a fim de aferir a qualidade das medições em cada local, devem ser calculados os *scattergraphs* semanais com a respectiva apreciação (Figura 8.31).

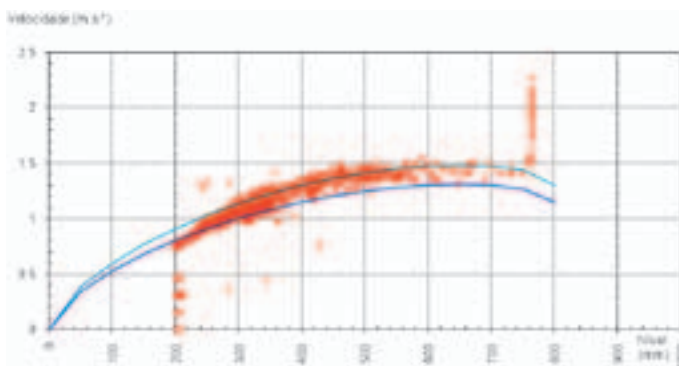


Figura 8.31 – Representação nível versus velocidade (*scattergraph*)

Por outro lado, devem ser considerados os indicadores de desempenho específicos que possam ser calculados com a informação disponível, quer para a macro, quer para a micro-escala. No Quadro 8.8 apresentam-se exemplos de indicadores específicos para avaliação da infiltração, tendo por base a sua relação com o caudal mínimo. Encontram-se exemplos de aplicação de indicadores a estimativas do caudal de infiltração em Cardoso *et al.* (2005) e Cardoso *et al.* (2008).

Vários métodos estão reportados em bibliografia para determinar o caudal de infiltração (De Bénédittis, 2004; De Bénédittis e Bertrand-Krajewski, 2005). No entanto, a maioria apresenta limitações importantes pelo que se recomenda a análise da evolução do caudal mínimo antes de proceder a aplicações de outros métodos.

No Quadro 8.9 dão-se exemplos de indicadores de desempenho para aflúências indevidas de origem pluvial à rede doméstica, determinados com base em eventos de precipitação registados. No Quadro 8.10 apresentam-se exemplos de indicadores de desempenho para aflúências indevidas de origem doméstica ou industrial à rede pluvial.

Quadro 8.8 – Indicadores de desempenho para a infiltração, calculados com base no caudal mínimo diário

Designação	Indicador (unidade)	Definição
<i>Caudal mínimo = f (Infiltração)</i>		
ID1	$\frac{Q_{\min_{dis}}}{Q_{sc}} (\%)$	Utilização da capacidade da secção cheia pelo valor do caudal mínimo diário de tempo seco
ID2	$\frac{Q_{\max_{dis}}}{Q_{sc}} (\%)$	Utilização da capacidade da secção cheia
ID3	$\frac{Q_{\min_{dis}}}{Q_{mts}} (\%)$	Proporção do caudal mínimo diário de tempo seco no caudal médio de tempo seco
ID4	$\frac{Q_{\max_{dis}}}{Q_{mts}} (-)$	Relação entre o caudal máximo diário de tempo seco e o caudal médio de tempo seco
ID5	$\frac{Q_{\min_{dis}}}{L_{colector}} (m^3/dia/km)$	Caudal mínimo diário de tempo seco por unidade de comprimento do colector

Quadro 8.9 – Indicadores de desempenho para afluições indevidas à rede doméstica de origem pluvial

Designação	Indicador (unidade)	Definição
<i>Ligações indevidas de origem pluvial à rede doméstica (eventos de precipitação registados)</i>		
ID6	$\frac{Q_{\max_{tc}}}{Q_{sc}} (\%)$	Utilização da capacidade da secção cheia em tempo de chuva
ID7	$\frac{V_{tc}}{V_{mts}} (-)$	Proporção do volume de escoamento em tempo de chuva relativamente ao de tempo seco
ID8	$\frac{V_{tc} - V_{mts}}{V_{pu}} (\%)$	Proporção do volume de escoamento que indevidamente aflui ao sistema relativamente à precipitação útil

Quadro 8.10 – Indicadores de desempenho para afluições indevidas à rede pluvial de origem doméstica ou industrial

Designação	Indicador (unidade)	Definição
<i>Ligações indevidas de origem doméstica ou industrial à rede pluvial</i>		
ID9	$\frac{Q_{\max_{ts}}}{Q_{sc}} (\%)$	Utilização da capacidade da secção cheia em tempo seco
ID10	$\frac{V_{ARD}}{V_{SP}} (\%)$	Proporção do volume de escoamento que indevidamente aflui ao sistema relativamente ao volume total escoado no período de tempo

As variáveis utilizadas nos indicadores são as seguintes:

- $L_{colector}$ – Comprimento total de colector a montante do ponto de medição (km)
- $Q_{min_{dts}}$ – Caudal mínimo diário de tempo seco (m^3/s)
- $Q_{med_{dts}}$ – Caudal médio diário de tempo seco (m^3/s)
- $Q_{max_{dts}}$ – Caudal máximo diário de tempo seco (m^3/s)
- $Q_{max_{tc}}$ – Caudal máximo ocorrido no evento de precipitação (m^3/s)
- $Q_{max_{ts}}$ – Caudal máximo observado em tempo seco (m^3/s)

- Q_{mts} – Caudal médio de tempo seco (m^3/s)
- Q_{sc} – Caudal de secção cheia (m^3/s)
- V_{ARD} – Volume total de águas residuais afluentes ao sistema separativo pluvial no período em análise (m^3)
- V_{tc} – Volume de água no evento de precipitação (m^3)
- V_{mts} – Volume médio de águas residuais de tempo seco (m^3)
- V_{pu} – Volume de precipitação útil caído na bacia (m^3). V_{pu} é calculado considerando o produto $A_{lbacia} \times P_u$, sendo A_{lbacia} (ha) a área impermeável de drenagem pluvial da bacia e P_u (mm) a precipitação útil caída na bacia.
- V_{SP} – Volume total afluente ao sistema separativo pluvial no período em análise (m^3)

Os indicadores ID1 a ID5 e ID9 devem ser calculados diariamente para o período de tempo seco. Para estes valores devem ser feitas as médias e os quartis para toda a série de observações.

Os indicadores ID6 a ID8 devem ser calculados por evento de precipitação. Para estes valores devem ser feitas as médias e os quartis.

O indicador ID10 deve ser calculado para intervalos de tempo representativos, por exemplo, anualmente.

A interpretação dos indicadores deve ser feita conjuntamente com a informação obtida das áreas em estudo e dados de inspecções e testes que tenham sido efectuados. Podem ainda ser calculados tendo por base resultados de modelação matemática.

As metas a estabelecer para cada indicador devem ter em consideração os objectivos da operação de cada sistema e subsistema, e condições de vulnerabilidade local (e.g., áreas sensíveis). A aplicação directa dos critérios de dimensionamento estipulados no Decreto Regulamentar n.º 23/95, de 23 de Agosto, leva, em geral, à sobrevalorização dos problemas locais e não corresponde normalmente às prioridades de decisão das entidades gestoras, num contexto mais genérico de exploração dos sistemas.

8.9. Instrumentos integrados de apoio à decisão em reabilitação

8.9.1. Nota introdutória

Em termos gerais, a abordagem ao processo de reabilitação de sistemas de águas residuais e pluviais inclui uma sequência lógica e articulada de procedimentos, pesquisas, medidas, acções e processos de decisão, conforme já foi descrito nos capítulos 4 a 7. Adicionalmente, este processo requer grande quantidade de informação que deve ser eficientemente gerida, de forma a tirar-se dela o melhor partido, como se descreveu em 8.2 e 8.3.

Tradicionalmente, as decisões de reabilitação dos sistemas de águas residuais e pluviais não eram fundamentadas de uma forma clara. Geralmente, as decisões baseavam-se na experiência prática, após a ocorrência de falhas de funcionamento nos sistemas, *i.e.*, numa perspectiva reactiva. Uma abordagem integrada potencia a eliminação da ineficiência gerada pela fragmentação, permitindo a integração dos dados e dos recursos de *software*, coordenação do processo de tomada de decisão, e uma partilha e gestão eficientes dos dados (Halfawy, 2008).

Por estes motivos, os novos desenvolvimentos que se têm verificado nesta área procuram beneficiar das facilidades computacionais, desenvolvendo programas informáticos que permitam integrar as várias componentes dos processos incluídos no planeamento da reabilitação. Desta forma, tem-se procurado desenvolver instrumentos computacionais integrados de apoio à decisão, aplicados à reabilitação, que incluam, de forma coerente e articulada, os diversos instrumentos disponíveis – armazenamento, processamento, disponibilização e visualização de dados, modelação matemática, avaliação de desempenho, análise e previsão de falhas, análise custo-benefício e outras metodologias de avaliação multicritério. Esta abordagem permite estabelecer prioridades de reabilitação nos sistemas devidamente fundamentadas, numa perspectiva de actuação preventiva.

Nos últimos anos tem-se assistido a diversos desenvolvimentos relativos a metodologias, modelos e ferramentas computacionais para apoiar a reabilitação de sistemas de águas residuais e pluviais. Referem-se alguns trabalhos desenvolvidos, nomeadamente a metodologia proposta pelo Water Research Centre (WRc, 2001), em Inglaterra; a metodologia proposta pelo Programa de Investigação e Desenvolvimento Francês RERAU (Réhabilitation des Réseaux d'Assainissement Urbains) (RERAU, 1998 **op. cit.** in Le Gauffre *et al.*, 2002), em França; modelos de deterioração dos colectores

(Baur e Herz, 2002), na Alemanha; um sistema de apoio à decisão, baseado em SIG, para avaliação das tecnologias de renovação em sistemas de abastecimento de águas e drenagem de águas residuais desenvolvido no NRC Canadá (Halfawy e Baker, 2008). Refere-se, ainda, o projecto europeu intitulado CARE-S – *Computer Aided REhabilitation of Sewer Networks*, que se descreve com maior detalhe na secção seguinte.

8.9.2. Sistema CARE-S

O sistema CARE-S constitui actualmente uma referência no que diz respeito a sistemas computacionais integrados para apoio à reabilitação de sistemas de águas residuais e pluviais. Foi desenvolvido no âmbito do projecto CARE-S – *Computer Aided Rehabilitation of Sewer Networks*, co-financiado pelo 5.º Programa Quadro de Investigação e Desenvolvimento da União Europeia.

O projecto decorreu entre 2002 e 2005, foi coordenado pelo SINTEF (Noruega) e contou com a participação de dezasseis universidades e institutos de investigação e desenvolvimento (I&D) europeus, responsáveis pelo desenvolvimento dos diversos módulos, e dezanove entidades gestoras europeias de sistemas de águas residuais e pluviais, assim como uma instituição australiana que, na qualidade de utilizadores finais do projecto, permitiram testar o protótipo e contribuíram com sugestões e críticas. Portugal participou neste projecto através do LNEC, como parceiro de I&D, e dos Serviços Municipalizados de Oeiras e Amadora como utilizador final (Figura 8.32).

A abordagem CARE-S é inovadora e continua a apresentar grande actualidade e pertinência. A característica mais relevante prende-se com a análise integrada que é proposta, desde o diagnóstico da situação e identificação de deficiências, ao planeamento global e detalhado das intervenções de reabilitação.

Este projecto teve como finalidade desenvolver um sistema de apoio à decisão que permitisse apoiar pragmaticamente o gestor de sistemas de águas residuais a dar respostas às questões: *onde, quando, quanto e como reabilitar redes de drenagem de águas residuais*. O produto final deste projecto concretiza-se numa aplicação computacional, que se esquematiza na Figura 8.33, e que inclui (Saegrov, 2005):

- uma ferramenta para cálculo de indicadores de desempenho relevantes para as decisões de reabilitação, incluindo procedimentos analíticos e estatísticos para analisar e prever esses indicadores;

- um procedimento para definir as deficiências e os riscos sócio-económicos e ambientais;
- uma base de dados de tecnologias de reabilitação para apoiar a escolha da tecnologia de reabilitação adequada;
- diversas ferramentas de avaliação do desempenho hidráulico, ambiental e da condição estrutural do sistema e das suas alterações ao longo do tempo;
- uma ferramenta para definir a melhor estratégia de reabilitação de longo prazo, tendo em conta as restrições de investimento;
- uma ferramenta de análise multicritério para apoio à decisão na selecção de projectos de reabilitação com elevada prioridade;
- um programa computacional que permite aos consultores e prestadores de serviços de águas residuais utilizar as ferramentas descritas, de acordo com as respectivas necessidades e com os dados disponíveis.



Figura 8.32 – Participantes no projecto CARE-S

O sistema CARE-S pretende ajudar a responder às seguintes questões:

- Qual é a condição de determinado colector ou do sistema no seu conjunto?
- Quais são os colectores mais vulneráveis?
- Qual a previsão futura de falhas e de obstruções?
- Como definir prioridades na selecção de projectos de reabilitação?
- Que tecnologias de reabilitação seleccionar?
- Quais as consequências sócio-económicas, quer das falhas no sistema, quer dos trabalhos de reabilitação?
- Quais são as necessidades de investimento futuro no sistema de águas residuais e pluviais?
- Como se poderá planear melhor a reabilitação do sistema de águas residuais?

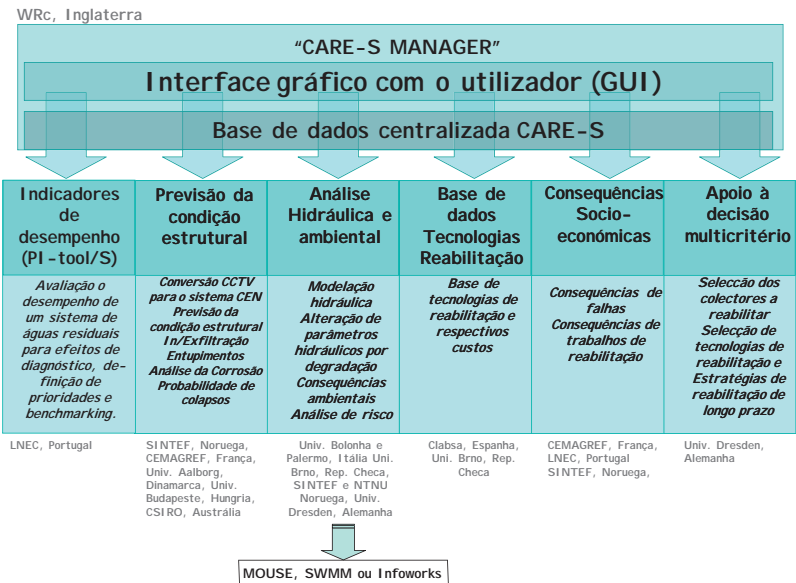


Figura 8.33 – Componentes principais do protótipo CARE-S

Como principais resultados, regista-se um vasto conjunto de publicações sobre a matéria e o protótipo CARE-S, um sistema computacional composto por um módulo de gestão da informação

e um conjunto de módulos de apoio ao diagnóstico. O módulo de gestão da informação inclui um sistema de informação geográfica simplificado, um sistema de gestão de bases de dados, capacidades de importação e exportação de dados e de representações gráficas de resultados. A vertente de apoio ao diagnóstico inclui módulos de avaliação do desempenho, de análise e previsão de falhas e de análise de fiabilidade hidráulica. Os módulos de apoio ao planeamento subdividem-se em apoio ao planeamento anual, apoio ao planeamento a longo prazo e apoio à selecção da tecnologia de reabilitação de colectores a adoptar.

A Comissão Europeia fez uma avaliação muito positiva dos resultados destes projectos, reconhecendo-lhes um grande potencial de aplicação prática não só na Europa, incluindo os novos países aderentes, mas também noutros mercados com destaque para o norte-americano. Por isso, tem vindo a incentivar a actualização e possível comercialização dos protótipos produzidos. Contudo, estes produtos resultam de um projecto de investigação com uma clara componente de inovação, estando, inevitavelmente, ainda longe de cumprir a satisfação plena dos requisitos inerentes à sua utilização em meio empresarial. Há pois necessidade de evoluir, desenvolvendo, a partir dos conhecimentos adquiridos, um sistema computacional de apoio à decisão mais robusto e ajustado à realidade de cada país.

Partindo dos resultados de investigação anteriores e incorporando os procedimentos recomendados no presente manual, o LNEC, a ERSAR, o Instituto Superior Técnico, o SINTEF e a empresa YDreams associaram-se para desenvolverem, com o financiamento de fundos EEA e a colaboração de diversas entidades gestoras portuguesas, o projecto *AWARE-P – Advanced Water Asset Rehabilitation in Portugal*.

Neste contexto, está em desenvolvimento (até 2011) o sistema computacional *AWARE-P*, que constitui uma evolução dos protótipos *CARE-W (Computer Aided Rehabilitation of Water Networks)* e *CARE-S (Computer Aided Rehabilitation of Sewer Networks)*. Atendendo à experiência adquirida e às especificidades do país, o sistema *AWARE-P* vai incluir as funcionalidades mais importantes dos sistemas que o precederam e diversas outras, consideradas relevantes. Dado que o projecto é coordenado pelo LNEC e conta, entre os parceiros de desenvolvimento, a ERSAR e o IST, vai ser possível assegurar a plena compatibilidade com as recomendações do presente manual. Vai ser programado de raiz por profissionais, de modo a garantir coerência e robustez do *software*.

Para além das aplicações computacionais profissionais, o projecto visa produzir manuais de boas práticas (edições revistas do presente Guia Técnico e do seu correspondente para os sistemas de abastecimento de água), elaborar casos de demonstração e promover e realizar acções de formação.

O âmbito territorial de aplicação imediata é Portugal. Os produtos do projecto AWARE-P serão distribuídos gratuitamente a todas as entidades gestoras portuguesas, a par com a realização das acções de formação programadas.

8.9.3. Estrutura e funcionalidades do sistema CARE-S

Em termos de ferramentas actualmente disponíveis para apoio à adopção de uma abordagem sistemática e estruturada de reabilitação, destaca-se, como referido, o sistema CARE-S.

O objectivo do projecto foi o desenvolvimento de uma abordagem integrada dos problemas da reabilitação de colectores, com a produção de um relatório técnico e do protótipo de uma aplicação informática, o “CARE-S Prototype” (Saegrov, 2006), que integra diversas ferramentas de avaliação, análise e planeamento.

Abordagem e estrutura-base do protótipo CARE-S

De forma simplificada, a abordagem CARE-S consiste na aplicação sistemática, pelas entidades gestoras interessadas em implementar uma estratégia de reabilitação de colectores, das seguintes actividades:

- Avaliação do desempenho do sistema (globalmente e/ou por sectores), com base no cálculo de indicadores de desempenho.
- Análise do histórico de falhas do sistema e previsão do número de futuras ocorrências para cada tipo de colector.
- Avaliação da importância relativa de cada colector em termos de fiabilidade hidráulica do sistema.
- Planeamento das intervenções de reabilitação e comparação do impacte de alternativas distintas, a curto e longo prazos.

O Protótipo CARE-S foi desenvolvido de modo a facilitar a aplicação desta abordagem, contemplando um conjunto de ferramentas que podem ser utilizadas individualmente ou num ambiente integrado. A Figura 8.33 sintetiza a estrutura adoptada. Nesta figura mostra-se o conjunto de ferramentas desenvolvido e as instituições

de investigação responsáveis por cada módulo. Este conjunto de ferramentas ajuda a identificar os colectores mais problemáticos da rede de colectores, a definir prioridades de reabilitação e a planear as intervenções. É possível atender a diversos critérios simultaneamente, tais como o histórico das falhas, a importância de cada elemento em termos da fiabilidade hidráulica da rede e as consequências sócio-económicas, entre outros. Uma vez que os recursos financeiros são inevitavelmente limitados, é possível analisar estratégias diferentes de investimento e avaliar o seu impacto a médio e longo prazos.

CARE-S Manager

O CARE-S Manager é uma aplicação computacional que gere uma base de dados centralizada, dispondo para o efeito de um sistema de gestão de bases de dados e de um sistema de informação geográfica (SIG) simplificado, que permitem arquivar toda a informação. O CARE-S Manager é a plataforma integradora dos vários módulos individuais e permite introduzir, importar, exportar e seleccionar dados, correr as aplicações associadas a cada módulo e representar geograficamente tanto dados como resultados.

A especificação do problema pode ser feita tirando partido das propriedades do SIG, que permite definir graficamente os limites da parcela do sistema a analisar por características (por exemplo, analisar o comportamento de colectores de determinados materiais, diâmetros, idade). O CARE-S Manager prepara automaticamente os dados da forma que cada módulo específico requer e permite correr a respectiva aplicação.

A Figura 8.34 e a Figura 8.35 ilustram algumas janelas do CARE-S Manager.

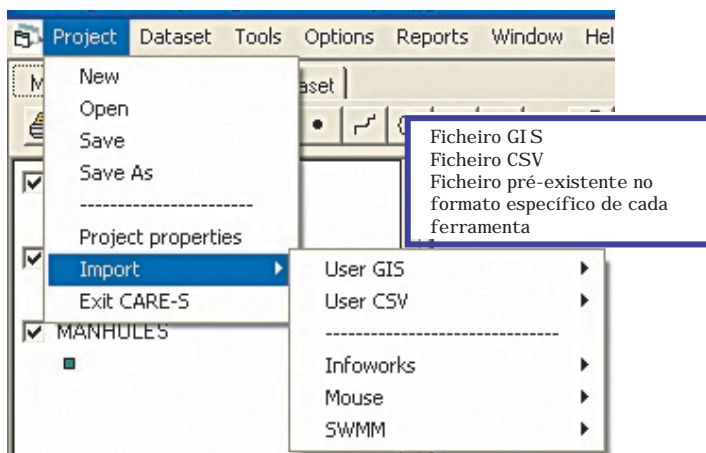


Figura 8.34 – Janela de importação de dados do “CARE-S Manager”

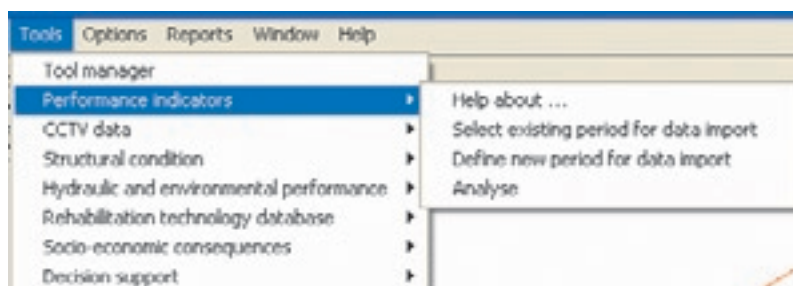


Figura 8.35 – Janela para correr as ferramentas específicas a partir do “CARE-S Manager”

PI-Tool/S – Módulo de avaliação do desempenho

Seguindo os passos propostos na abordagem CARE-S, o primeiro módulo a utilizar é, em geral, o PI-Tool/S, que permite apoiar o diagnóstico através da avaliação de indicadores de desempenho relevantes para a reabilitação de colectores. Os indicadores foram definidos, tendo como base o sistema de indicadores de desempenho da IWA (Matos *et al.*, 2003). A aplicação informática permite seleccionar os indicadores e variáveis de interesse para o caso em análise, introduzir os dados correspondentes, calcular os indicadores e variáveis, produzir tabelas e gráficos de resultados. A Figura 8.36, a Figura 8.37 e a Figura 8.38 mostram exemplos de janelas desta aplicação.

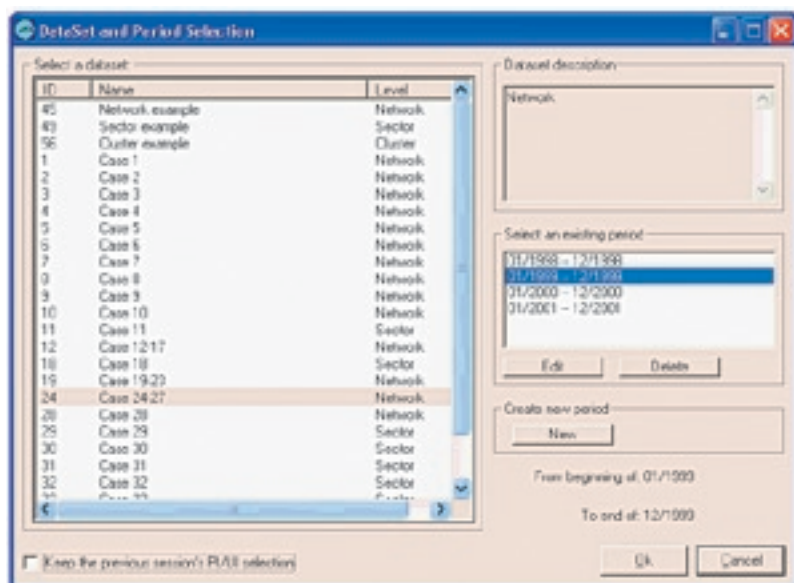


Figura 8.36 – PI-Tool/S: Janela para escolha do “data set” com que se pretende trabalhar

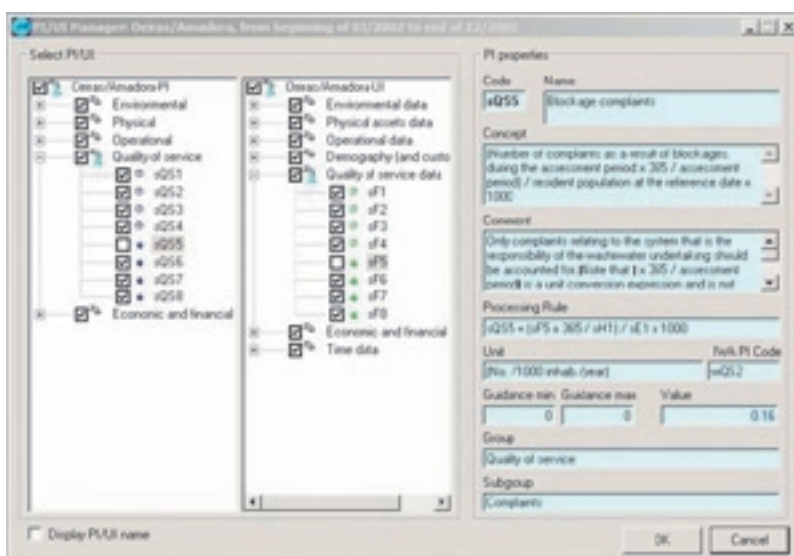


Figura 8.37 – Janela para selecção de indicadores e de variáveis no módulo de avaliação de desempenho

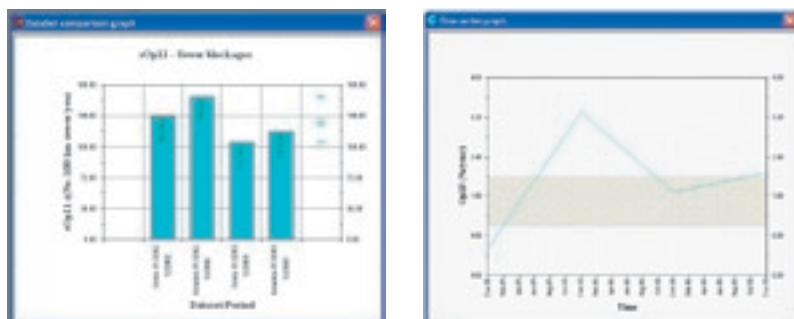


Figura 8.38 – Janelas dos gráficos produzidos automaticamente

Módulo de conversão de dados CCTV

As ferramentas do CARE-S que utilizam dados de inspecção CCTV requerem que estes se encontrem codificados de acordo com a norma europeia EN 13508-2:2003. O módulo de conversão permite a um utilizador de um certo país converter uma base de dados de inspecção CCTV, segundo qualquer norma nacional incluída no conversor, para uma base de dados, de acordo com a norma europeia EN 13508-2:2003.

Módulo de previsão de falhas

Para planear intervenções de reabilitação é importante ter uma noção tão fiável quanto possível sobre a evolução previsível da ocorrência de falhas no sistema, no caso de não se reabilitar. É essa a função do módulo de previsão de falhas. Para o usar, é necessário dispor de registos (preferencialmente geo-referenciados) das ocorrências de falhas no sistema nos anos anteriores. As ferramentas integrantes do módulo de previsão de falhas permitem ao utilizador obter informação geral do sistema no que respeita à condição estrutural, à infiltração e exfiltração, à corrosão interna e externa e à probabilidade de colapso.

O GompitZ é um programa constituído por dois módulos executáveis: o Gompcal e o Gompred. O Gompcal calcula a probabilidade de ocorrência de uma determinada condição estrutural para uma dada idade do colector. O Gompred permite a simulação de cenários de reabilitação e de previsão da condição estrutural de colectores.

A IE tool (Infiltration-Exfiltration tool) permite estimar o volume da infiltração e da exfiltração em colectores gravíticos, para períodos de 24 horas, e o respectivo volume horário.

A Blockage tool é uma ferramenta que permite ao utilizador avaliar a probabilidade de ocorrência de obstruções num colector. A ferramenta baseia-se num modelo estatístico factorial, onde os factores são identificados através de uma análise estatística do histórico das obstruções. A ferramenta é calibrada pelo utilizador e efectua os cálculos para todos os colectores presentes na base de dados através de uma rotina automática. A qualidade e a fiabilidade dos resultados aumentam com o número de anos do histórico de dados.

O CARE-S Manager inclui duas ferramentas para a análise do risco de corrosão, o Z-Model e o Wats. O Z-Model tem uma abordagem simples, com base numa fórmula modificada de cálculo do parâmetro Z de Pomeroy, e cujos resultados são expressos em termos qualitativos. O Wats é um programa mais complexo, tendo por base um modelo hidráulico. O resultado do Wats é expresso numa taxa de corrosão para cada colector em mm/ano. A janela de resultados do Z-Model, encontra-se representada na Figura 8.39.

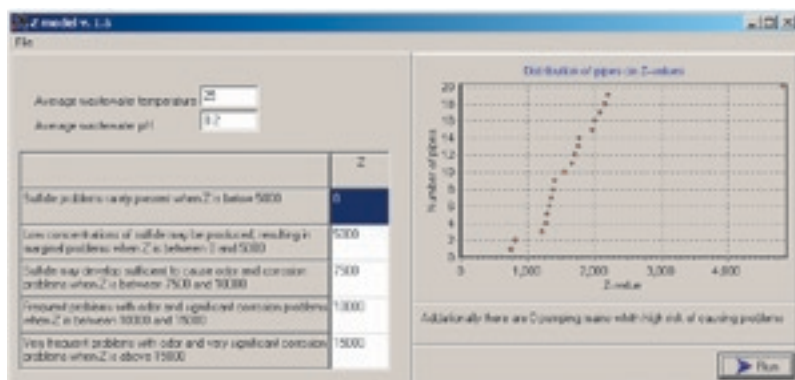


Figura 8.39 – Janelas de resultados do Z-Model

O ExtCorr é um programa que estima empiricamente a corrosão externa dos colectores de betão através de uma fórmula que considera a humidade do solo, o nível de resistência do colector, o ano de instalação e um ano de previsão. O resultado obtido é a corrosão externa total para cada colector expresso em milímetros para o horizonte de previsão definido.

O Load é um modelo que calcula os esforços externos aos quais os colectores de betão simples e de secção circular estão expostos, baseando-se nas cargas externas e nas características dos colectores. A relação entre carga e resistência resulta num factor de segurança e numa probabilidade de colapso para cada colector.

Os resultados do Load apresentam uma maior fiabilidade quando se disponibilizam dados relativos ao tráfego, à corrosão externa e interna, e aos níveis freáticos. Consequentemente, para se obterem resultados mais coerentes, é necessário utilizar previamente as ferramentas Wats e ExtCorr.

Os resultados obtidos neste módulo permitem ao utilizador planear futuras inspecções CCTV, operações de limpeza de colectores e dispor de uma apreciação geral e sumária da condição estrutural do sistema.

Módulo de análise hidráulica e ambiental

O módulo da análise hidráulica e ambiental permite ao utilizador avaliar a fiabilidade hidráulica e ambiental do sistema em estudo. Este módulo é constituído por cinco ferramentas. A ferramenta Degradation tool traduz a degradação dos colectores através de parâmetros que reproduzem as mesmas condições hidráulicas causadas pelos efeitos da degradação. Nos colectores em que a inspecção CCTV revela defeitos, os seus efeitos hidráulicos são calculados utilizando esta ferramenta. Estes efeitos são avaliados em termos de coeficiente de perda de carga local, um novo coeficiente de rugosidade, ou ainda como uma nova área da secção transversal dos colectores. Os parâmetros hidráulicos obtidos são utilizados para recalcular o modelo hidráulico, tendo em conta a degradação. Os resultados obtidos são utilizados pela ferramenta Hydraulic model que gera um novo ficheiro de entrada para o programa de simulação hidráulica (MOUSE, SWMM ou Hydroworks). Após a nova simulação hidráulica, o ficheiro de resultados do modelo retorna ao CARE-S Manager.

A aplicação GAT (Groundwater Assesment Tool) permite avaliar a vulnerabilidade da água subterrânea em relação à exfiltração dos colectores. Este programa baseia-se em métodos de avaliação pré-definidos e permite identificar quais são as áreas mais sensíveis à poluição com origem na exfiltração. Os resultados produzidos são a vulnerabilidade de cada área. A vulnerabilidade é expressa através de um valor numérico ou através de intervalos qualitativos que consideram uma baixa, média ou elevada vulnerabilidade.

O CAT (Combined Sewer Overflow Assessment Tool) é um programa que permite avaliar o impacte de descargas dos sistemas nas águas receptoras. A avaliação é realizada com base na legislação nacional. A aplicação inclui uma base de dados de legislação de vários países europeus, que pode ser actualizada pelo utilizador.

O Hellmud é um modelo matemático direccionado para análise da fiabilidade ambiental e hidráulica de um sistema. Esta análise é efectuada para um cenário predeterminado, através da definição de critérios de fiabilidade e da selecção de eventos de precipitação previamente introduzidos no CARE-S Manager, pelo utilizador. Esta ferramenta também permite analisar várias estratégias de reabilitação em termos de fiabilidade. Os resultados obtidos são posteriormente utilizados no processo de selecção dos colectores candidatos à reabilitação e na aplicação de análise sócio-económica das falhas, Socio-Fail. A Figura 8.40 ilustra uma janela de resultados do Hellmud.

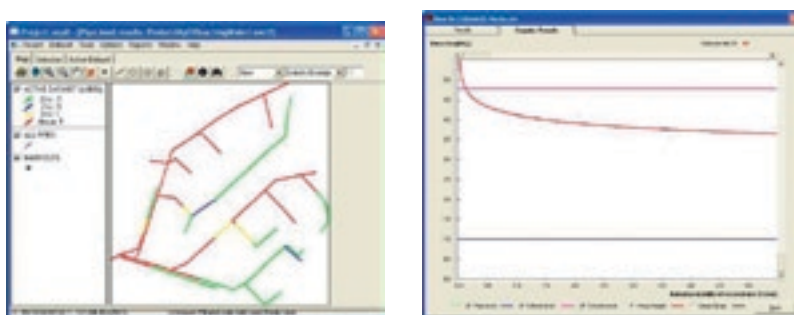


Figura 8.40 – Janelas de resultados do Hellmud

Base de dados de tecnologias de reabilitação

O módulo relativo às tecnologias de reabilitação consiste numa base de dados de métodos, tecnologias de reabilitação e dos custos associados às mesmas. Esta base de dados é passível de ser editada e adaptada à realidade de cada país. As tecnologias de reabilitação seleccionadas através deste módulo são utilizadas nas aplicações que compõem os módulos das consequências sócio-económicas e de apoio à decisão. A Figura 8.41 representa a janela de selecção das tecnologias de reabilitação disponíveis no CARE-S Manager.

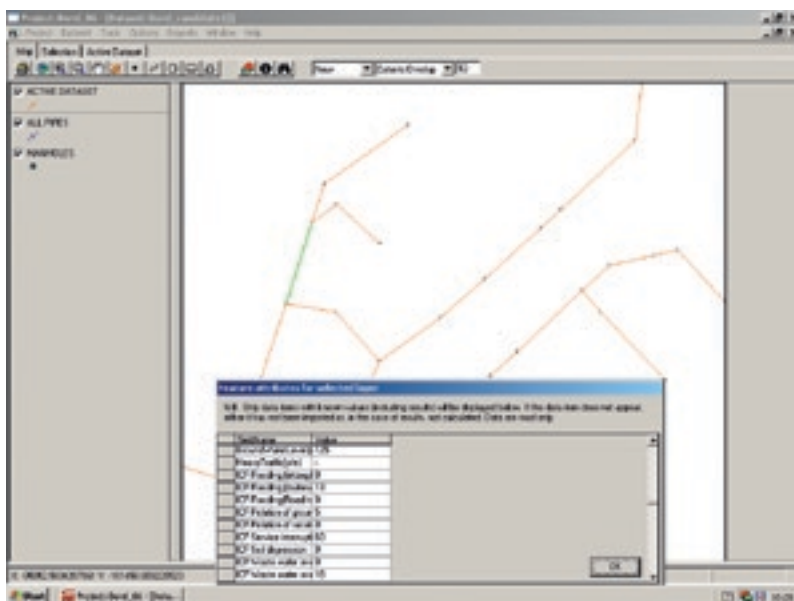


Figura 8.42 – Janelas de resultados do módulo das consequências sócio-económicas

Módulo de apoio à decisão

O módulo de apoio à decisão permite ao utilizador seleccionar os colectores que devem ser reabilitados, as técnicas e as estratégias de reabilitação mais adequadas, através de um processo onde são considerados os resultados e os critérios produzidos pelas ferramentas anteriores. A aplicação SRP (Short Rehabilitation Planning) permite seleccionar os colectores prioritários para um processo de reabilitação a curto prazo. A selecção dos colectores candidatos à reabilitação é efectuada utilizando um processo interactivo de análise de critérios e de dados relativos à condição do colector. Na Figura 8.43 apresentam-se o tipo de resultados obtidos por esta aplicação.

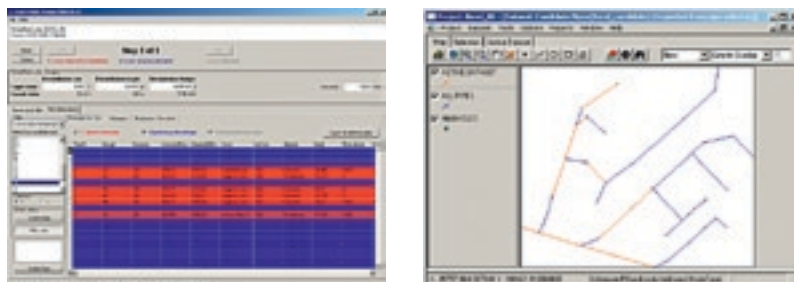


Figura 8.43 – Janelas de resultados de SRP

A aplicação SRT (Selection of Rehabilitation Technology) permite seleccionar a tecnologia de reabilitação mais adequada para um colector, através da comparação sistemática das vantagens e das desvantagens das tecnologias de reabilitação, quando aplicadas a um colector em particular.

A aplicação LTP (Long Term Planning) permite escolher a estratégia de reabilitação a longo prazo, mais vantajosa, comparando as previsões de desempenho e os custos associados às diferentes estratégias. O utilizador pode definir a estratégia em função do valor de comprimento de colectores que pretende reabilitar, do orçamento, ou ainda da condição estrutural que pretende atingir. Na Figura 8.44 apresenta-se um exemplo de resultados da aplicação LTP (Ugarelli *et al.*, 2007).

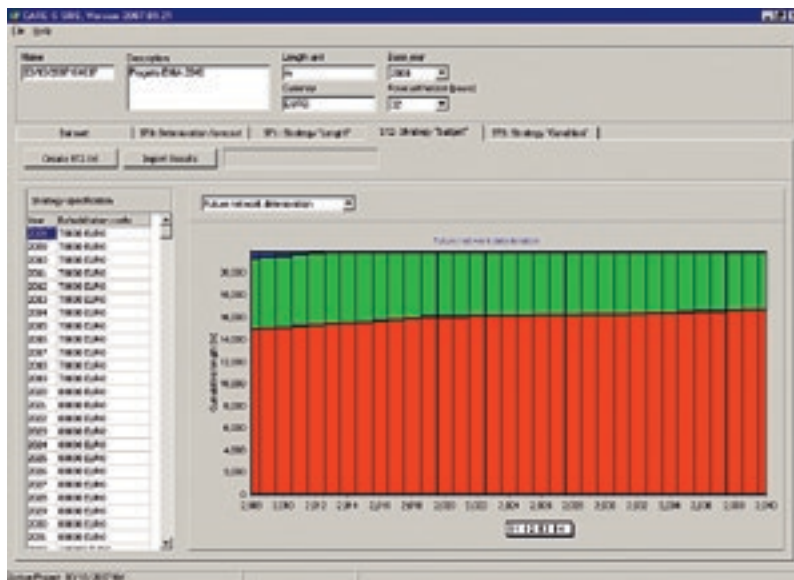


Figura 8.44 – Janelas de resultados de LTP

O sistema CARE-S tem vindo a ser aplicados a diversos casos práticos. Salienta-se, uma aplicação completa deste sistema em *Reggio Emilia*, Itália (Ugarelli *et al.*, 2007).

Contudo, as limitações actuais de utilização do *software* CARE-S requerem, ainda, uma evolução, sem a qual as aplicações práticas ficarão sempre prejudicadas.

9. TÉCNICAS DE REABILITAÇÃO

9.1. Nota introdutória

Neste capítulo são focadas as técnicas de reabilitação de componentes dos sistemas de águas residuais e pluviais, especificamente dos colectores e câmaras de visita. No entanto, algumas destas são também aplicáveis aos ramais e a outros componentes.

Naturalmente que os efeitos da reabilitação dos componentes podem ser de índole estrutural (*e.g.*, reforço da capacidade resistente), de índole hidráulica (*e.g.*, redução da rugosidade, redução da infiltração) e de índole ambiental (*e.g.*, redução da exfiltração de águas residuais através de anomalias).

Em virtude de existir abundante bibliografia nesta matéria, este capítulo tem por base o normativo existente ou em desenvolvimento (*e.g.*, NP EN12889:2008, prEN 15885:2010, prEN 14654-2:2008, ISO/DIS 11295:2008) e ainda algumas referências reconhecidas na área (*e.g.*, Stein, 2001). Propõe-se assim uma classificação das técnicas de reabilitação e de terminologia em português, dado não estar ainda consolidada a tradução dos termos já consagrados noutras línguas.

Após a apresentação das principais classes de técnicas de reabilitação, apresenta-se uma secção sobre a aplicabilidade das técnicas, incluindo um quadro síntese comparativo baseado na experiência internacional referida em bibliografia. Embora a escolha da técnica em cada caso tenha de levar em conta aspectos locais particulares, no final do capítulo apresenta-se ainda uma orientação metodológica e critérios de selecção da técnica mais apropriada a cada caso.

9.2. Classificação das técnicas de reabilitação

As técnicas de reabilitação são comumente classificadas em três tipos: renovação, substituição e reparação, conforme adoptado na norma prEN 15885:2010 (CEN, 2010).

As definições adoptadas são as apresentadas em 2.2.2, de acordo com a EN 752:2008. Assim, **renovação** consiste na intervenção num componente do sistema existente, incorporando o material existente, total ou parcialmente, melhorando o seu desempenho corrente; **substituição** consiste na construção de um novo componente do sistema, incorporando a função do componente

existente que é desactivado, podendo ser ou não no alinhamento do componente existente; e **reparação** consiste na rectificação de anomalias localizadas.

Algumas das técnicas de reabilitação também são aplicadas fora do contexto de reabilitação, nomeadamente, em actividades de manutenção ou com fins preventivos (*e.g.*, protecção do material para evitar degradação posterior). De facto, técnicas de reparação são frequentemente utilizadas também na manutenção e técnicas de renovação são por vezes usadas com carácter preventivo.

No Quadro 9.1 apresenta-se a classificação adoptada para as técnicas de reabilitação de componentes dos sistemas de águas residuais e pluviais. Neste quadro apresentam-se as designações anglo-saxónicas e as adoptadas em português. As principais referências para os diferentes tipos de técnicas são as normas NP EN 12889:2008 (IPQ, 2008b) e NP EN 1610:2008, para as técnicas de substituição, e as normas prEN 15885:2010 e ISO/DIS 11295:2008 (ISO, 2008a), para as técnicas de renovação e de reparação. Embora esta classificação seja direccionada para os sistemas de águas residuais e pluviais está harmonizada com a proposta para os sistemas de abastecimento de água, nos aspectos comuns aplicáveis (Alegre e Covas, 2010).

Nas secções seguintes apresentam-se as principais características, condições de aplicação e vantagens e inconvenientes, de cada família de técnicas de reabilitação de colectores. Para cada técnica refere-se a sua aplicabilidade às câmaras de visita, sendo apresentada uma secção com técnicas que se aplicam especificamente a estes componentes. As siglas utilizadas para os materiais encontram-se especificadas no Anexo IV.

Para além das normas referidas ao longo deste capítulo são ainda aplicáveis normas específicas relativas a princípios de concepção e dimensionamento, incluindo a EN 752:2008, a EN 14801:2006 (CEN, 2006) e a EN 13689:2002 (CEN, 2002c), e normas de produto específicas, incluindo a EN 13566-1:2002 (CEN, 2002a) e a EN 1916:2002 (CEN, 2002d).

Quadro 9.1 – Classificação das técnicas de reabilitação

Tipo de técnica	Famílias de técnicas	
Renovação (<i>Renovation</i>)	Entubamento com tubagem contínua (<i>Lining with continuous pipe</i>)	✗
	Entubamento com tubagem ajustada (<i>Lining with close-fit pipe</i>)	✗
	Entubamento com tubagem curada <i>in situ</i> (<i>Lining with cured-in-place pipe</i>)	✓
	Entubamento com troços de tubagem (<i>Lining with discrete pipes</i>)	✓
	Entubamento com banda em espiral (<i>Lining with spirally wound pipe</i>)	✓
	Entubamento formado <i>in loco</i> (<i>Lining with formed in place</i>)	✓
	Entubamento com segmentos de tubagem (<i>Lining with pipe segments</i>)	✓
	Revestimento projectado ou com cofragem (<i>Lining by sprayed, trowed or cast-in-place material</i>)	✓
Substituição (<i>Replacement</i>)	Substituição com abertura de vala (<i>Open cut or trench replacement</i>)	✓
	Substituição com abertura de vala reduzida (<i>Semi-open cut replacement</i>)	✗
	Substituição em galeria sem intervenção humana (<i>Unmanned trenchless replacement</i>)	✗ Técnicas não dirigíveis (<i>Non-steerable techniques</i>): – Técnicas com deslocamento do solo (<i>Soil displacement techniques</i>) – Técnicas com escavação (<i>Soil removed techniques</i>)
		Técnicas dirigíveis (<i>Steerable techniques</i>): – Microgaleria (<i>Microtunnelling</i>) – Microgaleria com tubo piloto (<i>Pilot jacking with pipe bore</i>) – Perfuração dirigida (<i>Directional drilling</i>)
	Substituição em galeria com intervenção humana (<i>Manned trenchless replacement</i>)	✗ Cravamento de tubagem (<i>Pipe jacking</i>) Outras técnicas com intervenção humana (<i>Other manned techniques</i>)
Reparação (<i>Repair</i>)	Reparação com injecção de argamassa não retráctil (<i>Repair by injection sealing</i>)	✓
	Reparação com remendo curado <i>in situ</i> (<i>Repair with cured-in-place patch</i>)	✓
	Reparação com material projectado (<i>Repair with trowelled material</i>)	✓
	Reparação com vedação por meios mecânicos (<i>Repair by sealing with internal mechanical devices</i>)	✗
	Reparação da ligação de ramal (<i>Repair with lateral connection collar</i>)	✓
	Outras técnicas de reparação (<i>Other repair techniques</i>)	

Legenda: ✗ não aplicável a câmaras de visita; ✓ aplicável a câmaras de visita.

9.3. Técnicas de renovação

9.3.1. Considerações gerais

As principais técnicas de renovação, ou seja, aquelas em que é feita a intervenção num componente existente dos sistemas de águas residuais ou pluviais, incorporando o material existente, total ou parcialmente, melhorando o seu desempenho corrente, são técnicas sem abertura de vala que, na sua maioria, possibilitam o reforço da integridade e da resistência estrutural. As principais famílias consideradas neste guia são:

- Entubamento com tubagem contínua (*Lining with continuous pipe*)
- Entubamento com tubagem ajustada (*Lining with close-fit pipe*)
- Entubamento com tubagem curada *in situ* (*Lining with cured-in-place pipe*)
- Entubamento com troços de tubagem (*Lining with discrete pipes*)
- Entubamento com banda em espiral (*Lining with spirally wound pipe*)
- Entubamento formado *in loco* (*Lining with formed in place pipe* ou *anchor hose process* ou *twin-walled composite lining*)
- Entubamento com segmentos de tubagem (*Lining with pipe segments*)
- Revestimento projectado ou com cofragem (*Lining by sprayed, trowed or cast-in-place material*)

Seguidamente, descreve-se brevemente cada família de técnicas incluindo uma síntese das principais características, condições de aplicação e vantagens e inconvenientes, e normas aplicáveis, com base principal nas normas prEN 15885:2010 e ISO/DIS 11295:2008.

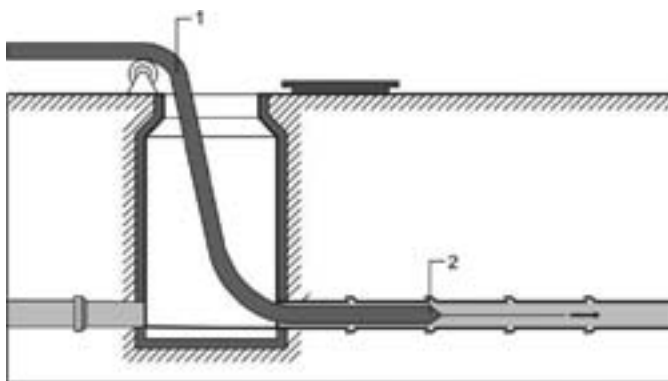
9.3.2. Entubamento com tubagem contínua

Esta técnica consiste na inserção de uma longa tubagem flexível que é contínua num colector, sendo esta continuidade feita previamente à inserção no colector existente. Para a inserção, é necessária a execução de um poço de acesso. A colocação é feita por arrasto, sendo ligada à tubagem uma cabeça através da qual se aplica uma força de tracção.

A aplicação é feita na extensão total entre câmaras de visita, ou poços de acesso escavados para o efeito, ou na extensão que necessita de renovação.

A tubagem inserida não tem alteração de diâmetro, sendo este menor do que o diâmetro do colector existente, existindo espaço entre o colector e a nova tubagem, espaço que é normalmente preenchido com um material de enchimento como argamassa. O preenchimento é recomendado pois permite a fixação da nova tubagem, evita a entrada e circulação de água, gases perigosos e de solo no espaço entre tubagens, favorece a transferência uniforme das cargas ao longo da tubagem e contribui para prevenir o colapso do colector existente.

Deve ser prevista a protecção e lubrificação da tubagem nova durante a operação de inserção. É necessário localizar e tamponar os ramais de ligação, para evitar entrada do material de enchimento nos ramais. Na Figura 9.1 é representada esquematicamente esta técnica de reabilitação.



Legenda

1 Tubagem de revestimento

2 Cabeça de tração

Figura 9.1 – Esquema representativo da técnica de entubamento contínuo

Dependendo do diâmetro e da extensão a repor, a tubagem contínua pode ser fornecida em rolo pelo fabricante ou ser obtida por soldadura de tubos no exterior (Figura 9.2).

Para a aplicação desta técnica, geralmente o troço a reabilitar tem de estar fora de serviço e livre de obstruções ou escoamento. Na Figura 9.3 apresenta-se o faseamento típico de uma obra com este processo, conforme recomendado por Stein (2001).



a) Introdução da tubagem na existente



b) Execução da soldadura entre tubos



c) Colocação por tracção



d) Ponta para tracção e poço de acesso

Figura 9.2 – Entubamento contínuo com soldadura dos tubos

No Quadro 9.2 apresentam-se as principais características e condições de aplicação do entubamento com tubagem contínua, com base nas normas ISO/DIS 11295:2008 e prEN 15885:2010. A principal vantagem desta família de técnicas é a possibilidade de reforçar a capacidade resistente estrutural do colectores existente. De acordo com WRc (2001), as vantagens desta técnica incluem ainda a rápida inserção da tubagem e a possibilidade de poder ser utilizada em curvas com grande raio de curvatura.

A principal desvantagem é a perda significativa de área da secção transversal, levando à redução da capacidade hidráulica da secção, uma vez que, em geral, a redução da rugosidade não é suficiente para compensar a redução da secção transversal. Um ponto fraco da técnica 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. Limitações na execução de troços em curva não são habitualmente relevantes em colectores, já que as curvas e as ligações entre colectores devem ser efectuadas em câmaras de visita. De acordo com WRc (2001) as desvantagens incluem ainda a possibilidade de ocorrer flutuação durante a inserção das argamassas de enchimento, a necessidade de ser efectuada a escavação de um poço para introdução da tubagem, a necessidade de mão-de-obra especia-

lizada significativa para a execução da soldadura das juntas e a dificuldade de ligação dos ramais.

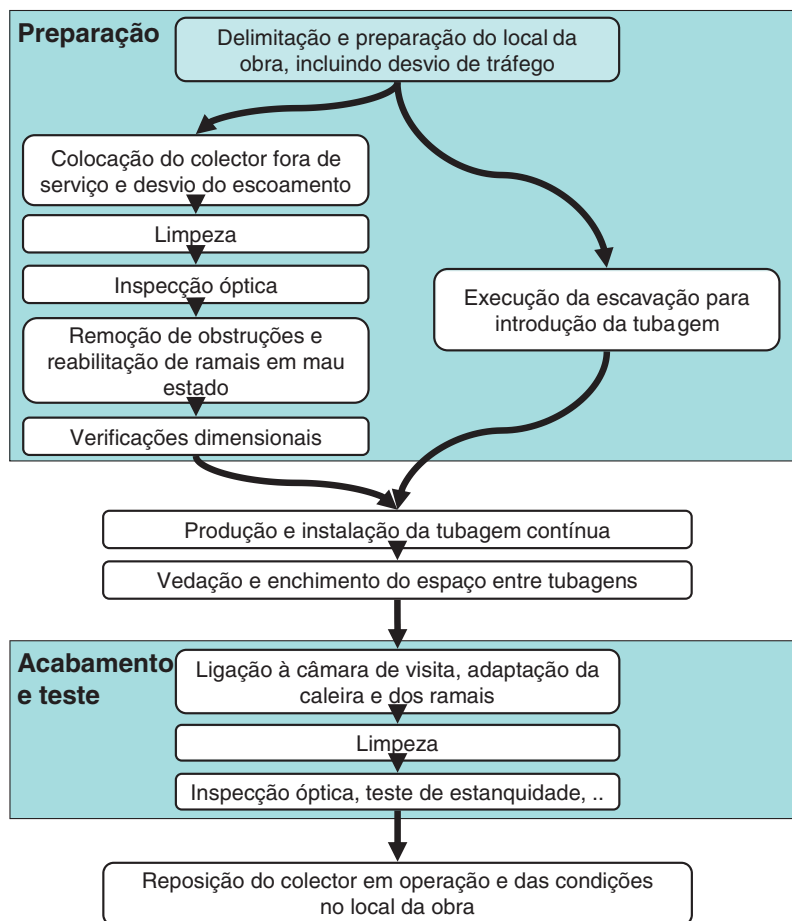


Figura 9.3 – Diagrama com faseamento típico de uma obra com a técnica de entubamento contínuo

Quadro 9.2 – Entubamento com tubagem contínua: características e condições de aplicação

Tópico	Aplicação à técnica de entubamento com tubagem contínua	
Normas relevantes	<ul style="list-style-type: none"> – prEN 15885:2010, EN 13566-1:2002, EN 13566-2:2005, ISO/DIS 11296-1:2009, ISO 11296-2:2008 (águas residuais). – ISO/DIS 11295:2008 (geral). 	
Materiais utilizados	PE, PE-X, PP.	
Aplicações	<ul style="list-style-type: none"> – Escoamento em superfície livre. – Escoamento em pressão. – Não é aplicável em câmaras de visita. 	
Características geométricas	Forma da secção transversal	Circular, não circular possível
	Gama de diâmetros típica (mm)	100 a 2000
	Extensão máxima típica (m)	300
	Execução de curvas	Variável
Desempenho	<ul style="list-style-type: none"> – Perda significativa da capacidade hidráulica devido à redução da secção, apesar da redução da rugosidade. ☹️ – Reabilitação da integridade estrutural possível. 😊 – Resistência à abrasão e química depende do material. 	
Instalação	<ul style="list-style-type: none"> – Continuidade da tubagem estabelecida antes da inserção. – Inserção possível por tracção ou compressão. – Área necessária para a execução dos trabalhos: <ul style="list-style-type: none"> ▪ reduzida para condutas de pequeno diâmetro, fornecidas em rolo; 😊 ▪ elevada para condutas de maior diâmetro para o armazenamento das tubagens e execução da tubagem contínua no local. ☹️ – Acesso ao colector existente exige geralmente escavação num dos extremos. – A técnica não depende da adesão da tubagem inserida à existente. 😊 – Necessidade de interrupção do serviço no colector e desvio do escoamento. ☹️ – Preenchimento do espaço entre tubagem tipicamente com argamassa. ☹️ – Ligação dos ramais laterais requer normalmente escavação local. ☹️ 	

Legenda: 😊 Principais vantagens; ☹️ Principais inconvenientes.

9.3.3. Entubamento com tubagem ajustada

Esta família de técnicas consiste na inserção num colector de uma tubagem flexível contínua cuja dimensão transversal foi reduzida para facilitar o processo de instalação no interior do colector

existente. Após a colocação reverte-se o processo para que a nova tubagem volte ao diâmetro inicial, resultando no ajuste desta tubagem ao colector existente, não existindo espaço entre as duas.

Existem dois processos classificados consoante o tipo de deformação e de reversão aplicados à nova tubagem:

- **entubamento com tubagem dobrada:** utiliza-se um processo de deformação da tubagem, que é dobrada longitudinalmente em fábrica ou no local (*folded pipe*) obtendo-se reduções da dimensão transversal até 40%. Após instalação no local definitivo, a tubagem é sujeita ao processo de reversão por efeito de aquecimento e/ou pressão interna. A redução dimensional permite normalmente a introdução da tubagem no colector existente através da câmara de visita sem necessidade de escavação adicional. Os materiais mais comuns são o PE e o PVC;
- **entubamento com tubagem deformada:** utiliza-se um processo de redução da secção transversal por compressão diametral temporária no local, com ou sem aquecimento, imediatamente antes da inserção no colector existente, obtendo-se reduções na secção transversal de cerca de 10%, mantendo a forma circular da secção transversal. A reversão do processo dá-se naturalmente, pois uma vez parada a acção que provocou a redução o material retorna lentamente à dimensão inicial. O material utilizado é normalmente o PE.

A colocação é feita normalmente por arrasto, sendo ligada à tubagem uma cabeça através da qual se aplica uma força de tracção.

A aplicação é feita na extensão total entre câmaras de visita, ou em troços maiores com câmaras de visita intermédias. Em alguns casos, pode ser necessário a escavação do poço de entrada.

Na Figura 9.4 é representada esquematicamente esta família de técnicas de reabilitação.

Para a aplicação desta técnica, o troço a reabilitar tem de estar fora de serviço e estar livre de obstruções ou escoamento. Neste tipo de técnica, é particularmente importante garantir a uniformidade da superfície ao longo do colector existente a reabilitar para garantir a reversão completa do processo de deformação ou redução da tubagem e o ajuste ao colector. A infiltração de águas subterrâneas pode influenciar negativamente a reversão, pelo que deve ser prevenida com a aplicação prévia de vedantes nos locais onde ela se verifique. Nos restantes aspectos, o faseamento típico

recomendado de uma obra com esta família de técnicas é semelhante ao indicado para o entubamento com tubagem contínua (Stein, 2001), apresentado na Figura 9.3.

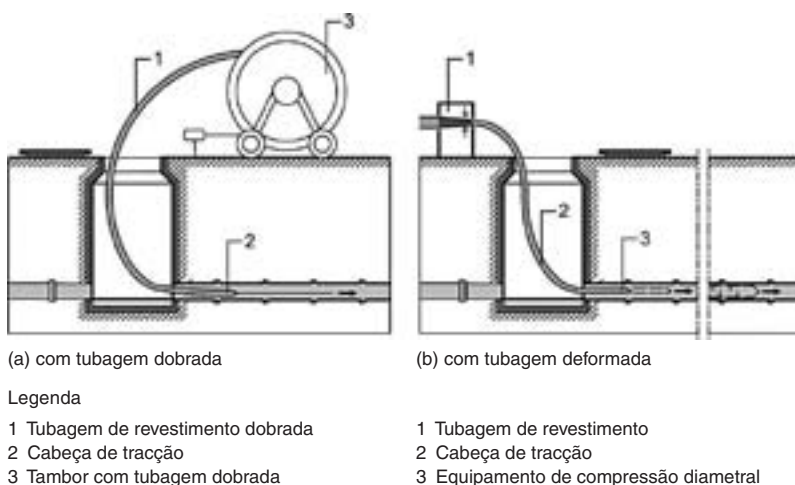


Figura 9.4 – Esquema representativo de técnicas de entubamento ajustado

No Quadro 9.3 apresentam-se as principais características e condições de aplicação do entubamento com tubagem ajustada, com base nas normas ISO/DIS 11295:2008 e prEN 15885:2010. A principal vantagem desta família de técnicas é a possibilidade de reforçar a capacidade resistente estrutural do colector 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 algumas limitações para secções não circulares, a necessidade de ser efectuada a escavação para a ligação dos ramais e dificuldades de aplicação nos casos em que o colector existente apresente deformação ou desalinhamentos.

**Quadro 9.3 – Entubamento com tubagem ajustada:
características e condições de aplicação**

Tópico	Aplicação à técnica de entubamento com tubagem ajustada	
Normas relevantes	<ul style="list-style-type: none"> – prEN 15885:2010, EN 13566-1:2002, EN 13566-3:2005, ISO/DIS 11296-1:2009, ISO 11296-3:2008 (águas residuais). – ISO/DIS 11295:2008 (geral). 	
Materiais utilizados	PE, PE-X, PP, PRP (<i>polyester-reinforced PE</i>), PVC-U.	
Aplicações	<ul style="list-style-type: none"> – Escoamento em superfície livre. – Escoamento em pressão. – Não é aplicável em câmaras de visita. 	
Características geométricas	Forma da secção transversal	Circular, em geral, e não circular no caso de técnicas com tubagem dobrada
	Gama de diâmetros típica (mm)	Tubagem dobrada: 100 a 500 Tubagem reduzida: 200 a 1500
	Extensão máxima típica (m)	500
	Execução de curvas	Algumas técnicas permitem
Desempenho	<ul style="list-style-type: none"> – Redução pequena da secção, aumento da capacidade de escoamento possível devido à redução da rugosidade. 😊 – Reabilitação da integridade estrutural possível. 😊 – Resistência à abrasão e química depende do material. 	
Instalação	<ul style="list-style-type: none"> – A secção transversal da conduta é reduzida por processo mecânico ou termo-mecânico (em fábrica ou no local), a tubagem é inserida no colector existente e a secção transversal retoma a dimensão e forma iniciais por cessação das forças de compressão ou por aplicação de pressão e/ou aquecimento internos. – Área necessária para a execução dos trabalhos: <ul style="list-style-type: none"> ▪ mínima no caso da tubagem dobrada. 😊 ▪ espaço necessário no local de inserção para o armazenamento das tubagens e execução dos trabalhos no caso da tubagem reduzida. ☹ – Acesso ao colector existente: <ul style="list-style-type: none"> ▪ no caso de tubagem dobrada normalmente através de câmaras de visita. 😊 ▪ no caso de tubagem reduzida requer escavação do poço de entrada. ☹ – A técnica não depende da adesão da tubagem inserida à existente. 😊 – Necessidade de interrupção do serviço no colector e desvio do escoamento. ☹ – Não requer preenchimento do espaço entre tubagens com argamassa. 😊 – Ligação dos ramais, normalmente por escavação local se o escoamento for em pressão, sendo possível re-conexão pelo interior nas tubagens com escoamento em superfície livre. 	

Legenda: 😊 Principais vantagens; ☹ Principais inconvenientes.

9.3.4. Entubamento com tubagem curada *in situ*

Esta família de técnicas consiste na inserção num colector de um tubo ou manga flexível impregnado com uma resina termo-endurecível que resulta numa tubagem após o processo de cura da resina. Existem várias técnicas deste tipo disponíveis no mercado e, dependendo do modo de inserção no colector, são classificadas em dois tipos principais:

- **inserção por inversão:** a introdução do tubo ou manga é feita através de pressurização interior com água ou com ar, levando à inserção por inversão, com colocação do tubo aderente ao colector existente. A cura da resina é depois feita por aquecimento da água ou ar e aplicação simultânea de pressão;
- **inserção com guincho:** neste caso o tubo é introduzido no colector existente com recurso a um guincho e cabo, que vão arrastando o tubo ou manga ao longo da extensão de colector a reabilitar. A reversão é feita de modo semelhante ao anterior, procedendo-se ao enchimento do tubo com ar ou água.

Existem ainda combinações destes tipos. Na Figura 9.5, esta família de técnicas de reabilitação é representada esquematicamente. O número de processos disponíveis no mercado é extenso, sendo aplicável também a ramais e a câmaras de visita.

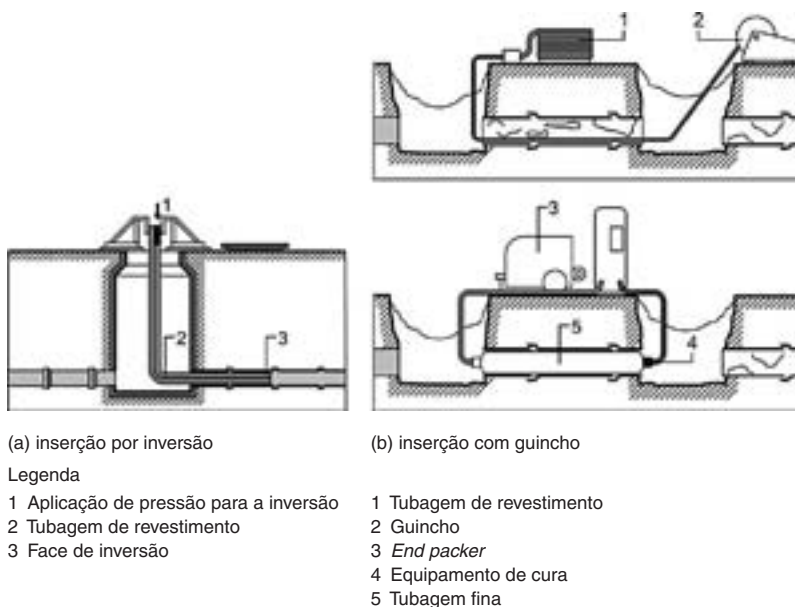


Figura 9.5 – Esquema representativo de técnicas de entubamento com tubagem curada *in situ*

A aplicação é feita na extensão total entre câmaras de visita, ou em troços inferiores. Em alguns casos, pode ser necessária a escavação do poço de entrada. Para a aplicação desta técnica, o troço a reabilitar tem de estar fora de serviço e estar livre de obstruções ou escoamento. Na Figura 9.6 apresenta-se o faseamento típico de uma obra com este processo, conforme recomendado por Stein (2001).

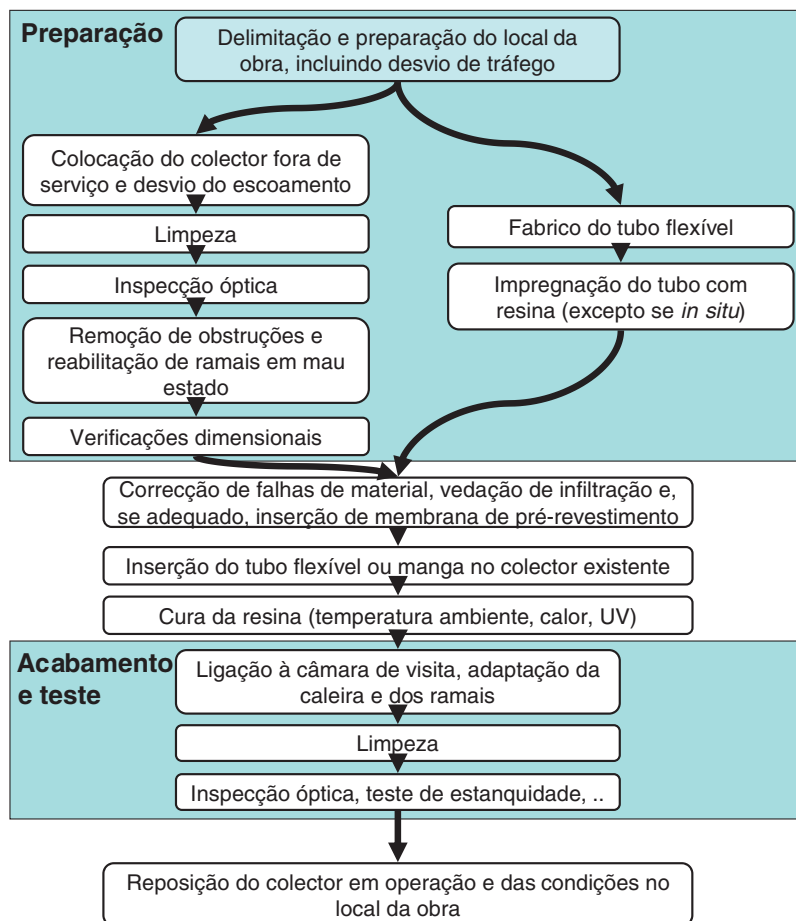


Figura 9.6 – Diagrama com faseamento típico de uma obra com a técnica de entubamento com tubagem curada *in situ*

Neste tipo de técnica é importante garantir a uniformidade da superfície ao longo do colector existente a reabilitar e a cura na totalidade da resina aplicada. A infiltração de águas subterrâneas pode influenciar negativamente a cura da resina pelo que deve ser prevenida com a aplicação de vedantes ou de uma membrana para confinar o produto.

Na utilização deste tipo de técnicas é necessário adoptar medidas de protecção do pessoal, por exemplo, respiratória, em virtude de existirem vapores tóxicos (*e.g.*, solventes). Estas medidas podem incluir a necessidade de ventilação forçada ou máscaras de protecção com filtros adequados, entre outros (Stein, 2001).

Na Figura 9.7, apresentam-se aspectos de uma aplicação da inserção com guincho e, na Figura 9.8, ilustra-se a aplicação com inserção por inversão.



a) Manga flexível preparada para inserção



b) Plástico de protecção



c) Início de inserção da manga



d) Inserção da manga



e) Tubagem em fase de cura



f) Colector reabilitado

**Figura 9.7 – Entubamento com tubagem curada *in situ*
(inserção com guincho)**



**Figura 9.8 – Entubamento com tubagem curada *in situ*
(inserção por inversão)**

No Quadro 9.4 apresentam-se as principais características e condições de aplicação do entubamento com tubagem curada *in situ*, com base nas normas ISO/DIS 11295:2008 e prEN 15885:2010.

Segundo WRc (2001), as principais vantagens desta família de técnicas incluem a rapidez de instalação, poder ser aplicada em curvas ou pequenas deformações, normalmente não ser necessário aplicar argamassas de enchimento, poder ser utilizada em situações com variação da secção transversal e ser possível efectuar as ligações de ramais pelo interior, evitando a escavação para reposição. Adicionalmente, é possível reforçar a capacidade resistente estrutural do colector existente e também pode ser aumentada a sua capacidade hidráulica.

As principais desvantagens segundo WRc (2001) incluem a necessidade de pessoal especializado, necessidade de controlo prévio da infiltração, ser aconselhável a vedação dos ramais depois da reposição das ligações e proporção significativa dos custos em trabalhos preparatórios.

Quadro 9.4 – Entubamento com tubagem curada *in situ*: características e condições de aplicação

Tópico	Aplicação à técnica de entubamento com tubagem curada <i>in situ</i>	
Normas relevantes	<ul style="list-style-type: none"> – prEN 15885:2010, EN 13566-1:2002, EN 13566-4:2002, ISO/DIS 11296-1:2009, ISO 11296-4:2008 (águas residuais). – ISO/DIS 11295:2008 (geral). 	
Materiais utilizados	Material compósito consistindo num tubo flexível ou manga (com ou sem reforço da sua capacidade resistente) impregnado com uma resina termo endurecida (<i>e.g.</i> , PU ou EP), podendo ter membrana de revestimento interior ou exterior.	
Aplicações	<ul style="list-style-type: none"> – Escoamento em superfície livre. – Escoamento em pressão. – em câmaras de visita. 	
Características geométricas	Forma da secção transversal	Circular ou não circular Variação na secção possível
	Gama de diâmetros típica (mm)	100 a 2 800
	Extensão máxima típica (m)	Inserção por inversão: 600 Inserção com guincho: 150
	Execução de curvas	Execução possível de graus de curvatura significativos 😊
Desempenho	<ul style="list-style-type: none"> – Redução pequena da secção, aumento da capacidade de escoamento possível devido à redução da rugosidade. 😊 – Alteração da inclinação da soleira não é possível. – Reabilitação da integridade estrutural possível. 😊 – Resistência à abrasão depende da estrutura da parede. – Resistência química depende do tipo de resina. 	
Instalação	<ul style="list-style-type: none"> – A inserção do tubo flexível, antes da cura, pode ser feita por: <ul style="list-style-type: none"> ▪ inversão; ▪ com guincho; ▪ combinação dos dois anteriores. – O processo de cura pode ser iniciado ou acelerado através da aplicação de calor (água quente, vapor ou aquecimento eléctrico), radiação UV ou temperatura ambiente. – Área necessária para a execução dos trabalhos é em geral reduzida, variando com a técnica. 😊 – Acesso ao colector existente através das câmaras de visita ou de pequena escavação. 😊 – A resistência estrutural não depende da adesão da tubagem à existente. 😊 – Necessidade de interrupção do serviço no colector e desvio do escoamento. 😞 – Não requer preenchimento do espaço entre tubagens com argamassa. 😊 – Ligação dos ramais pelo interior possível. 😊 	

Legenda: 😊 Principais vantagens; 😞 Principais inconvenientes.

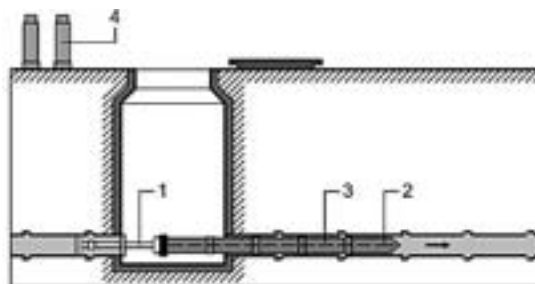
9.3.5. Entubamento com troços de tubagem

Esta técnica consiste na inserção, num colector, de troços de tubagem com comprimento inferior à extensão a renovar que são unidos com juntas durante a inserção para formar uma tubagem contínua. A secção transversal da tubagem não é sujeita a alterações durante o processo podendo a colocação ser feita por três processos:

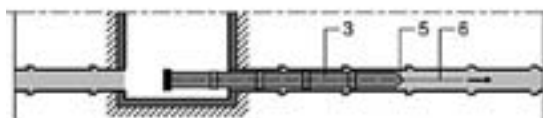
- **inserção por arrasto**, sendo o primeiro troço de tubagem ligado a uma cabeça através da qual se aplica uma força de tracção que permite puxar os troços que vão sendo unidos na câmara de visita de acordo com o tipo de junta, *e.g.*, por encaixe ou soldadura (vários tipos de juntas existentes), sendo o deslocamento parcial igual ao comprimento de um segmento;
- **inserção por empurre** dos troços de tubagem que vão sendo unidos na câmara de visita de acordo com o tipo de junta, *e.g.*, por encaixe ou soldadura (vários tipos de juntas existentes), sendo o deslocamento parcial igual ao comprimento de um segmento;
- ou por **colocação individual** no local, sendo as juntas feitas *in situ*.

A aplicação é feita na extensão total entre câmaras de visita, ou poços de acesso escavados para o efeito, ou na extensão que necessita de renovação. A tubagem inserida não tem alteração de diâmetro, sendo este menor do que o diâmetro do colector existente. O espaço entre o colector e a nova tubagem é normalmente preenchido com um material de enchimento como argamassa. O preenchimento é recomendado pois permite a fixação da nova tubagem, evita a entrada e circulação de água, gases perigosos e de solo no espaço entre tubagens, favorece a transferência uniforme das cargas ao longo da tubagem e contribui para prevenir o colapso do colector existente. É necessário localizar e tamponar os ramais de ligação, para evitar entrada do material de enchimento nos ramais. Na Figura 9.9 é representada esquematicamente esta família de técnicas de reabilitação.

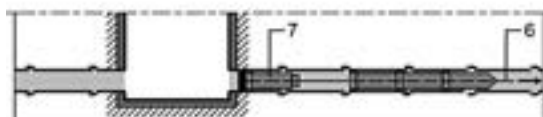
Para a aplicação desta técnica, geralmente o troço a reabilitar tem de estar fora de serviço e livre de obstruções ou escoamento. Esta técnica é similar ao entubamento com tubagem contínua, sendo o faseamento típico de uma obra com este processo semelhante ao apresentado na Figura 9.3, conforme recomendado por Stein (2001).



(a) Instalação por empurre



(b) Instalação por arrasto



(c) Instalação por colocação individual

Legenda

- | | |
|---------------------------------|---------------------|
| 1 Equipamento de empurre | 5 Cabeça de tracção |
| 2 Topo guia | 6 Cabo de tracção |
| 3 Nova tubagem montada | 3 Troço de tubagem |
| 4 Depósito de troços de tubagem | |

Figura 9.9 – Esquema representativo da técnica de entubamento com troços de tubagem

No Quadro 9.5 apresentam-se as principais características e condições de aplicação do entubamento com troços de tubagem, com base nas normas ISO/DIS 11295:2008 e prEN 15885:2010.

A principal vantagem desta família de técnicas é a possibilidade de reforçar a capacidade resistente estrutural do colectore existente. De acordo com WRc (2001), as vantagens desta técnica incluem ainda a rápida inserção da tubagem e a possibilidade de poder ser utilizada em curvas com grande raio de curvatura.

A principal desvantagem é a perda significativa de área da secção transversal, levando à redução da capacidade hidráulica da secção, uma vez que, em geral, a redução da rugosidade não é suficiente para compensar a redução da secção transversal. Limitações na execução de troços em curva não são normalmente relevantes em colectores, já que as curvas e as ligações entre colectores devem ser efectuadas em câmaras de visita. De acordo com WRc (2001),

as desvantagens incluem ainda a possibilidade de ocorrer flutuação durante a inserção das argamassas de enchimento, a necessidade de ser efectuada a escavação de um poço para introdução da tubagem em alguns dos processos, a necessidade de mão-de-obra especializada significativa se for executada a soldadura das juntas e a dificuldade de ligação dos ramais, que normalmente requer escavação.

Quadro 9.5 – Entubamento com troços de tubagem: características e condições de aplicação

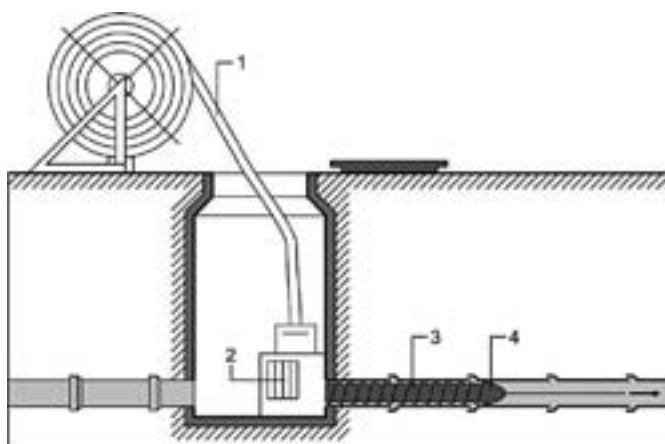
Tópico	Aplicação à técnica de entubamento com troços de tubagem	
Normas relevantes	<ul style="list-style-type: none"> – prEN 15885:2010, EN 13566-1:2002, ISO/DIS 1296-1:2009 (águas residuais). – ISO/DIS 11295:2008 (geral). 	
Materiais utilizados	Plásticos (PE, PP, PVC-U, GRP), metálicos (aço e ferro fundido dúctil), betão e grés.	
Aplicações	<ul style="list-style-type: none"> – Escoamento em superfície livre. – Escoamento em pressão. – Aplicável em câmaras de visita. 	
Características geométricas	Forma da secção transversal	Circular e não circular
	Gama de diâmetros típica (mm)	Inserção por arraste ou empurre: 100 a 600 Colocação individual: 600 a 4000
	Extensão máxima típica (m)	150
	Execução de curvas	Inserção por arraste ou empurre: não Colocação individual: com grande raio
Desempenho	<ul style="list-style-type: none"> – Redução significativa da capacidade hidráulica devido à redução da secção, apesar da redução da rugosidade. ☹ – Reabilitação da integridade estrutural possível. 😊 – Resistência à abrasão e química depende do material. 	
Instalação	<ul style="list-style-type: none"> – Tipo de junta é determinante para cada técnica; juntas podem ser trancadas ou não. – Área superficial necessária para a execução dos trabalhos sem grandes requisitos. 😊 – Acesso ao colector existente pode ser feito pelas câmaras de visita para troços com menores comprimentos, exigindo escavação num dos extremos para maiores troços e para processo de colocação individual. – A técnica não depende da adesão da tubagem inserida à existente. 😊 – Necessidade de interrupção do serviço no colector e desvio do escoamento. ☹ – Preenchimento do espaço entre tubagem tipicamente com argamassa. ☹ – Ligação dos ramais laterais requer, normalmente, escavação local. ☹ 	

Legenda: 😊 Principais vantagens; ☹ Principais inconvenientes.

9.3.6. Entubamento com banda em espiral

Esta técnica consiste na formação da nova tubagem a partir de banda que é colocada em espiral. A montagem da espiral pode ser obtida através de vários processos incluindo encaixe e vedação ou soldadura. O ajuste ao colector existente pode não ser completo, sendo necessária a injeção de argamassas de enchimento deste espaço, em muitas das técnicas desta família comercialmente disponíveis. O preenchimento é recomendado pois permite a fixação da nova tubagem, evita a entrada e circulação de água, gases perigosos e de solo no espaço entre tubagens, favorece a transferência uniforme das cargas ao longo da tubagem e contribui para prevenir o colapso do colector existente.

A aplicação é feita na extensão total entre câmaras de visita ou na extensão que necessita de renovação. É necessário localizar e tamponar os ramais de ligação, para evitar entrada do material de enchimento nos ramais. Na Figura 9.10 é representada esquematicamente esta família de técnicas de reabilitação.



Legenda

- 1 Banda a montar em espiral
- 2 Equipamento de montagem

- 3 Nova tubagem
- 4 Topo guia (se aplicável)

Figura 9.10 – Esquema representativo da técnica de entubamento com banda em espiral

Para a aplicação desta técnica, geralmente o troço a reabilitar tem de estar fora de serviço e livre de obstruções ou escoamento. O faseamento típico de uma obra com este processo é semelhante ao apresentado na Figura 9.3, conforme recomendado por Stein (2001), embora não seja normalmente necessário proceder a

escavação, podendo os trabalhos ser efectuados a partir de uma câmara de visita.

No Quadro 9.6 apresentam-se as principais características e condições de aplicação do entubamento com banda em espiral, com base nas normas ISO/DIS 11295:2008 e prEN 15885:2010.

**Quadro 9.6 – Entubamento com banda em espiral:
características e condições de aplicação**

Tópico	Aplicação à técnica de entubamento com banda em espiral	
Normas relevantes	<ul style="list-style-type: none"> – prEN 15885:2010, EN 13566-1:2002, ISO/DIS 1296-1:2009 (águas residuais). – ISO/DIS 11295:2008 (geral). 	
Materiais utilizados	PE, PP, PVC-U, GRP.	
Aplicações	<ul style="list-style-type: none"> – Escoamento em superfície livre. – Aplicável em câmaras de visita. 	
Características geométricas	Forma da secção transversal	Circular e não circular
	Gama de diâmetros típica (mm)	200 a 1200
	Extensão máxima típica (m)	100
	Execução de curvas	Possível
Desempenho	<ul style="list-style-type: none"> – Redução significativa da capacidade hidráulica devido à redução da secção, apesar da redução da rugosidade. ☹ – Reabilitação da integridade estrutural possível. 😊 – Resistência à abrasão e química depende do material. 	
Instalação	<ul style="list-style-type: none"> – A tubagem é formada no local por uma banda disposta em espiral, sendo a junção da banda e vedação obtidas por soldadura ou de forma mecânica. – Diferentes equipamentos podem produzir uma gama de diâmetros. – Área superficial necessária para a execução dos trabalhos sem grandes requisitos. 😊 – Acesso ao colector existente pode ser feito pelas câmaras de visita. – A técnica não depende da adesão da tubagem inserida à existente. 😊 – Necessidade de interrupção do serviço no colector e desvio do escoamento. ☹ – Preenchimento do espaço entre tubagem tipicamente com argamassa. ☹ – Ligação dos ramais laterais requer, normalmente, escavação local para colectores não visitáveis, sendo possível também nestes casos a execução com robot pelo interior. ☹ 	

Legenda: 😊 Principais vantagens; ☹ Principais inconvenientes.

De acordo com WRc (2001) e Stein (2001), as vantagens desta técnica incluem a rapidez de execução e de inserção da tubagem e a possibilidade de poder ser utilizada em curvas com grande raio de curvatura.

As desvantagens incluem a necessidade de mão-de-obra treinada na utilização do equipamento específico, a perda de área da secção transversal, levando à redução da capacidade hidráulica da secção, e a dificuldade de ligação dos ramais que, habitualmente requer escavação.

9.3.7. Entubamento formado *in loco*

Esta técnica consiste na formação da nova tubagem no local, sobre a superfície do colector existente, tipicamente com a colocação de um pré-revestimento interior, a colocação de um revestimento exterior com dentes na sua face interior para garantir espaçamento e injeção de uma argamassa de elevada resistência entre estas duas camadas. Algumas das técnicas desta família comercialmente disponíveis não aplicam o revestimento interior. No entanto, o pré-revestimento apresenta algumas vantagens, incluindo a limitação do espaço entre as duas camadas e reduzindo a quantidade de argamassa necessária, por evitar perdas em espaços no colector existente, protegendo a longo prazo a argamassa de corrosão por efeito de agentes exteriores. O pré-revestimento é particularmente recomendado em situações com nível freático elevado. Em casos particulares pode ainda ser aplicado um terceiro revestimento com dentes na face interior, previamente à colocação do pré-revestimento, para controlo da estanquidade do colector reabilitado, sem injeção de argamassa. Noutros casos com maiores exigências, é aplicado um terceiro revestimento com dentes sobre o primeiro do mesmo tipo também com injeção de argamassa (Stein, 2001).

A colocação dos revestimentos é habitualmente feita por arrastamento com guincho, sendo depois aplicada pressão para garantir o posicionamento de encontro à parede do colector existente. A aplicação de pressão pode ser feita com ar ou água.

A aplicação é feita na extensão total entre câmaras de visita ou na extensão que necessita de renovação. É necessário localizar e tamponar os ramais de ligação, para evitar entrada do material de enchimento nos ramais. Na Figura 9.11 é representada esquematicamente esta família de técnicas de reabilitação.

Para a aplicação desta técnica, o troço a reabilitar tem de estar fora de serviço e livre de obstruções ou escoamento. O faseamento

típico de uma obra com este processo é semelhante ao apresentado na Figura 9.12, conforme recomendado por Stein (2001).



Figura 9.11 – Esquema da técnica de entubamento formado *in loco*

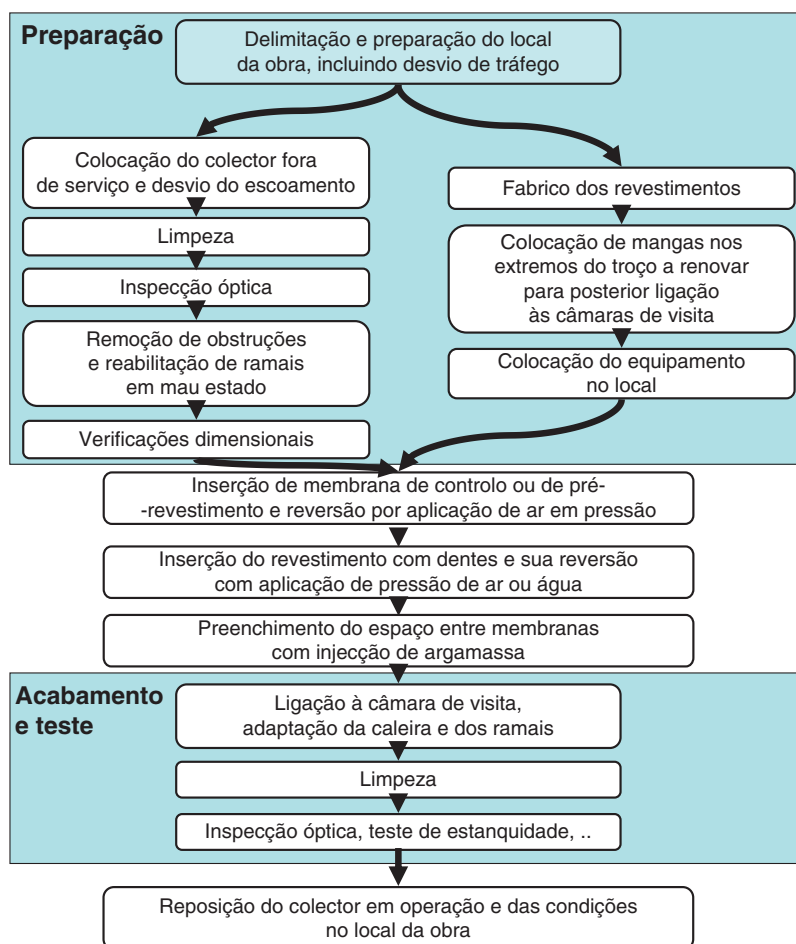


Figura 9.12 – Diagrama com faseamento típico de uma obra com a técnica de entubamento formado *in loco*

No Quadro 9.7 apresentam-se as principais características e condições de aplicação do entubamento formado *in loco*, com base na norma prEN 15885:2010.

De acordo com WRc (2001), a principal vantagem desta técnica é a possibilidade de utilização para diferentes tipos de secção transversal. A principal desvantagem é a necessidade de mão-de-obra especializada e equipamento específico.

Quadro 9.7 – Entubamento formado *in loco*: características e condições de aplicação

Tópico	Aplicação à técnica de entubamento com banda em espiral	
Normas relevantes	– prEN 15885:2010 (águas residuais).	
Materiais utilizados	PE, PVC-U e argamassa de cimento.	
Aplicações	<ul style="list-style-type: none"> – Escoamento em superfície livre. – Aplicável em câmaras de visita. 	
Características geométricas	Forma da secção transversal	Circular e não circular
	Gama de diâmetros típica (mm)	200 a 2000
	Extensão máxima típica (m)	200
	Execução de curvas	Possível
Desempenho	<ul style="list-style-type: none"> – Redução da capacidade hidráulica devido à redução da secção, apesar da redução da rugosidade. ☹ – Reabilitação da integridade estrutural possível. 😊 – Resistência à abrasão e química depende do material do revestimento em contacto com o escoamento. 	
Instalação	<ul style="list-style-type: none"> – Área superficial necessária para a execução dos trabalhos sem grandes requisitos. 😊 – Acesso ao colector existente, em geral, é feito pelas câmaras de visita. – A técnica não depende da adesão da tubagem inserida à existente. 😊 – Necessidade de interrupção do serviço no colector e desvio do escoamento e ausência de infiltração. ☹ – Ligação dos ramais laterais pode ser executada pelo interior se pré-revestimento for utilizado. 	

Legenda: 😊 Principais vantagens; ☹ Principais inconvenientes.

9.3.8. Entubamento com segmentos de tubagem

Nesta técnica, a renovação é feita com recurso a segmentos de tubagem, que podem ser ou não autoportantes, introduzidos no colector visitável através de câmaras de visita, aberturas ou acessos

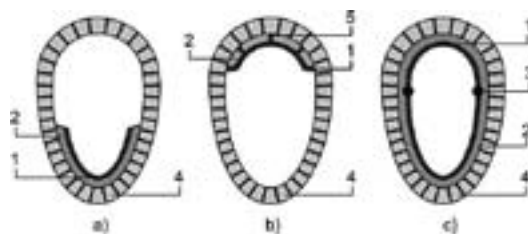
escavados. O colector existente pode ter qualquer forma de secção transversal e a instalação dos segmentos pode ser efectuada manualmente com ou sem recurso a equipamentos auxiliares para transporte ou fixação (Stein, 2001). A tubagem de renovação apresenta assim juntas longitudinais e transversais. Podem ser distinguidos três tipos de actuação, como se pode observar na Figura 9.13:

- **renovação parcial da soleira;**
- **renovação parcial do coroamento;**
- **renovação total**, com ou sem injeção de argamassa.

A renovação com segmentos de tubagem é particularmente adequada para restaurar ou melhorar a resistência do colector existente à abrasão, ao ataque químico ou biológico, e, em certos casos, melhorar a resistência a cargas externas. Pode ainda ser útil para restaurar a estanquidade ou a inclinação da superfície.

Na Figura 9.13 é representada esquematicamente esta família de técnicas de reabilitação.

Para a aplicação desta técnica, o troço a reabilitar tem de estar fora de serviço e livre de obstruções ou escoamento, quer para a renovação total, quer para renovação da soleira. Esta técnica é similar ao entubamento com tubagem contínua, sendo o faseamento típico de uma obra com este processo semelhante ao apresentado na Figura 9.3, conforme recomendado por Stein (2001).



Legenda

- | | | | |
|---|----------------------|---|----------------------|
| 1 | Segmentos de tubagem | 4 | Colector existente |
| 2 | Camada de argamassa | 5 | Elementos de fixação |
| 3 | Juntas longitudinais | | |

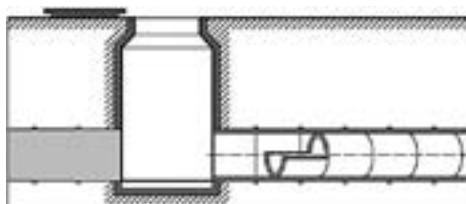


Figura 9.13 – Esquema da técnica de entubamento com segmentos de tubagem

No Quadro 9.8 apresentam-se as principais características e condições de aplicação do entubamento com troços de tubagem, com base na norma prEN 15885:2010.

Quadro 9.8 – Entubamento com segmentos de tubagem: características e condições de aplicação

Tópico	Aplicação à técnica de entubamento com segmentos de tubagem	
Normas relevantes	– prEN 15885:2010 (águas residuais).	
Materiais utilizados	Plásticos (PE, PP, PVC-U, GRP), GRC, betão com polímeros, grés, ferro fundido dúctil e betão.	
Aplicações	– Escoamento em superfície livre. – Aplicável em câmaras de visita.	
Características geométricas	Forma da secção transversal	Circular e não circular
	Gama de diâmetros típica (mm)	Colectores visitáveis até 4000
	Extensão máxima típica (m)	Não limitado
	Execução de curvas	Curvas com grande raio
Desempenho	<ul style="list-style-type: none"> – Hidráulico: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Renovação total: redução significativa da capacidade hidráulica devido à redução da secção, apesar da redução da rugosidade; ☹ ▪ Renovação parcial da soleira: pode melhorar escoamento em superfície livre; ☺ ▪ Renovação parcial do coroamento: sem efeito significativo no desempenho hidráulico. ☺ – Estrutural: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Renovação total: reabilitação da integridade estrutural possível; ▪ Renovação parcial da soleira: efeito pouco significativo; ▪ Renovação parcial do coroamento: resistência e estabilidade melhoradas. – Resistência à abrasão e química: depende do material em contacto com escoamento. 	
Instalação	<ul style="list-style-type: none"> – Juntas tipicamente por encaixe ou soldadura. – Segmentos podem ser pré-fabricados ou moldados localmente. – Ligação mecânica ao colector existente é necessária (com argamassa, colagem ou ancoragem). – Área superficial necessária para a execução dos trabalhos sem grandes requisitos embora seja necessário espaço para armazenar elementos. ☺ – Acesso ao colector existente pode ser feito pelas câmaras de visita, exigindo escavação num dos extremos para maiores secções. – Nos casos de renovação parcial ligação ao colector existente é determinante. – A técnica não depende da adesão da tubagem inserida à existente. ☺ – Necessidade de interrupção do serviço no colector e desvio do escoamento para renovação total ou renovação parcial da soleira. ☹ – Preenchimento do espaço entre segmento e colector existente com argamassa é essencial. – Ligação dos ramais laterais possível pelo interior. 	

Legenda: ☺ Principais vantagens; ☹ Principais inconvenientes.

De acordo com WRc (2001), as principais vantagens desta família de técnicas incluem a possibilidade de ser aplicada a uma grande variedade de formas de secção transversal, e a facilidade de efectuar as ligações dos ramais. Permite ainda reforçar a capacidade resistente estrutural do colector existente e não exige mão-de-obra muito especializada.

Segundo a mesma fonte, as principais desvantagens incluem o facto de a execução das juntas ser trabalhosa, necessidade de sistema para posicionamento dos segmentos durante injeção da argamassa, e necessidade de garantir condições de segurança para a entrada do pessoal durante a execução dos trabalhos.

9.3.9. Revestimento projectado ou com cofragem

Nesta técnica é feita a renovação com revestimento que pode ser:

- projectado com meios mecânicos;
- projectado manualmente;
- aplicado com recurso a cofragem.

Em qualquer dos casos pode ser aplicado reforço ou armadura na superfície que ficará embebido no revestimento. A aplicação deste tipo de técnica requer que, previamente, seja efectuado o desvio do escoamento e a limpeza do colector com remoção de raízes, obstruções ou incrustações. Em caso de ocorrência de infiltração significativa, esta deverá ser controlada por aplicação de vedante adequado previamente para que seja assegurada a adesão do revestimento ao colector existente (WRc, 2001). Se a superfície se encontrar bastante degradada, por exemplo, por efeito de agentes químicos, deverá ser removida a camada superficial do material. A espessura do material a aplicar depende do diâmetro e do material, podendo variar também consoante a técnica e exigências de reforço da resistência estrutural.

No caso de aplicação manual com spray, é normalmente aplicada uma malha de reforço previamente à aplicação do revestimento projectado em pressão na superfície do colector. No caso de aplicação de cofragem, esta é colocada no colector e o betão é injectado em pressão entre a superfície existente e a cofragem.

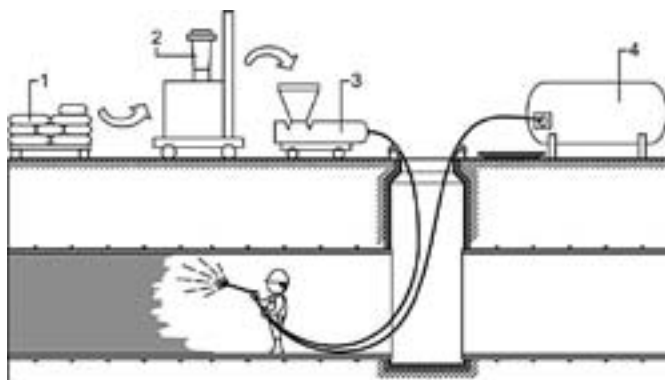
O colector existente pode ter qualquer forma de secção transversal e esta família de técnicas pode ser utilizada em casos de mudança de secção.

Na aplicação com robot é recomendável fazer o acompanhamento com inspecção com CCTV para monitorização do progresso e qualidade da execução.

O revestimento com resina epoxi é uma alternativa bastante interessante para pequenos diâmetros, permitindo aplicação de espessuras pequenas. No entanto, esta aplicação é destinada essencialmente à protecção do material existente, por exemplo, da acção de agentes agressivos químicos ou biológicos.

Após a aplicação é necessário esperar que se dê a cura, sendo o tempo variável consoante o processo e material utilizados.

Na Figura 9.14 é representada esquematicamente esta família de técnicas de reabilitação. O faseamento típico de uma obra com este processo é semelhante ao apresentado na Figura 9.3, conforme recomendado por Stein (2001).



Legenda

1 Depósito de material
2 Misturadora

3 Bombagem
4 Compressor

Figura 9.14 – Esquema representativo da técnica de revestimento projectado ou com cofragem

No Quadro 9.9 apresentam-se as principais características e condições de aplicação do revestimento projectado ou com cofragem, com base na norma prEN 15885:2010.

Quadro 9.9 – Revestimento projectado ou com cofragem: características e condições de aplicação

Tópico	Aplicação à técnica de revestimento projectado ou com cofragem	
Normas relevantes	– prEN 15885:2010 (águas residuais).	
Materiais utilizados	Argamassas de cimento, betão, resinas de polímeros. Reforço possível com aço ou fibras de vidro.	
Aplicações	<ul style="list-style-type: none"> – Escoamento em superfície livre. – Aplicável em câmaras de visita. 	
Características geométricas	Forma da secção transversal	Circular e não circular
	Gama de diâmetros típica (mm)	Manual: colectores visitáveis Com robot: 200 a 600
	Extensão máxima típica (m)	Manual: centenas de metros, variável com a técnica Com robot: 100
	Execução de curvas	Possível
Desempenho	<ul style="list-style-type: none"> – Aumento da capacidade hidráulica normalmente possível. 😊 – Reabilitação da integridade estrutural possível com métodos manuais. 😊 – Resistência à abrasão e química depende do material do revestimento em contacto com o escoamento. 	
Instalação	<ul style="list-style-type: none"> – Aplicável a toda a secção ou parcialmente. 😊 – Cofragem geralmente com aplicação manual. – Espaço para execução dos trabalhos necessário, especialmente no caso de técnicas com intervenção manual. ☹️ – Espessura do material aplicado adaptado ao estado do colector ou limitado pelas características de resinas. – Área superficial necessária para a execução dos trabalhos sem grandes requisitos. 😊 – Acesso ao colector existente pode ser feito pelas câmaras de visita, escavação só em caso de uso de equipamento de maiores dimensões. 😊 – Necessário garantir a adesão do material ao colector existente (preparação do substrato normalmente necessária, especialmente para polímeros). ☹️ – Necessidade de interrupção do serviço no colector e desvio do escoamento. ☹️ – Ligação dos ramais laterais não é afectada com projecção do material. Possível pelo interior com cofragem. 😊 	

Legenda: 😊 Principais vantagens; ☹️ Principais inconvenientes.

De acordo com WRc (2001) e Stein (2001), as principais vantagens desta família de técnicas incluem a possibilidade de ser aplicada a uma grande variedade de formas de secção transversal, ser relativamente independente da extensão a reabilitar, poder ser aplicada uma espessura variável de revestimento e a facilidade de efectuar as ligações dos ramais. Permite ainda reforçar a capacidade resistente estrutural do colector existente.

Segundo as mesmas fontes, as principais desvantagens incluem a necessidade de preparar devidamente a superfície do colector existente, a necessidade de controlar a infiltração, a boa supervisão dos trabalhos e o recurso a mão de obra especializada. No caso de aplicação manual é necessário garantir as condições de segurança em espaço confinado. Com o uso de robots, a existência de deformação do colector pode causar problemas.

9.4. Técnicas de substituição

9.4.1. Considerações gerais

As principais técnicas de substituição, ou seja, aquelas em que é feita a construção de um novo componente do sistema, incorporando a função do componente existente que é desactivado, sendo ou não no alinhamento do componente existente, incluem técnicas com ou sem abertura de vala. Em geral, estas técnicas possibilitam o reforço da integridade e da resistência estrutural. As principais famílias de técnicas de substituição consideradas neste guia são:

- Substituição com abertura de vala (*Open cut or trench replacement*)
- Substituição com abertura de vala reduzida (*Semi-open cut replacement*)
- Substituição em galeria sem intervenção humana (*Unmanned trenchless replacement*)
- Substituição em galeria com intervenção humana (*Manned trenchless replacement*)

De seguida, descreve-se brevemente cada família de técnicas, incluindo uma síntese das principais características, condições de aplicação, vantagens e inconvenientes, e normas aplicáveis, com base principal nas normas NP EN 1610:2008 e NP EN 12889:2008 e ainda no Decreto Regulamentar n.º 23/95, de 23 de Agosto.

Outras técnicas de construção em galeria com intervenção humana, incluindo a betonagem local da galeria escavada ou a instalação na galeria de tubos pré-fabricados, não são detalhadas neste guia sendo possível obter maior detalhe por exemplo em Stein (2001).

9.4.2. Substituição com abertura de vala

O processo de substituição com abertura de vala tem sido o método mais utilizado para intervenções de reabilitação de colectores e

de câmaras de visita. Esta técnica é semelhante à utilizada para a construção de novos colectores.

A substituição pode ser no alinhamento original do colector existente ou num alinhamento alternativo, neste caso mantendo-se o colector existente em funcionamento enquanto se procede à construção do novo colector.

Nesta técnica procede-se à abertura de vala por escavação no alinhamento previsto, devendo ser garantidas durante a execução dos trabalhos as disposições de projecto, sujeitas a alterações consoante as condições locais sejam diferentes das consideradas naquele. Alguns factores que podem ser distintos incluem a profundidade da escavação, o tipo de terreno, o tráfego local, o nível freático ou a existência de outras infra-estruturas.

Na Figura 9.15 é representada esquematicamente esta família de técnicas de reabilitação. Na Figura 9.16, apresentam-se exemplos de intervenções de reabilitação com abertura de vala. Os trabalhos devem ser executados de acordo com a norma NP EN 1610:2008.



Figura 9.15 – Esquema representativo da técnica de substituição com abertura de vala (a) parede da vala vertical, (b) vala com taludes



Figura 9.16 – Exemplos de substituição com abertura de vala

No Quadro 9.10 apresentam-se as principais características e condições de aplicação da substituição com abertura de vala com base na norma NP EN 1610:2008 e em Stein (2001).

**Quadro 9.10 – Substituição com abertura de vala:
características e condições de aplicação**

Tópico	Aplicação à técnica de substituição com abertura de vala	
Normas relevantes	– NP EN 1610:2008 (águas residuais).	
Materiais utilizados	Vários de acordo com especificações de projecto.	
Aplicações	<ul style="list-style-type: none"> – Escoamento em superfície livre. – Escoamento em pressão. – Câmaras de visita. 	
Características geométricas	Forma da secção transversal	Circular e não circular ☺
	Gama de diâmetros típica (mm)	Sem limitações específicas ☺
	Extensão máxima típica (m)	Sem limitações específicas ☺
	Execução de curvas	Sem limitações específicas ☺
Desempenho	<ul style="list-style-type: none"> – Aumento da capacidade hidráulica possível. ☺ – Reabilitação total da integridade estrutural. ☺ – Resistência à abrasão e química depende do material em contacto com o escoamento. 	
Instalação	<ul style="list-style-type: none"> – Aplicável para substituição total do colector ou apenas da parte superior em casos de danos localizados nessa zona, dependendo do material. ☺ – Tubagem pré-fabricada ou <i>in situ</i>. – Área superficial necessária para execução dos trabalhos elevada. ☹ – Impactos negativos associados à intervenção e ocupação do espaço público elevados: ruído, vibração, comércio, circulação pedestres e viária, necessário repor pavimentos, etc. ☹ – Custo aumenta com profundidade da instalação. ☹ – Necessidade de interrupção do serviço no colector e desvio do escoamento. ☹ – Ligação dos ramais laterais por escavação. 	

Legenda: ☺ Principais vantagens; ☹ Principais inconvenientes.

De acordo com Stein (2001), as principais vantagens desta técnica são a flexibilidade em termos de dimensões, características da secção transversal, materiais, condições geológicas e hidrológicas, profundidade, entre outros. Os requisitos a aplicar ao novo colector podem ser diferentes dos do existente. Em caso de solos contaminados, pode ser feita a remoção, pelo menos parcial, destes materiais. A técnica de substituição com abertura de vala é mais vantajosa se, simultaneamente, forem efectuados trabalhos noutras infra-estruturas, particularmente em pavimentos.

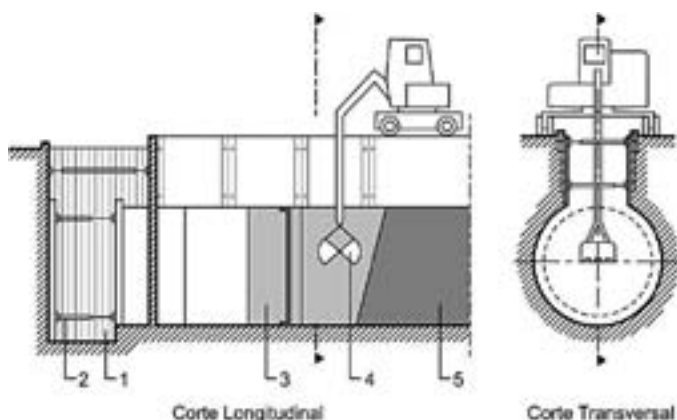
De acordo com o mesmo autor, as principais desvantagens resultam da ocupação significativa de área superficial, podendo causar perturbações significativas em termos sociais, económicos e no funcionamento de outras infra-estruturas. A abertura de vala pode ainda

ter efeitos negativos nas estruturas e infra-estruturas próximas. Especialmente em zonas urbanas consolidadas, os custos podem ter acréscimo significativo devido à necessidade de adoptar medidas para remover material de escavação, acções para assegurar o desvio do tráfego, remoção e recolocação do pavimento, colocação de atravessamentos para veículos ou peões, manutenção do escoamento das águas residuais provenientes de ramais ligados ao colector existente.

9.4.3. Substituição com abertura de vala reduzida

A técnica de substituição com abertura de vala reduzida aplica-se a colectores visitáveis e consiste na escavação de uma vala estreita centrada com o eixo do colector existente, através da qual este é gradualmente removido, ao mesmo tempo que é empurrada a nova tubagem a partir de uma galeria de acesso onde é instalado o equipamento para a introdução da nova tubagem. A nova tubagem tem o topo tamponado para evitar a entrada de solo ou de água, sendo possível aplicar esta técnica sem necessidade de rebaixamento do nível freático. A largura da vala depende do equipamento de escavação disponível e a profundidade da escavação (Stein, 2001). Neste caso a substituição é feita no alinhamento original do colector existente.

Na Figura 9.17 é representada esquematicamente esta técnica de reabilitação. Os trabalhos devem ser executados de acordo com a norma NP EN 1610:2008.



Legenda

- | | |
|---|--------------------------------------|
| 1 Elementos de contenção | 3 Troço em preparação |
| 2 Sistema de empurre dos elementos de tubagem | 4 Equipamento de remoção de material |
| | 5 Colector existente |

Figura 9.17 – Esquema da técnica de substituição com abertura de vala reduzida

No Quadro 9.11 apresentam-se as principais características e condições de aplicação da substituição com abertura de vala reduzida com base na norma NP EN 1610:2008 e em Stein (2001).

Quadro 9.11 – Substituição com abertura de vala reduzida: características e condições de aplicação

Tópico	Aplicação à técnica de substituição com abertura de vala reduzida	
Normas relevantes	– NP EN 1610:2008 (águas residuais).	
Materiais utilizados	Vários de acordo com especificações de projecto.	
Aplicações	<ul style="list-style-type: none"> – Escoamento em superfície livre. – Escoamento em pressão. 	
Características geométricas	Forma da secção transversal	Circular e não circular 😊
	Gama de diâmetros típica (mm)	Colectores visitáveis
	Extensão máxima típica (m)	200
	Execução de curvas	Possível
Desempenho	<ul style="list-style-type: none"> – Aumento da capacidade hidráulica possível. 😊 – Reabilitação total da integridade estrutural. 😊 – Resistência à abrasão e química depende do material em contacto com o escoamento. 	
Instalação	<ul style="list-style-type: none"> – Área superficial necessária para execução dos trabalhos significativa embora menor que com vala normal. É necessária escavação de poço para instalação de equipamento e inserção de nova tubagem. – Impactos negativos associados à intervenção e ocupação do espaço público embora menores que com vala normal. ☹ – Profundidade da instalação limitada até cerca de 1,5 m. ☹ – Necessidade de interrupção do serviço no colector e desvio do escoamento. ☹ – Ligação dos ramais laterais por escavação. – Aplicável em situações com nível freático elevado sem necessidade de rebaixamento. 😊 	

Legenda: 😊 Principais vantagens; ☹ Principais inconvenientes.

9.4.4. Substituição em galeria sem intervenção humana

Na família de técnicas de substituição em galeria sem intervenção humana, a tubagem é colocada com recurso a forças aplicadas de modo contínuo, por percussão ou por vibração, a partir de uma câmara de entrada em direcção a uma câmara ou ponto de saída. O solo é deslocado ou removido na frente de perfuração (NP EN 12889:2008).

Estas famílias podem ser ainda classificadas em dirigíveis ou não dirigíveis. Na Figura 9.18 e na Figura 9.19 apresentam-se as diferentes famílias de técnicas de substituição em galeria sem intervenção humana não dirigíveis e dirigíveis, respectivamente.

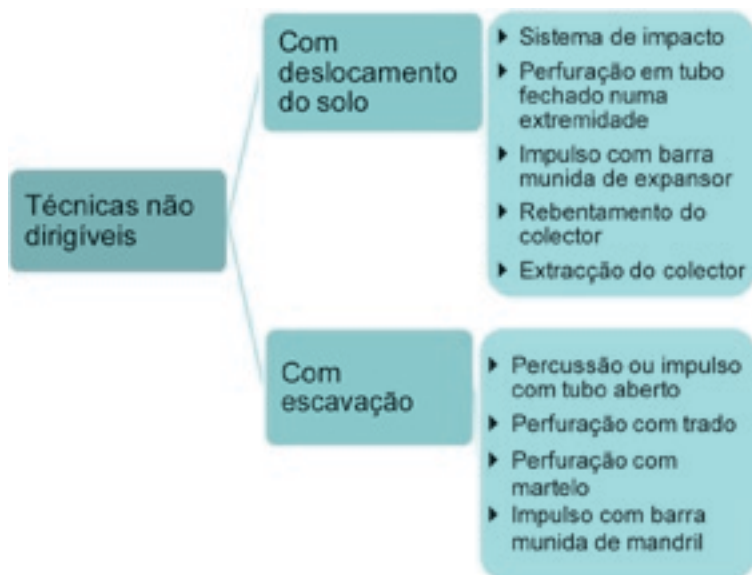


Figura 9.18 – Técnicas de substituição em galeria sem intervenção humana: técnicas não dirigíveis



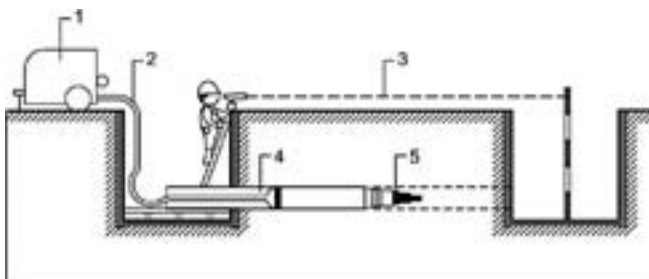
Figura 9.19 – Técnicas de substituição em galeria sem intervenção humana: técnicas dirigíveis

A escolha da técnica depende de factores como a exactidão do alinhamento (planimétrica e altimétrica), proximidade de outras estruturas e infra-estruturas, diâmetro exterior, extensão, condições geológicas e hidrogeológicas e profundidade.

As técnicas não dirigíveis são naturalmente aplicáveis em situações em que não é necessária grande exactidão no alinhamento.

De entre as diferentes **técnicas não dirigíveis com deslocamento do solo**, destacam-se as seguintes, com base na classificação da NP EN 12889:2008:

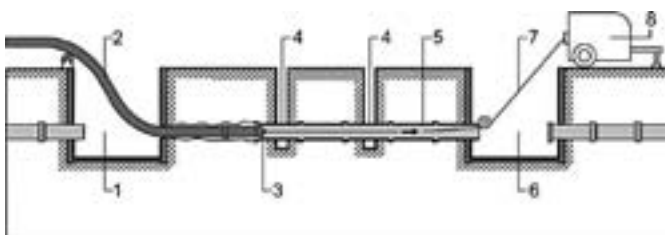
- Técnica com deslocamento do solo com sistema de impacto (*impact moling*) – é utilizado um martelo de percussão dentro de um invólucro (cilindro com cabeça cónica ou escalonada) para penetrar no solo. O martelo pneumático ou hidráulico desloca o solo e a progressão é garantida pelo atrito do solo. A tubagem é impulsionada ou traccionada (Figura 9.20).
- Técnica com deslocamento do solo por percussão em tubo fechado numa extremidade (*pipe ramming with a pipe closed at its leading end*) – é feita a perfuração por meio de pancadas num tubo de aço com uma extremidade fechada com um martelo de percussão.
- Técnica com deslocamento do solo: impulso com barra munida de expansor (*rod pushing with an expander*) – uma barra piloto rígida atravessa o solo impulsionada por um sistema de percussão sendo depois instalada a tubagem nova por tracção ou impulsão, após a passagem de um expansor.
- Técnica com deslocamento do solo: rebentamento do colector (*pipe bursting*) – introdução de uma cabeça com diâmetro igual ou maior no colector existente que, ao ser traccionada, provoca o rebentamento do colector existente e deslocamento do solo, sendo a nova tubagem deslocada para dentro em conjunto com a cabeça (Figura 9.21 e Figura 9.22).
- Técnica com deslocamento do solo: extracção do colector (*pipe extraction*) – o colector existente é extraído, por tracção ou impulso, e simultaneamente substituído por tubagem nova. Só aplicável se o colector existente apresentar resistência suficiente para aplicação das forças.



Legenda

- | | |
|---------------------|------------------------|
| 1 Compressor | 4 Invólucro |
| 2 Mangueira para ar | 5 Martelo de percussão |
| 3 Linha de visão | |

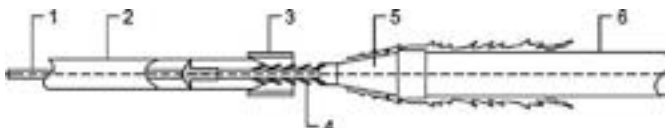
Figura 9.20 – Substituição em galeria sem intervenção humana: esquema de técnica com deslocamento do solo com sistema de impacto



Legenda

- | | |
|--------------------------|--------------------------|
| 1 Poço de ataque | 5 Colector existente |
| 2 Nova tubagem | 6 Poço de recepção |
| 3 Cabeça de rebentamento | 7 Cabo de tracção |
| 4 Ramais de ligação | 8 Equipamento de tracção |

Figura 9.21 – Substituição em galeria sem intervenção humana: esquema de técnica com deslocamento do solo com rebentamento do colector



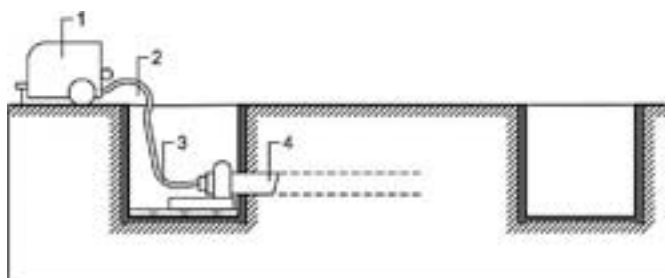
Legenda

- | | |
|---------------------|--------------------------|
| 1 Cabo de tracção | 4 Lâminas de aço |
| 2 Tubagem existente | 5 Cabeça de rebentamento |
| 3 Cabeça de corte | 6 Nova tubagem |

Figura 9.22 – Substituição em galeria sem intervenção humana: detalhe de técnica com deslocamento do solo com rebentamento do colector

De entre as diferentes técnicas não dirigíveis com escavação, destacam-se as seguintes com base na classificação da NP EN 12889:2008:

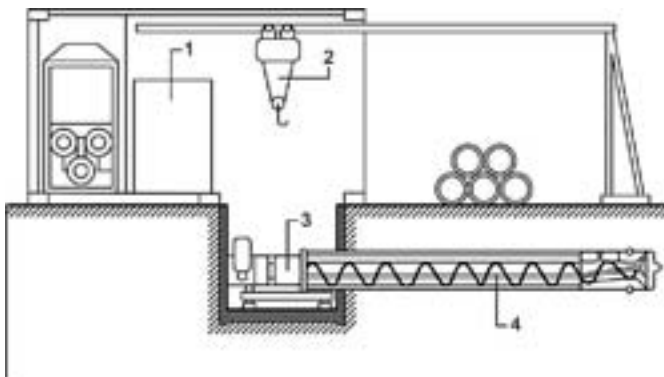
- Técnica com escavação por percussão ou impulso com tubo aberto (*Pipe ramming or pushing with na open ended pipe*) – perfuração com tubo de aço com uma extremidade aberta com recurso a martelo de percussão ou dispositivo de impulso. O entulho é removido com trado, jacto de água, ar comprimido ou água em pressão (Figura 9.23).
- Técnica com escavação por perfuração com trado (*Auger boring*) – a escavação é feita com cabeça de corte rotativa fixa a um trado que remove continuamente o entulho. A tubagem é traccionada simultaneamente com o trado (Figura 9.24).
- Técnica com escavação por perfuração com martelo (*hammer drilling*) – a perfuração é feita com um martelo de percussão com cabeça de corte. O entulho é removido mecanicamente, com jacto de água ou ar comprimido.
- Técnica com escavação: impulso com barra munida de mandril (*rod pushing with a reamer*) – uma barra piloto rígida é impulsionada para deslocar o solo sendo a tubagem instalada por tracção após a passagem de um mandril rotativo.



Legenda

- | | | | |
|---|-------------------|---|----------------------|
| 1 | Compressor | 3 | Sistema de percussão |
| 2 | Mangueira para ar | 4 | Tubo de perfuração |

Figura 9.23 – Substituição em galeria sem intervenção humana: esquema de técnica com escavação por percussão ou impulso com tubo aberto



Legenda

- | | | | |
|---|---------------------|---|---------------------------------|
| 1 | Consola de controlo | 3 | Sistema de empurre e perfuração |
| 2 | Monta cargas | 4 | Cabeça de corte com trado |

Figura 9.24 – Substituição em galeria sem intervenção humana: esquema de técnica com escavação por perfuração com trado

De entre as diferentes técnicas dirigíveis, destacam-se as seguintes com base na classificação da NP EN 12889:2008:

- Micro galeria (*Microtunnelling*) – Perfuração dirigida numa só etapa, com controlo remoto. A tubagem é instalada directamente após a construção da micro-galeria. Diferentes técnicas são incluídas consoante o método de remoção do entulho (Figura 9.25 e Figura 9.26):
 - a) remoção por trado (*microtunnelling with auger spoil removal*)
 - b) remoção hidráulica (*slurry shield microtunnelling*)
 - c) remoção por vácuo (*microtunnelling spoil removal by vacuum*)
 - d) remoção por outros meios mecânicos (*microtunnelling spoil removal by other mechanical means*)
 - e) micro galeria com destruição do colector (*microtunnelling incorporating pipe eating*): o colector existente é removido juntamente com o solo circundante
- Micro-galeria com tubo-piloto (*pipe jacking with pipe bore*) – micro-galeria construída por etapas. Primeiro é instalado com exactidão um tubo-piloto, por compressão. De seguida, o furo do tubo-piloto é alargado por compressão. A tubagem é então instalada por compressão com deslocamento ou remoção do solo.

- Perfuração dirigida (*Direccional drilling*) – é feita uma perfuração-piloto por meio de uma cabeça de corte dirigida impulsio-
nada por barras flexíveis. O furo é alargado com mandris até se
atingir o diâmetro da tubagem. A tubagem é então traccionada
ou impulsionada para a posição final.



a) Poço de ataque: instalação do equipamento



b) Cabeça da microtuneladora



c) Colocação de troço de tubagem



d) Início do empurre do troço de tubagem

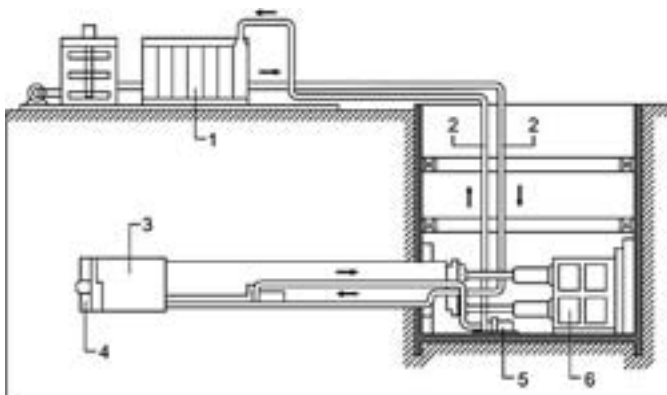


e) Empurre do troço de tubagem



f) Poço de recepção: chegada da cabeça

**Figura 9.25 – Aplicação da técnica de micro galeria
com remoção hidráulica**



Legenda

- | | |
|-------------------------|----------------------|
| 1 Reservatório de lamas | 4 Cabeça de corte |
| 2 Tubagens de lamas | 5 Bombagem |
| 3 Troço de protecção | 6 Sistema de empurre |

Figura 9.26 – Aplicação da técnica de micro galeria com remoção hidráulica

No Quadro 9.12 apresentam-se as principais características e condições de aplicação das técnicas de substituição em galeria sem intervenção humana com base na norma NP EN 12889:2008 e em Stein (2001).

Quadro 9.12 – Substituição em galeria sem intervenção humana: características e condições de aplicação

Tópico	Aplicação à técnica de substituição em galeria sem intervenção humana	
Normas relevantes	– NP EN 12889:2008 (águas residuais), EN 14457:2004, EN 1916:2002.	
Materiais utilizados	Aço, FFD, PRFV, PE, PVC, PP, GRP, betão armado, dependendo da técnica.	
Aplicações	– Escoamento em superfície livre. – Escoamento em pressão.	
Características geométricas	Forma da secção transversal	Circular
	Gama de diâmetros típica (mm)	Variável com a técnica
	Extensão máxima típica (m)	Variável com a técnica
	Execução de curvas	Depende da técnica
Desempenho	<ul style="list-style-type: none"> – Aumento da capacidade hidráulica possível. 😊 – Reabilitação total da integridade estrutural. 😊 – Resistência à abrasão e química depende do material em contacto com o escoamento. 	
Instalação	<ul style="list-style-type: none"> – Não requer trabalhos preparatórios de limpeza. 😊 – Permite execução de novos colectores sem abertura de vala ou aumento do diâmetro de colector existente. 😊 – Área superficial necessária para execução dos trabalhos significativa para execução dos trabalhos e armazenamento das tubagens. É necessária escavação de câmara de acesso para instalação de equipamento e inserção de nova tubagem. – Pode interferir com estruturas ou infra-estruturas adjacentes (e.g., edifícios antigos). ☹️ – No caso de existir colector, necessidade de interrupção do serviço no colector e desvio do escoamento. ☹️ – Ligação dos ramais laterais por escavação. ☹️ 	

Legenda: 😊 Principais vantagens; ☹️ Principais inconvenientes.

9.4.5. Substituição em galeria com intervenção humana

Das técnicas de substituição em galeria com intervenção humana destaca-se o cravamento de tubagem (*pipe jacking*).

A técnica de cravamento da tubagem consiste na instalação de um novo colector a partir de um poço ou câmara de entrada, em direcção a um poço ou câmara de saída, com aplicação contínua de forças com recurso a um sistema hidráulico. A aplicação das forças permite a instalação da tubagem ao longo do solo, tubagem essa que vai suportando a zona escavada e ao longo da qual são removidos os materiais da frente de escavação. Tipicamente,

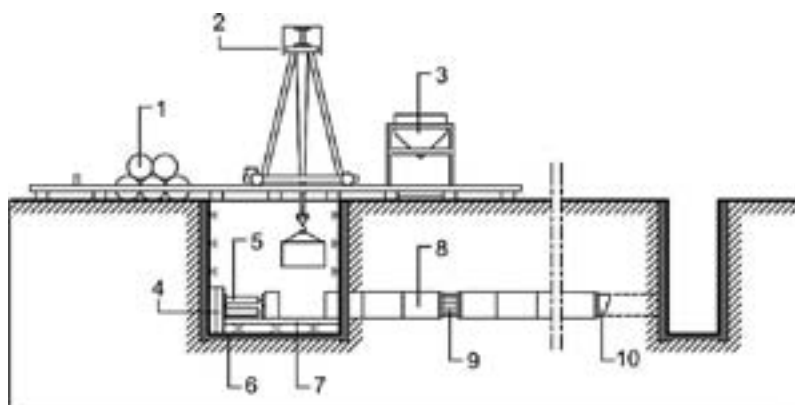
distinguem-se as seguintes partes funcionais desta técnica (Stein, 2001):

- cabeça de corte e/ou escudo de protecção, que permite a remoção do solo e do colector existente;
- elementos de tubagem cravada;
- estação intermédia de aplicação de forças;
- sistema hidráulico principal de aplicação de forças.

A remoção do solo e do colector existente pode ser feita manualmente, mecanicamente ou utilizando um sistema hidráulico.

Estas técnicas são normalmente dirigíveis e permitem a instalação em linha recta ou em ligeira curva.

Na Figura 9.27 é representada esquematicamente esta técnica de reabilitação. Os trabalhos devem ser executados de acordo com a norma NP EN 1610:2008.



Legenda

- | | |
|---------------------------------|---------------------------------|
| 1 Depósito de troços de tubagem | 6 Base em betão |
| 2 Grua | 7 Estrutura de guia |
| 3 Separador de resíduos | 8 Troço de tubagem |
| 4 Estrutura resistente | 9 Estação de empurre intermédia |
| 5 Sistema de empurre | 10 Cabeça de corte |

Figura 9.27 – Esquema representativo da técnica de cravamento de tubagem

De acordo com Stein (2001) as principais vantagens são o possível aumento da secção transversal, ocupação do espaço exterior limitada à zona dos acessos, ruído e gases limitados, colector existente e possível solo contaminado removido.

Como principais desvantagens o mesmo autor destaca a desconexão e ligação posterior dos ramais, o espaço associado às

câmaras de acesso e a necessidade de reforço da galeria de entrada para absorver as forças de cravação das tubagens. Esta técnica requer o controlo continuado do alinhamento. Em caso de locais com níveis freáticos elevados, pode ser necessário o rebaixamento do nível freático.

No Quadro 9.13 apresentam-se as principais características e condições de aplicação das técnicas de substituição em galeria com intervenção humana com base na norma NP EN 12889:2008 e em Stein (2001).

Quadro 9.13 – Substituição em galeria com intervenção humana: características e condições de aplicação

Tópico	Aplicação à técnica de substituição em galeria com intervenção humana	
Normas relevantes	– NP EN 12889:2008 (águas residuais); EN 14457:2004; EN 1916:2002.	
Materiais utilizados	Aço, FFD, betão armado.	
Aplicações	– Escoamento em superfície livre – Escoamento em pressão	
Características geométricas	Forma da secção transversal	Circular
	Gama de diâmetros típica (mm)	Colectores visitáveis
	Extensão máxima típica (m)	Variável
	Execução de curvas	Limitada
Desempenho	<ul style="list-style-type: none"> – Aumento da capacidade hidráulica possível. 😊 – Reabilitação total da integridade estrutural. 😊 – Resistência à abrasão e química depende do material em contacto com o escoamento. 	
Instalação	<ul style="list-style-type: none"> – Permite execução de novos colectores sem abertura de vala ou aumento do diâmetro de colector existente. 😊 – Área superficial necessária para execução dos trabalhos para as galerias de acesso nos dois extremos e armazenamento das tubagens. É necessária escavação de duas câmaras de acesso. – Pode interferir com infra-estruturas adjacentes. ☹️ – No caso de existir colector, necessidade de interrupção do serviço no colector e desvio do escoamento. ☹️ – Ligação dos ramais laterais por escavação. ☹️ 	

Legenda: 😊 Principais vantagens; ☹️ Principais inconvenientes.

9.5. Técnicas de reparação

9.5.1. Considerações gerais

As principais técnicas de reparação, ou seja, aquelas em que se pretende executar a rectificação de anomalias localizadas, são essencialmente técnicas sem abertura de vala que, na sua maioria, não resultam no reforço da integridade e da resistência estrutural, destinando-se a corrigir problemas associados a falhas pontuais de material, infiltração e exfiltração, redução da rugosidade das superfícies, entre outros. Várias destas técnicas são aplicáveis a câmaras de visita.

As principais famílias consideradas neste guia são:

- Reparação com injeção de argamassa não retráctil (*Repair by injection sealing*)
- Reparação com remendo curado *in situ* (*Repair with cured-in-place patch*)
- Reparação com material projectado (*Repair with trowelled material*)
- Reparação com vedação por meios mecânicos (*Repair by sealing with internal mechanical devices*)
- Reparação da ligação de ramal (*Repair with lateral connection collar*)
- Outras técnicas de reparação (*Other repair techniques*)

Seguidamente, descreve-se brevemente cada família de técnicas, incluindo uma síntese das principais características, condições de aplicação, vantagens e inconvenientes, e normas aplicáveis, com base principal na norma prEN 15885:2010 e em Stein (2001).

No caso de betão armado, a reparação de fissuras é particularmente importante para controlar a potencial corrosão das armaduras que poderá decorrer sem evidência exterior significativa.

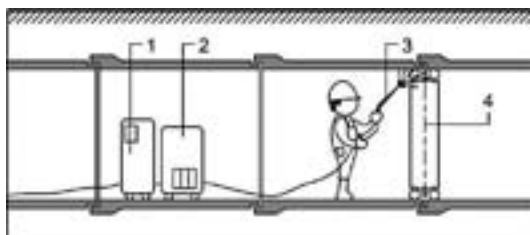
Dado o desenvolvimento continuado de processos e variedade de possibilidades de aplicações, não é feita uma descrição exaustiva das técnicas existentes, focando-se essencialmente aquelas que são consideradas em documentos normativos. Outras técnicas de reparação que não são detalhadas neste manual, podem ser encontradas em bibliografia e na internet, por exemplo, em Stein (2001).

9.5.2. Reparação com injeção de argamassa não retrátil

Esta família de técnicas consiste na reparação através da injeção sob pressão de argamassas não retráteis em anomalias. Estas reparações podem ser subdivididas em:

- injeção de argamassa não retrátil (*grout*) com recurso a robot;
- injeção manual de argamassa não retrátil, em colectores visitáveis, habitualmente com recurso a bomba de injeção;
- injeção de enchimento com argamassa não retrátil, usado para preenchimento de vazios no material ou solo adjacente associados a juntas ou fissuras.

A ilustração destas alternativas é feita esquematicamente da Figura 9.28 à Figura 9.30.



Legenda

- 1 Painel de controlo
2 Bomba injetora

- 3 Lança de injeção
4 Módulo de confinamento

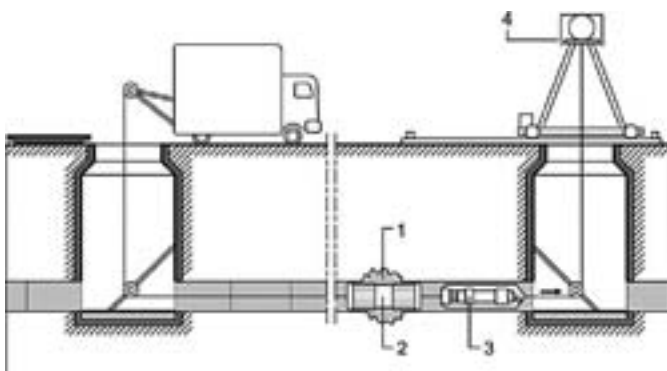
Figura 9.28 – Esquema representativo da injeção manual de argamassa em juntas



Legenda

- 1 Ponto de injeção
2 Espaços vazios preenchidos

Figura 9.29 – Pormenor ilustrativo do efeito da injeção de argamassa em alvenaria



Legenda

- 1 Troço a injectar
- 2 Módulo de reparação

- 3 Câmara CCTV
- 4 Guincho

Figura 9.30 – Esquema representativo da injeção de enchimento com argamassa não retráctil

Para a aplicação desta família de técnicas, geralmente o troço a reabilitar tem de estar fora de serviço, livre de obstruções ou escoamento e ser objecto de limpeza prévia à aplicação da reparação. Normalmente, em colectores não visitáveis, a execução da reparação é acompanhada por visionamento com câmara CCTV.

No Quadro 9.14 apresentam-se as principais características e condições de aplicação da reparação com injeção de argamassa não retráctil com recurso a robot, com base na norma prEN 15885:2010.

Quadro 9.14 – Reparação com injeção de argamassa não retráctil com recurso a robot: características e condições de aplicação

Tópico	Reparação com injeção de argamassa não retráctil com recurso a robot	
Normas relevantes	– prEN 15885:2010 (águas residuais).	
Materiais utilizados	Resinas epoxy ou outras e argamassas cimentícias não retrácteis.	
Aplicações	<ul style="list-style-type: none"> – Escoamento em superfície livre – Aplicável em câmaras de visita, ramais e ligação de ramais 	
Características geométricas	Forma da secção transversal	Circular e não circular
	Gama de diâmetros típica (mm)	150 a 750
	Extensão máxima típica (m)	200 m
	Execução de curvas	-
Desempenho	<ul style="list-style-type: none"> – Reposição da estanquidade localmente e redução do caudal de infiltração. 😊 – Não causa redução da capacidade hidráulica do colector. 😊 – Melhoria do desempenho ambiental se existir exfiltração pela anomalia a reparar. 😊 – Resistência à abrasão e química depende do material. 	
Instalação	<ul style="list-style-type: none"> – Preenchimento de vazios em juntas, fissuras e ligação de ramais ou entre colectores. 😊 – Aplicada com controlo CCTV do processo. – Reparação não resiste a pressão do escoamento. ☹ – Reparação resiste a pressão externa. 😊 – Área mínima necessária para a execução dos trabalhos. 😊 – Acesso ao colector através das câmaras de visita. 😊 – A técnica não depende da adesão ao colector existente. 😊 – Necessidade de interrupção do serviço no colector e desvio do escoamento. ☹ 	

Legenda: 😊 Principais vantagens; ☹ Principais inconvenientes.

No Quadro 9.15 apresentam-se as principais características e condições de aplicação da reparação com injeção manual de argamassa não retráctil, com base na norma prEN 15885:2010.

Quadro 9.15 – Reparação com injeção manual de argamassa não retrátil: características e condições de aplicação

Tópico	Reparação com injeção manual de argamassa não retrátil	
Normas relevantes	– prEN 15885:2010 (águas residuais).	
Materiais utilizados	Argamassas retráteis ou não, cimentícias ou de polímeros.	
Aplicações	<ul style="list-style-type: none"> – Escoamento em superfície livre. – Aplicável em câmaras de visita. 	
Características geométricas	Forma da secção transversal	Circular e não circular
	Gama de diâmetros típica (mm)	Colectores visitáveis
	Extensão máxima típica (m)	1200 m
	Execução de curvas	-
Desempenho	<ul style="list-style-type: none"> – Estanquidade melhorada localmente. – Não causa redução da capacidade hidráulica do colector. 😊 – Melhoria do comportamento estrutural, quer por restaurar a integridade do colector, quer por melhorar comportamento do solo circundante. 😊 – Melhoria do desempenho ambiental se existir exfiltração pela anomalia a reparar. 😊 – Resistência à abrasão e química depende do material. 	
Instalação	<ul style="list-style-type: none"> – Injeção de fluído em fissuras ou juntas. – São efectuados furos no colector para injeção e controlo. – Pressão aplicada na injeção controlável em função da resistência do material do colector existente. 😊 – continuidade do enchimento de vazios controlada através do espaçamento dos furos de injeção. – Área mínima necessária para a execução dos trabalhos depende do equipamento mas não é significativa. 😊 – Acesso ao colector através das câmaras de visita. 😊 – A técnica não depende da adesão ao colector existente. 😊 – Necessidade de interrupção do serviço no colector e desvio do escoamento. ☹ 	

Legenda: 😊 Principais vantagens; ☹ Principais inconvenientes.

No Quadro 9.16 apresentam-se as principais características e condições de aplicação da reparação com injeção de enchimento com argamassa não retrátil, com base na norma prEN 15885:2010.

Quadro 9.16 – Reparação com injeção de enchimento com argamassa não retrátil: características e condições de aplicação

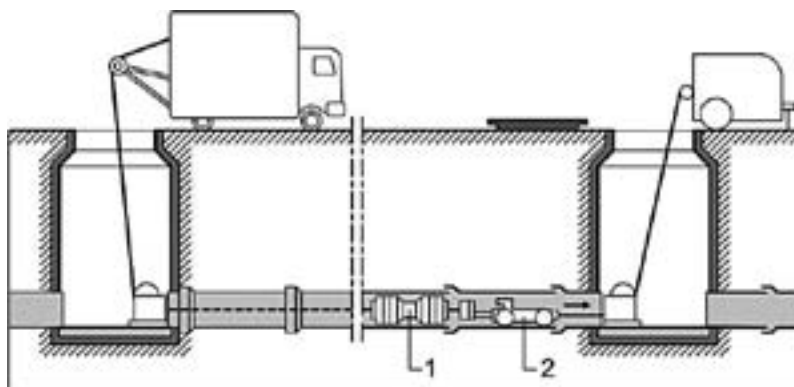
Tópico	Reparação com injeção de enchimento com argamassa não retrátil	
Normas relevantes	– prEN 15885:2010 (águas residuais).	
Materiais utilizados	Resinas epoxy ou outras e argamassas cimentícias não retráteis.	
Aplicações	<ul style="list-style-type: none"> – Escoamento em superfície livre. – Aplicável em câmaras de visita, ramais e ligação de ramais. – não aplicável em colectores reabilitados com entubamento. 	
Características geométricas	Forma da secção transversal	Circular e não circular
	Gama de diâmetros típica (mm)	Mínimo 150
	Extensão máxima típica (m)	200 não visitável; 1 000 visitável
	Execução de curvas	-
Desempenho	<ul style="list-style-type: none"> – Reposição da estanquidade localmente e redução do caudal de infiltração. 😊 – Não causa redução da capacidade hidráulica do colector. 😊 – Melhoria do desempenho ambiental se existir exfiltração pela anomalia a reparar. 😊 – Melhora comportamento estrutural do conjunto colector/ /solo. 😊 – Resistência química depende do material. 	
Instalação	<ul style="list-style-type: none"> – Preenchimento de vazios associados a juntas e fissuras. – Aplicação com robot para colectores não visitáveis com controlo CCTV do processo. – Reparação não resiste a pressão do escoamento. 😞 – Reparação resiste a pressão externa. 😊 – Área mínima necessária para a execução dos trabalhos. 😊 – Acesso ao colector através das câmaras de visita. 😊 – A técnica não depende da adesão ao colector existente. 😊 – Necessidade de interrupção do serviço no colector e desvio do escoamento. 😞 	

Legenda: 😊 Principais vantagens; 😞 Principais inconvenientes.

9.5.3. Reparação com remendo curado *in situ*

Esta família de técnicas consiste na reparação de anomalias localizadas com remendos ou mangas curtas que são sujeitas a processo de cura após a sua aplicação no local. Em alguns casos pode existir melhoria da capacidade resistente no local. Podem ser aplicadas em juntas, fissuras radiais, fissuras longitudinais e locais com material fragmentado. A ilustração desta técnica é feita esquematicamente na Figura 9.31.

Para a aplicação desta família de técnicas, geralmente o troço a reabilitar tem de estar fora de serviço, livre de obstruções ou escoamento e ser objecto de limpeza prévia à aplicação da reparação. Normalmente, em colectores não visitáveis, a execução da reparação é acompanhada por visionamento com câmara CCTV.



Legenda

1 Módulo de reparação

2 Câmara CCTV

Figura 9.31 – Esquema representativo de reparação com remendo curado *in situ*

Na Figura 9.32 apresentam-se aspectos de aplicação da técnica de reparação com remendo curado *in situ*. No Quadro 9.17 apresentam-se as principais características e condições de aplicação da reparação com remendo curado *in situ*, com base na norma prEN 15885:2010.



Figura 9.32 – Aplicação de reparação com remendo curado *in situ*

Quadro 9.17 – Reparação com remendo curado *in situ*: características e condições de aplicação

Tópico	Reparação com remendo curado <i>in situ</i>	
Normas relevantes	– prEN 15885:2010 (águas residuais).	
Materiais utilizados	Resinas epoxy ou outras e argamassas cimentícias não retrácteis.	
Aplicações	<ul style="list-style-type: none"> – Escoamento em superfície livre – Aplicável em câmaras de visita e ramais 	
Características geométricas	Forma da secção transversal	Circular e não circular
	Gama de diâmetros típica (mm)	Mínimo 100 (com robot se não visitável)
	Extensão máxima típica (m)	200 m (colectores não visitáveis)
	Execução de curvas	Possível em curvas não pronunciadas
Desempenho	<ul style="list-style-type: none"> – Reposição da estanquidade localmente e redução do caudal de infiltração. 😊 – Não causa redução da capacidade hidráulica do colector. 😊 – Melhoria do desempenho ambiental se existir exfiltração pela anomalia a reparar. 😊 – Resistência à abrasão e química depende do material. 	
Instalação	<ul style="list-style-type: none"> – Função mecânica ou de estanquidade em juntas e fissuras. – Aplicada com robot e controlo CCTV do processo em colectores não visitáveis. 😊 – Reparação não resiste a pressão do escoamento. ☹ – Reparação resiste a pressão externa. 😊 – Área necessária para a execução dos trabalhos mínima. 😊 – Acesso ao colector através das câmaras de visita. 😊 – A técnica depende da adesão ao colector existente, sendo necessário preparar superfície existente. ☹ – Necessidade de interrupção do serviço no colector e desvio do escoamento. ☹ 	

Legenda: 😊 Principais vantagens; ☹ Principais inconvenientes.

9.5.4. Reparação com material projectado

Esta família de técnicas consiste na reparação com recurso a revestimento, com ou sem reforço (armadura), com material projectado. Com estas técnicas podem ser introduzidas melhorias ao nível da resistência a agentes físicos, químicos e biológicos actuando na superfície interna do colector existente. Em algumas técnicas obtêm-se melhoria da capacidade resistente com a reparação. Outras permitem melhorar a estanquidade do colector. A espessura do revestimento depende do material e do diâmetro

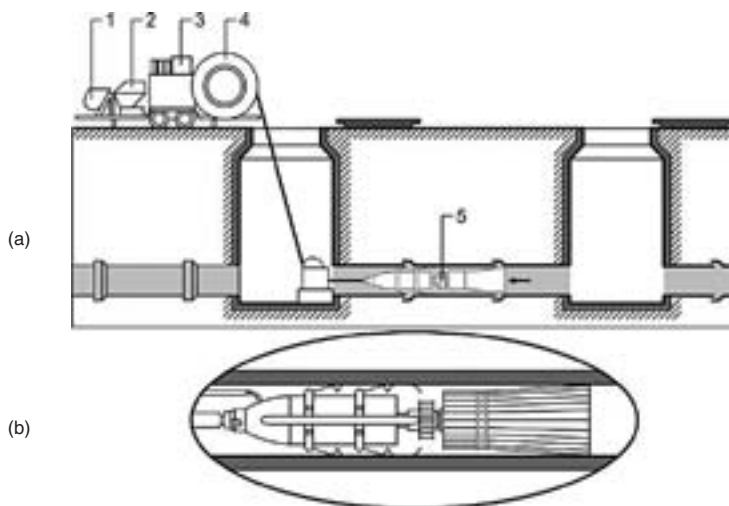
podendo ser de apenas 1 mm. O processo de cura depende do material de revestimento.

Para a aplicação desta família de técnicas, geralmente o troço a reabilitar tem de estar fora de serviço, livre de obstruções ou escoamento e ser objecto de limpeza prévia à aplicação da reparação. A aplicação do revestimento interior requer que a parede interna do colector se encontre completamente limpa e polida, e alguns casos também seca. Pode ser necessário proceder a desgaste da superfície por exemplo em caso de anomalia por corrosão. Pode ser necessário proceder à localização dos ramais de ligação e seu tamponamento antes da aplicação do revestimento, sendo os tampões removidos após a cura. Em caso de não serem tamponados, os ramais terão de ser posteriormente limpos. Normalmente, em colectores não visitáveis, a localização dos ramais e o acompanhamento da execução da reparação é feita por visionamento com câmara CCTV.

O revestimento pode ser aplicado por meios mecânicos (tipicamente accionado por um guincho ou através de um robot) ou manualmente, dependendo do diâmetro e da extensão do colector a reparar. Noutros casos, o revestimento pode ser aplicado com dispositivos mecânicos rotativos do tipo jacto difuso (*spray*) inseridos na extremidade de uma mangueira que projectam o material na superfície interna do colector. Na Figura 9.33 exemplifica-se a aplicação por jacto e na Figura 9.34 a aplicação manual.

Em alguns casos, após a aplicação do revestimento, é isolado o troço de colector reparado para se efectuar lentamente o processo de cura que pode demorar 12 a 24 horas. Este tempo pode ser bastante inferior para argamassas especiais.

No Quadro 9.18 apresentam-se as principais características e condições de aplicação da reparação com material projectado, com base na norma prEN 15885:2010 e em Stein (2001).

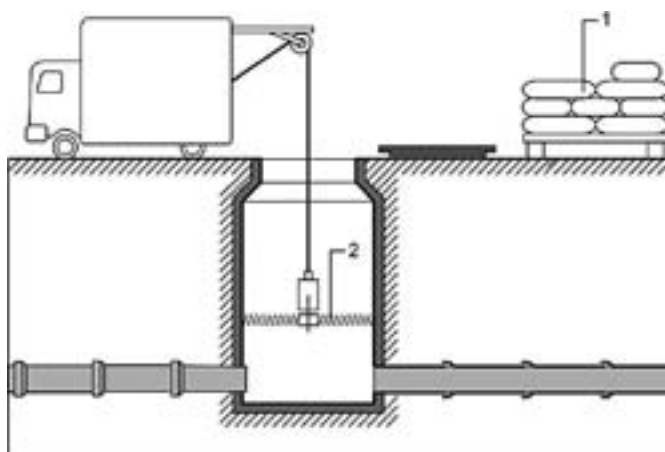


Legenda

- 1 Misturadora
- 2 Bombagem
- 3 Gerador

- 4 Tambor com cabo e mangueira
- 5 Módulo de projecção

Figura 9.33 – Reparação com material projectado: (a) aplicação com robot e (b) pormenor do módulo de projecção



Legenda

- 1 Depósito de material

- 2 Módulo de projecção

Figura 9.34 – Reparação com material projectado: aplicação manual

**Quadro 9.18 – Reparação com material projectado:
características e condições de aplicação**

Tópico	Reparação com material projectado	
Normas relevantes	– prEN 15885:2010 (águas residuais).	
Materiais utilizados	Argamassas cimentícias ou de polímeros (cimento, epoxy, UP, PU, silicatos ou misturas). Reforço com fibra de vidro ou aplicação de malha metálica (colectores visitáveis).	
Aplicações	– Escoamento em superfície livre. – Escoamento em pressão (para algumas técnicas). – Aplicável em câmaras de visita e ramais.	
Características geométricas	Forma da secção transversal	Circular e não circular
	Gama de diâmetros típica (mm)	Mínimo 150 (com robot se não visitável)
	Extensão máxima típica (m)	200 m (colectores não visitáveis)
	Execução de curvas	Possível
Desempenho	<ul style="list-style-type: none"> – Melhoria do desempenho hidráulico e mecânico. 😊 – Melhoria da resistência estrutural possível. 😊 – Redução da capacidade hidráulica do colector não significativa (depende da espessura do revestimento). – Resistência à abrasão e química depende do material. 	
Instalação	<ul style="list-style-type: none"> – Uso de armadura de reforço em colectores visitáveis. – Aplicada com robot e controlo CCTV do processo em colectores não visitáveis. – Reparação não resiste a pressão do escoamento. ☹️ – Reparação resiste a pressão externa. 😊 – Área necessária para a execução dos trabalhos mínima. 😊 – Acesso ao colector através das câmaras de visita. 😊 – A técnica depende da adesão ao colector existente, sendo necessário preparar superfície existente. ☹️ – Necessidade de ligação dos ramais depende da técnica específica. – Necessidade de interrupção do serviço no colector e desvio do escoamento. ☹️ 	

Legenda: 😊 Principais vantagens; ☹️ Principais inconvenientes.

As principais vantagens resultam de a aplicação destes revestimentos ser possível para qualquer extensão, sobre diferentes materiais de colectores existentes, com diferentes espessuras do revestimento.

As principais desvantagens incluem os trabalhos preparatórios para aplicação dos revestimentos, o desvio do escoamento e algumas técnicas desta família serem aplicáveis especialmente a secções circulares. A qualidade do material depende da boa execução e controlo dos processos.

9.5.5. Reparação com vedação com meios mecânicos

Esta família de técnicas consiste na colocação de elementos com o fim de proceder à vedação em anomalias pontuais, por exemplo juntas ou fissuras radiais, que são colocados e mantidos no local mecanicamente. Para além do mecanismo, estas técnicas dispõem de processo de vedação. Estas técnicas permitem melhorar a estanquidade do colector, devendo conter a área com anomalia entre os materiais que garantem a vedação. Dependendo da técnica pode ocorrer alguma redução da secção transversal, sendo que, em certos locais, pode resultar na deposição de sedimentos a montante da reparação.

Para a aplicação desta família de técnicas, geralmente o troço a reabilitar tem de estar fora de serviço, livre de obstruções ou escoamento e ser objecto de limpeza prévia à aplicação da reparação. A aplicação requer que a parede interna do colector se encontre regularizada de modo uniforme. Pode ser feito o desgaste da superfície do colector existente para uniformizar a superfície e para reduzir a espessura saliente da reparação. Em caso de ser necessário, pode ser feita previamente a injeção de argamassa para preenchimento de vazios no material ou no solo. Em colectores não visitáveis, a execução é feita com robot e o acompanhamento da execução da reparação é feita por -visionamento com câmara CCTV.

A colocação da reparação é feita com recurso a meios mecânicos para aplicação da pressão necessária. Na Figura 9.35 exemplifica-se a aplicação manual.

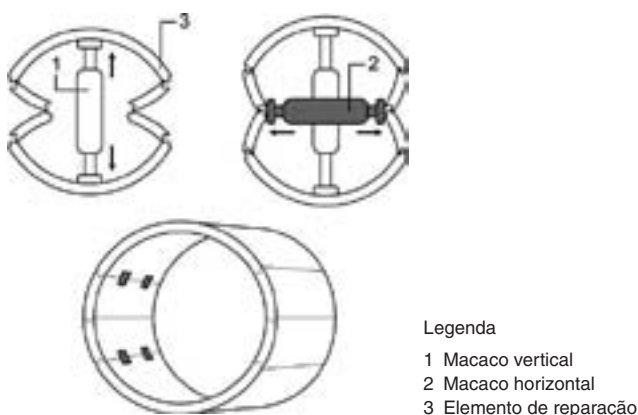


Figura 9.35 – Reparação com vedação com meios mecânicos: exemplo de técnica para colectores visitáveis

No Quadro 9.19 apresentam-se as principais características e condições de aplicação da reparação com material projectado, com base na norma prEN 15885:2010 e em Stein (2001).

Quadro 9.19 – Reparação com vedação com meios mecânicos: características e condições de aplicação

Tópico	Reparação com vedação com meios mecânicos	
Normas relevantes	– prEN 15885:2010 (águas residuais).	
Materiais utilizados	Selamentos elastoméricos. Anéis metálicos (aço inoxidável, alumínio), PVC-U .	
Aplicações	– Escoamento em superfície livre. – Escoamento em pressão.	
Características geométricas	Forma da secção transversal	Circular
	Gama de diâmetros típica (mm)	Mínimo 150 (com robot se não visitável)
	Extensão máxima típica (m)	200 m (colectores não visitáveis)
	Execução de curvas	Possível
Desempenho	– Melhoria da estanquidade do colector. 😊 – Resistência à abrasão e química depende do material.	
Instalação	<ul style="list-style-type: none"> – Fixação ao colector existente por meios mecânicos. – Requer preparação e limpeza do colector existente. ☹ – Aplicada com robot e controlo CCTV do processo em colectores não visitáveis. – Redução da capacidade hidráulica do colector não significativa (redução pontual do diâmetro). – Reparação resiste a pressão do escoamento. 😊 – Reparação resiste a pressão externa. 😊 – Área necessária para a execução dos trabalhos mínima. 😊 – Acesso ao colector através das câmaras de visita. 😊 – A técnica depende da adesão ao colector existente, sendo necessário preparar superfície existente. 😊 – Reparação saliente na superfície do colector existente. ☹ – Necessidade de interrupção do serviço no colector e desvio do escoamento. ☹ 	

Legenda: 😊 Principais vantagens; ☹ Principais inconvenientes.

As principais vantagens resultam de a aplicação destas reparações ser possível para uma gama extensa de diâmetros e permitir a correcção de problemas de estanquidade pontuais.

As principais desvantagens incluem os trabalhos preparatórios para aplicação da reparação, o desvio do escoamento e destas técnicas serem aplicáveis apenas a secções circulares. A qualidade da reparação depende da boa execução e controlo dos processos.

9.5.6. Reparação da ligação de ramal

Esta família de técnicas destina-se à reparação da ligação de ramais sem abertura de vala através da utilização de um colar ou tê, incluindo a sua vedação pelo interior do colector. Dependendo do processo, a reparação pode ser feita com mangas impregnadas em resinas curadas *in situ* ou usando materiais plásticos que são fixados localmente através de fusão ou com argamassa.

Dependendo da técnica pode ocorrer alguma redução da secção transversal, sendo que, em certos locais, pode resultar na deposição de sedimentos a montante da reparação.

Para a aplicação desta família de técnicas, geralmente o troço a reabilitar tem de estar fora de serviço, livre de obstruções ou escoamento e ser objecto de preparação e de limpeza prévias à aplicação da reparação. A aplicação requer que a parede interna do colector se encontre regularizada de modo uniforme. Pode ser feito o desgaste da superfície ou remoção de ramal saliente. Em caso de ser necessário, pode ser feita previamente a injeção de argamassa para preenchimento de vazios no material ou no solo. Em colectores não visitáveis, a execução é feita com robot e o acompanhamento da execução da reparação é feita por visionamento com câmara CCTV.

Na Figura 9.36, apresentam-se esquematicamente as duas possibilidades de configuração da reparação. Na Figura 9.37, apresentam-se esquematicamente duas possibilidades de técnicas de aplicação com robot.

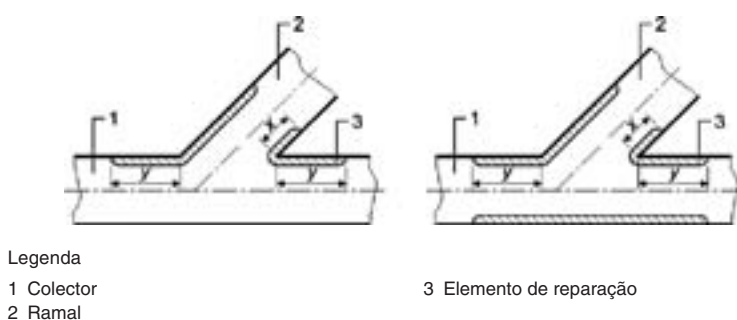
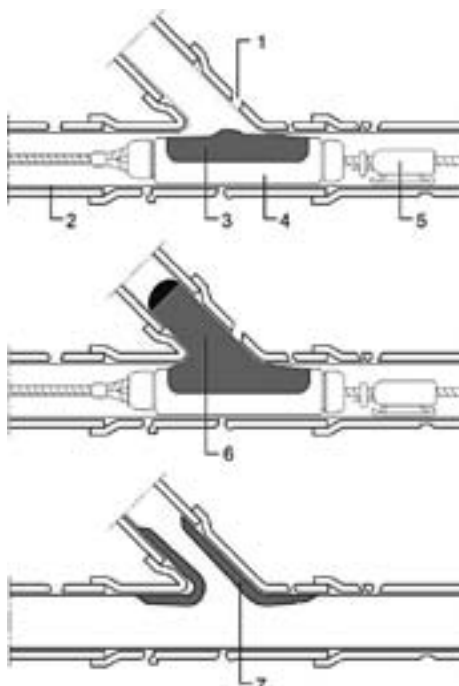


Figura 9.36 – Reparação da ligação de ramal: exemplos de configuração



Legenda

- 1 Ramal com anomalia
- 2 Revestimento
- 3 Manga impregnada
- 4 Módulo de reparação

- 5 Câmara CCTV
- 6 Manga insuflada
- 7 Aplicação completa

Figura 9.37 – Reparação da ligação de ramal: exemplo de técnicas com robot

No Quadro 9.20 apresentam-se as principais características e condições de aplicação da reparação da ligação de ramal, com base na norma prEN 15885:2010 e em Stein (2001).

Quadro 9.20 – Reparação da ligação de ramal: características e condições de aplicação

Tópico	Reparação da ligação de ramal	
Normas relevantes	– prEN 15885:2010 (águas residuais).	
Materiais utilizados	Plásticos (PE, PVC) ou resinas com cura térmica (EP, UP). Reforço em fibra de vidro.	
Aplicações	– Escoamento em superfície livre. – Aplicável em câmaras de visita.	
Características geométricas	Forma da secção transversal	Ramais só circular; colector várias
	Gama de diâmetros típica (mm)	Colector não visitável 150 a 800 (com robot) Aplicável manualmente se visitável Gama para os ramais de 100 a 200
	Extensão máxima típica (m)	200 m (colectores não visitáveis)
	Execução de curvas	-
Desempenho	<ul style="list-style-type: none"> – Melhoria da estanquidade do colector. 😊 – Melhoria do escoamento quando são removidas ligações salientes (obstrução). – Resistência à abrasão e química depende do material. 	
Instalação	<ul style="list-style-type: none"> – Fixação ao colector existente através de manga curado <i>in situ</i> ou adesão com fusão ou argamassa. – Requer preparação e limpeza do colector e ramal existentes. ☹️ – Aplicada com robot e controlo CCTV do processo em colectores não visitáveis. – Reparação não resiste a pressão do escoamento. ☹️ – Reparação resiste a pressão externa. 😊 – Área necessária para a execução dos trabalhos mínima. 😊 – Acesso ao colector através das câmaras de visita. 😊 – A técnica depende da adesão ao colector existente, sendo necessário preparar superfície existente. ☹️ – Necessidade de interrupção do serviço no colector e desvio do escoamento. ☹️ 	

Legenda: 😊 Principais vantagens; ☹️ Principais inconvenientes.

As principais vantagens incluem a larga gama de diâmetros de colector em que é aplicável e o permitir a correcção de problemas de estanquidade e de obstrução associados a ramais.

As principais desvantagens incluem a necessidade de garantir a adesão da reparação aos materiais existentes, os trabalhos preparatórios para aplicação da reparação e o desvio do escoamento.

A qualidade da reparação depende da boa execução e controlo dos processos.

9.6. Técnicas específicas para câmaras de visita

Para além das técnicas anteriores que são aplicáveis às câmaras de visita, como indicado no Quadro 9.20, para renovação, substituição e reparação, existem técnicas para reabilitação de anomalias específicas destes componentes.

As principais anomalias específicas das câmaras de visita são:

- anomalias associadas à cobertura da câmara de visita, especialmente ao anel, aro e tampa, incluindo desnivelamento;
- anomalias nas escadas ou degraus de acesso.

A probabilidade destas ocorrências é elevada e as consequências importantes, já que implicam com a segurança de pessoas e bens, tanto na via pública como do pessoal encarregue da operação e manutenção dos sistemas.

Estas anomalias, se não acompanhadas de outros problemas nas câmaras de visita que impliquem intervenções mais significativas, são tipicamente corrigidas através de técnicas de reparação.

Assim, técnicas de reparação específicas incluem:

- Reposição de escadas e degraus;
- Reposição de tampas, aros e juntas;
- Reparação do corpo da câmara de visita;
- Nivelamento da tampa da câmara de visita.

A reposição de elementos é uma actividade corrente que deve ser feita tendo em consideração a qualidade do material e especificações das normas de produto aplicáveis. A reparação do corpo da câmara de visita pode ser efectuada com as técnicas apresentadas na secção anterior consoante a tipologia de anomalias observadas.

Nivelamento da tampa de câmaras de visita

O nivelamento da tampa da câmara de visita pode ser feito com ou sem remoção da cobertura.

O primeiro caso é aplicável principalmente quando o anel superior onde se encontra encastrado e a estrutura da tampa se apresenta danificada. A remoção da cobertura permite a colocação de anéis

de nivelamento, se for necessário elevar a cota da cobertura ou desgastar o material quando se pretende corrigir uma cobertura saliente no pavimento. Se necessário, é possível recorrer a equipamento específico para cortar directamente uma bolacha de diâmetro ligeiramente superior ao da cobertura da câmara de visita. A utilização de argamassas não retrácteis permite a vedação da junta.

O nivelamento da tampa sem remoção da cobertura implica soltar o anel da tampa com equipamento mecânico, elevar o conjunto na distância necessária e colocação de espaçadores e argamassa não retráctil para assegurar a vedação.

9.7. Aplicabilidade e selecção das técnicas de reabilitação

A selecção da técnica de reabilitação a adoptar em cada caso deve ter em consideração os seguintes aspectos (ISO/DIS 11295:2008; WRc, 2001):

- avaliação das deficiências do desempenho actual (anomalias) do componente existente;
- estabelecimento dos requisitos de desempenho funcional pretendido para os componentes do sistema (para as vertentes de desempenho hidráulico, estrutural, ambiental e tendo em consideração as condições operacionais);
- identificação das opções de reabilitação tecnicamente viáveis para o desempenho funcional pretendido tendo em consideração os requisitos de desempenho e as condições locais (*e.g.*, tráfego, ocupação do espaço público, simultaneidade com intervenções em outras infra-estruturas);
- comparação de custos para as técnicas aplicáveis e selecção final da técnica a aplicar.

No Quadro 9.21 apresenta-se uma síntese da sequência recomendada para selecção da técnica de reabilitação (WRc, 2001).

Quadro 9.21 – Síntese das características de aplicação das técnicas de reabilitação

	Informação sobre	Acção
Seleccção técnica	Condições operacionais e ambientais	Eliminar materiais não adequados
	Requisitos hidráulicos e dimensões do colector existente	Verificação da capacidade hidráulica
Aspectos operacionais	Aspectos associados à instalação: acessos, local, gestão do tráfego	Eliminar técnicas não adequadas
	Compatibilidade com políticas da entidade gestora e de outras entidades relevantes	
Desempenho estrutural	Requisitos de integridade estrutural	Dimensionamento da solução e estabelecimento de requisitos mínimos para soluções
Custo		Produção de estimativas de custo para técnicas aplicáveis
		Seleccção final da técnica
Execução		Produção do contrato

No Quadro 9.22 é feita uma síntese das condições de aplicação das técnicas de reabilitação apresentadas no presente capítulo.

Quadro 9.22 – Síntese das condições de aplicação das técnicas

TÉCNICA	Reforço resistência estrutural	Capacidade escoamento	Estanquidade	Secção transversal	Gama de diâmetros típica (mm)	Extensão máxima típica (m)	Execução de curvas	Ocupação espaço público	Aplicação
RENOVAÇÃO									
Entubamento com tubagem contínua	↑	↓	↑	C/O	100 – 2000	300	P	+ / ++	L/R
Entubamento com tubagem ajustada	↑	→	↑	C/O	100 – 500 200 – 1500	500	P	+ / ++	L/R
Entubamento com tubagem curada <i>in situ</i>	↑	→	↑	C/O	100 – 2800	600 150	P	+	L/R/V
Entubamento com troços de tubagem	↑	↓	↑	C/O	100 – 600 600 – 4000	150	-	+	L/R/V
Entubamento com banda em espiral	↑	↓	↑	C/O	200 – 1200	100	P	+	L/V
Entubamento formado <i>in loco</i>	↑	↓	↑	C/O	200 – 2000	200	P	+	L/V
Entubamento com segmentos de tubagem	↑	↓→	↑→	C/O	até 4000	-	-	+	L/V
Revestimento projectado ou com cofragem	↑→	↑	↑→	C/O	Visitáveis; Robot: 200 – 600	- 100	P	+	L/V
SUBSTITUIÇÃO									
Substituição com abertura de vala	↑	↑	↑	C/O	-	-	P	+++	L/R/V
Substituição com abertura de vala reduzida	↑	↑	↑	C/O	Visitáveis	200	P	+++	L/R
Substituição em galeria sem intervenção humana	↑	↑	↑	C	-	-	P	++	L/R
Substituição em galeria com intervenção humana	↑	↑	↑	C/O	Visitáveis	-	-	++	L/R
REPARAÇÃO									
Reparação com injeção de argamassa não retráctil	→	→	↑	C/O	Visitáveis; Robot: 150 – 750	1200 200	-	+	L/V
Reparação com remendo curado <i>in situ</i>	→	→	↑	C/O	Visitáveis; Robot: Min 100	- 200	P	+	L/V
Reparação com material projectado	↑	→↑	↑	C/O	Visitáveis; Robot: Min 150	- 200	P	+	L/R/V
Reparação com vedação por meios mecânicos	→	→	↑	C	Visitáveis; Robot: Min 150	- 200	P	+	L/R
Reparação da ligação de ramal	→	↑	↑	C/O	Visitáveis; Robot: 150 – 800	- 200	-	+	L/V

Legenda: ↑ aumento possível / melhoria do desempenho; → mantém; ↓ diminuição.
C – circular; O – outra; P – possível; L – escoamento em superfície livre;
R – escoamento em pressão; V – aplicável a câmaras de visita.
+ reduzido; ++ médio; +++ elevado.

Enquanto nas técnicas de substituição as especificações técnicas podem, normalmente, incluir os níveis de desempenho pretendidos, na renovação e reparação existem limitações consoante a técnica.

A norma prEN 15885:2010 propõe níveis de desempenho para as diferentes técnicas de renovação e reparação em termos das funções pretendidas com a aplicação da técnica, incluindo:

- integridade estrutural – estabilização ou reforço da capacidade resistente da tubagem existente (resistência a cargas externas e internas);
- desempenho hidráulico – prover de capacidade hidráulica suficiente (por exemplo, através da redução da rugosidade);
- evitar o contacto entre o fluído transportado e a superfície da tubagem existente (por exemplo, para evitar a corrosão);
- estanquidade da tubagem – selagem da tubagem existente para evitar infiltração ou exfiltração;
- impacto local – perturbação associada à execução das obras.

Do Quadro 9.23 ao Quadro 9.27 reproduzem-se os critérios e níveis associados a diferentes técnicas de renovação e reparação.

Quadro 9.23 – Níveis de desempenho estrutural: cargas externas

Nível de desempenho	Características
SEL4	Resiste à pressão freática ou pressão interna negativa (curto prazo)
SEL3	SEL4 + Resiste à pressão freática ou pressão interna negativa (longo prazo)
SEL2	SEL3 + absorve ou resiste a carga do terreno e tráfego
SEL1	SEL2 + absorve ou resiste a movimentos do terreno

Quadro 9.24 – Níveis de desempenho estrutural: cargas internas

Nível de desempenho	Características
SIL4	Revestimento barreira interno
SIL 3	SIL 4 + abarca a longo prazo falhas de material à pressão de dimensionamento
SIL 2	SIL 3 + revestimento tem rigidez própria (não dependente da adesão ao colector existente)
SIL 1	SIL 2 + resiste independentemente a longo prazo até pressão de dimensionamento + resiste a falhas do colector existente induzidas por causas internas ou externas (colapso, deformação, desgaste)

Quadro 9.25 – Níveis de desempenho hidráulico

Nível de desempenho	Características
H2	Desempenho reduzido
H1	Desempenho igual ou aumentado

Quadro 9.26 – Níveis de impacto local

Nível de desempenho	Características
W4	Área superficial elevada para execução dos trabalhos ou grande escavação para construção de acessos com mais de 10 m de extensão
W3	Área superficial significativa para execução dos trabalhos ou escavação considerável para construção de acessos até 10 m de extensão
W2	Área superficial moderada para execução dos trabalhos ou escavação limitada para construção de acessos
W1	Área superficial mínima para execução dos trabalhos, sem necessidade de escavação

Quadro 9.27 – Níveis de acessibilidade ao colector

Nível de desempenho	Características
NM	Colector não visitável
ME	Colector visitável

Quadro 9.28 – Níveis típicos associados a técnicas de renovação e reparação

Técnica	Desemp. estrutural: cargas externas SEL	Desemp. estrutural: cargas internas SIL	Desemp. hidráulico H	Impacto local (função do diâmetro) W	Acessib. ao colector
Entubamento com tubagem contínua	SEL1	SIL1	H2	W3	NM
Entubamento com tubagem ajustada	SEL1	SIL1	H1	W1 a W3	NM
Entubamento com tubagem curada <i>in situ</i>	SEL1	SIL2	H1	W1 ou W2	NM
Entubamento com troços de tubagem	SEL1	SIL1	H2	W1 ou W2	NM
Entubamento com banda em espiral	SEL1	SIL4	H2	W1	NM
Entubamento formado <i>in loco</i>	SEL2	SIL4	H2	W1 ou W2	NM
Entubamento com segmentos de tubagem	SEL2	SIL4	H2	W2	ME
Revestimento projectado ou com cofragem	SEL2	SIL4	H1	W1	NM ou ME
Técnicas de reparação	Depende da técnica	Depende da técnica	Depende da técnica	W1	ME

Naturalmente que a selecção das técnicas é função dos custos associados para além dos vários factores atrás referidos. Os custos das técnicas sem abertura de vala tendem a ser inferiores aos de substituição com abertura de vala. No entanto, os custos variam consoante a técnica esteja ou não disponível localmente, com a extensão a executar, com o diâmetro, entre outros.

10. PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS

10.1. Nota introdutória

A execução de trabalhos de reabilitação carece frequentemente de um conjunto de procedimentos tais como trabalhos preparatórios (*e.g.*, inspecção, limpeza, desvio de caudais), testes, inspecções, medições e ensaios funcionais adequados para o acompanhamento de obras (*e.g.*, para controlo de qualidade ou verificação da funcionalidade de componentes) e monitorização.

Estes procedimentos operacionais incluem:

- inspecção visual ou por recurso a outros métodos;
- inspecção e monitorização de pontos de descarga nos meios receptores;
- medição de caudais e precipitação;
- teste com fumo e com traçadores;
- ensaios de estanquidade com água ou com ar;
- limpeza de componentes.

Os procedimentos de inspecção, medição e teste foram apresentados no capítulo 8. Nas secções seguintes apresentam-se de forma sintética os procedimentos operacionais de ensaios de estanquidade com água ou com ar e de limpeza de componentes.

10.2. Ensaios de estanquidade com água ou com ar

10.2.1. Ensaios em componentes pré-instalação

Os tubos, as câmaras de visita, as câmaras de ramal, os acessórios e as juntas, a utilizar em colectores ou ramais de ligação, devem resistir a um ensaio de pressão hidrostática interior, sem que se verifiquem fugas de água (NP EN 476:2000 (IPQ, 2000) para tubagens para sistemas com funcionamento em superfície livre; NP EN 773:2001 (IPQ, 2001) para tubagens para funcionamento sob pressão hidráulica). Nos casos em que a estanquidade de uma junta depende, essencialmente, da pressão interior deve efectuar-se adicionalmente um ensaio de pressão hidrostática exterior ou um ensaio de vácuo parcial.

De acordo com a norma NP EN 476:2000, o ensaio de estanquidade efectua-se à temperatura ambiente, devendo estes componentes resistir a um ensaio de pressão desde 0 até 50 kPa.

Para o caso dos tubos, estes devem ser cheios com água sendo o ar totalmente purgado. O método, o período e os requisitos de ensaio devem ser especificados nas normas de produtos.

No caso das juntas entre dois tubos ou entre um tubo e um elemento da soleira de uma câmara de visita ou de ramal, o ensaio deve ser efectuado sobre dois tubos ou troços de tubo montados com a respectiva junta. Este ensaio deve considerar um desvio angular e um esforço tangencial ou uma combinação de ambos, sob uma pressão hidrostática. Quando adequado o esforço tangencial deve ser substituído por uma deformação diametral. A conjugação de ensaios deve ser especificada nas normas de produtos.

No caso das câmaras de visita e das câmaras de ramal de ligação que se destinam a ser instaladas a profundidades superiores a 2 m, os elementos verticais e a soleira da câmara, montados, devem ser ensaiados tal como os tubos. As juntas dos elementos verticais devem ser ensaiados tal como as juntas, mas sem aplicação de desvio angular, de esforço tangencial e de deformação diametral.

Para as câmaras de ramal de ligação que se destinam a ser instaladas a profundidades inferiores a 2 m, devem ser ensaiadas enchendo-as com água. O método, o período e os requisitos de ensaio devem ser especificados nas normas de produtos.

No caso dos acessórios, o método, o período e os requisitos de ensaio devem ser especificados nas normas de produtos.

10.2.2. Ensaio em componentes pós-instalação

A norma NP EN 1610:2007 descreve genericamente os procedimentos e requisitos para o ensaio de tubagens com escoamento em superfície livre e a norma EN 805:2000 (CEN, 2000) especifica os requisitos para os ensaios em tubagens com escoamento sob pressão, no âmbito dos testes de pressão, sendo um dos métodos básicos de teste o método da perda de água.

Ensaio de tubagens com escoamento em superfície livre

O ensaio para a verificação da estanquidade de tubagens, câmaras de visita e câmaras de inspecção pode ser realizado com ar ou com água. O ensaio pode ser realizado antes da execução do aterro, e terá de ser realizado após conclusão do aterro.

Se o nível freático se situar acima do extradorso da tubagem durante a realização do ensaio, poderá ser realizado um ensaio para determinação da infiltração.

Em termos gerais o ensaio com ar segue os seguintes passos:

- colocação de tampões adequados, estanques ao ar;
- aplicação da pressão e medição da queda de pressão, de acordo com especificações da norma;
- a queda de pressão deve ser inferior aos valores especificados na norma, para diferentes materiais, para ser aceite como conforme;
- Se os desvios forem significativos, pode ser mudado o método para ensaio com água.

O ensaio com água é feito com o enchimento do componente até pressão especificada na norma, sendo a aceitação da conformidade dependente do volume de água que é necessário adicionar para repor o nível inicial num período de 30 minutos.

10.3. Limpeza

10.3.1. Gestão de operações de limpeza

A norma NP EN 14654-1:2009 (IPQ, 2009) descreve os princípios gerais de gestão e controlo de operações de limpeza em colectores e ramais de ligação, no contexto da gestão geral dos sistemas de águas residuais e pluviais.

No âmbito do presente manual, as operações de limpeza que seguidamente se descrevem enquadram-se nos trabalhos preparatórios necessários no âmbito dos trabalhos de reabilitação. Naturalmente que no âmbito do plano de reabilitação podem ser identificadas necessidades de limpeza periódica que deverão ser incorporadas no programa de limpeza do sistema de colectores da entidade responsável.

Segundo a norma acima referida, a gestão das operações de limpeza pode considerar, em geral, os aspectos apresentados na Figura 10.1.

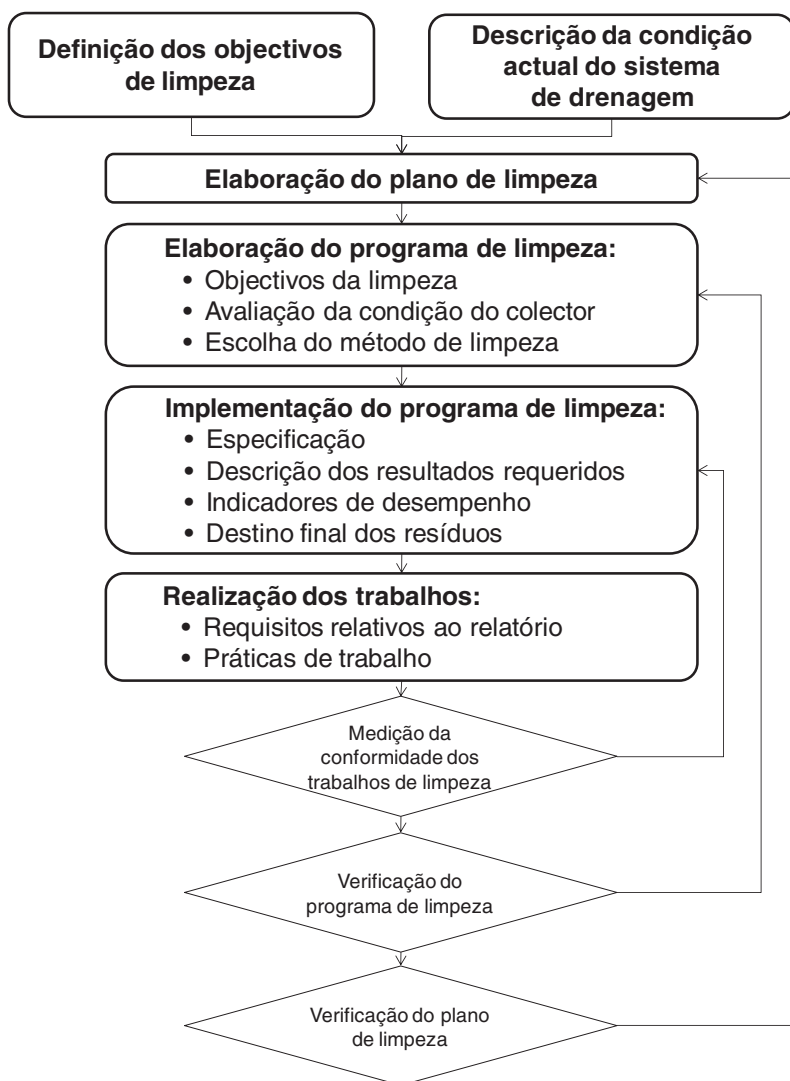


Figura 10.1 – Gestão de operações de limpeza

Especificação da finalidade das operações de limpeza

Em trabalhos de reabilitação as operações de limpeza destinam-se, geralmente, à execução de trabalhos de inspecção ou a preparar um componente do sistema para a aplicação das intervenções de reabilitação. Com excepção das soluções de substituição, em que o colector é destruído ou removido, todas as soluções de renovação requerem a preparação prévia do colector a reabilitar.

Em certas soluções, a eficácia da técnica de reabilitação depende da aderência dos materiais utilizados à parede do colector existente; noutras é necessário que existam condições para a inserção da tubagem no interior da existente, sem provocar danos na parede externa da tubagem inserida.

Nos casos em sejam identificadas necessidades de limpeza periódica adicionais, com a finalidade de melhorar o desempenho global de um sistema ou componente, estas tarefas deverão ser incorporadas no programa de limpeza do sistema de colectores da entidade responsável, estipulando os objectivos específicos.

Avaliação da condição do colector previamente à limpeza

Deve ser efectuada uma avaliação da condição do colector previamente à sua limpeza para identificar os seguintes aspectos:

- extensão de depósitos ou obstruções no colector, ou em ramais;
- o tipo e natureza dos depósitos (*e.g.*, areias, siltes, gorduras);
- a quantidade de depósitos que é necessário remover;
- a condição estrutural e o material do colector.

Informação a fornecer

A informação a fornecer a quem vai efectuar as operações de limpeza deve incluir os seguintes aspectos:

- localização e extensão do troço a limpar;
- localização de câmaras de visita que facilitem acesso;
- restrições de acesso às câmaras de visita ou de inspecção (incluindo restrições de tráfego, necessidade de retirar veículos da via, necessidade de veículos todo-o-terreno, permissões de acesso a propriedades);
- restrições de acesso nas câmaras de visita ou de inspecção (*e.g.*, diâmetro das câmaras);
- profundidade das câmaras;
- tipo previsto de depósitos;
- dimensões dos colectores e ramais;
- perigos conhecidos (incluindo qualidade de efluentes industriais, quedas);
- caudais e alturas de escoamento nos colectores;

- restrições ambientais tais como ruído, odores, vibração;
- necessidades de gestão de tráfego;
- restrições nas técnicas a utilizar;
- necessidade de interrupção do serviço no colector e possibilidade de ocorrências com consequências em termos de inundações ou incidentes de poluição;
- localização de instalações elevatórias ou outras estruturas que possam ser afectadas pelas operações de limpeza;
- restrições relativas ao destino final dos depósitos.

Seleção das técnicas de limpeza

A técnica de limpeza e o equipamento a utilizar devem ser seleccionados tendo em conta os seguintes aspectos:

- a natureza dos depósitos ou obstáculos a remover;
- a dimensão dos colectores ou ramais;
- as gamas de alturas de escoamento, velocidades e caudais;
- a distância entre as câmaras de visita ou inspecção ao ponto mais afastado a ser limpo;
- restrições de acesso às câmaras de visita ou de inspecção (incluindo restrições de tráfego, necessidade de retirar veículos da via, necessidade de veículos todo-o-terreno, permissões de acesso a propriedades);
- existência de acesso a partir da câmara de jusante;
- o material dos colectores;
- a condição estrutural dos colectores ou ramais;
- restrições ambientais tais como ruído, odores, vibração.

Destino final dos resíduos

O destino final dos resíduos de limpeza está sujeito à legislação nacional e todas as restrições devem ser devidamente definidas no contrato.

10.3.2. Controlo das operações de limpeza

Para o controlo dos trabalhos de limpeza deve ser estabelecida uma especificação, previamente ao início dos trabalhos. Esta deve

incluir uma descrição dos resultados pretendidos, os requisitos para o relatório a elaborar e os métodos de avaliação da conformidade dos resultados.

A empresa contratada deve submeter um relatório ao cliente, no final dos trabalhos de limpeza, permitindo efectuar um primeiro controlo destes trabalhos. O relatório deve considerar os seguintes aspectos:

- localização, data e hora dos trabalhos;
- nome da empresa contratada e dos empregados que efectuaram os trabalhos;
- estado do colector previamente ao início dos trabalhos;
- técnicas usadas;
- tipo e quantidade de materiais removidos;
- estado do colector após a conclusão dos trabalhos.

Os métodos de avaliação da conformidade dos resultados devem ficar expressos no contrato e podem incluir, por exemplo, a inspecção visual de alturas de sedimentos em câmara de visita, inspecção de sedimentos em colectores, directa ou por CCTV, inspecção recorrendo a técnicas sonar. No caso de existência de raízes de árvores ou outros obstáculos, a inspecção visual é particularmente importante (vd. 8.2.2).

Deve ficar, ainda, expresso no contrato se a avaliação deve ser efectuada em todo o sistema intervencionado ou apenas numa amostra. Neste último caso deve ser definido o método considerado para a amostragem. No caso de existência de não-conformidades estas devem ser rectificadas de acordo com o contrato.

10.3.3. Práticas de trabalho

Os trabalhos de limpeza devem ser realizados de forma a evitar que o material grosseiro e os resíduos sejam descarregados para jusante, no sistema. Os depósitos devem ser removidos dos colectores e deve-lhes ser dado um destino final adequado.

Os trabalhos de limpeza devem iniciar-se de montante para jusante. No caso de ser necessário o fornecimento de água, tem que ser evitada a contaminação da água de abastecimento, assim como um impacto inaceitável na pressão de serviço aos restantes utilizadores.

Todo o pessoal deve ser formado de acordo com as recomendações da norma EN 752:2008.

Todos os trabalhos devem ser desenvolvidos cumprindo os requisitos e a legislação de saúde e segurança. Para além dos perigos geralmente associados a trabalhos em colectores, devem ser considerados perigos especiais, associados a equipamento utilizado na limpeza de colectores. O equipamento de jacto de água de alta pressão deve cumprir os requisitos constantes da norma prEN 1829-1:2007 (CEN, 2007).

10.3.4. Técnicas de limpeza

Seguidamente descrevem-se algumas técnicas de limpeza mais utilizadas, que podem ser utilizadas isoladamente ou em combinação.

Corrente de varrer

Esta técnica (*flushing*) consiste na colocação de uma barreira transversal ao escoamento (*e.g.*, comporta ou válvula de limpeza), a montante da zona a limpar, de forma a reter um volume significativo de água que é, depois, libertado provocando uma grande onda. Esta onda provoca velocidades elevadas no escoamento, que arrastam as partículas. Devem tomar-se cuidados, assegurando que não existe pessoal nos colectores a jusante, durante a operação. Esta técnica é aplicável a depósitos não consolidados, que são transportados, mantendo-se no sistema de águas residuais.

Jacto de água

Esta técnica (*jetting*) consiste na aplicação de jacto de água para remoção de obstruções, depósitos sedimentados e aderentes. Os trabalhos devem ser realizados a partir de uma câmara de visita ou de inspecção a jusante. A pressão deve ser limitada para evitar danificar o material do colector. A pressão máxima a utilizar depende do material e da condição do colector e do tipo de bocal do equipamento a do jacto. É geralmente aplicável em colectores de pequeno diâmetro e com baixos caudais (EPA, 1999).

Em geral, o jacto de água pode classificar-se em alta pressão e baixas unidades de volume (210-340 bar e 0,5-2,5 l/s) ou baixa pressão e elevadas unidades de volume (100-210 bar e 2,0-3,0 l/s) e é dirigido para as paredes e fundo do colector.

Deve tomar-se cuidado na introdução do bocal do equipamento do jacto no colector, uma vez que pode danificar o colector no

arranque da pressão. Adicionalmente, o bocal do equipamento deve manter-se em movimento contínuo para limitar o potencial de danos no material do colector. A remoção de sedimentos deve ser feita, tipicamente, a uma velocidade entre 100mm/s a 200mm/s.

A selecção do bocal do equipamento do jacto deve ter em conta a natureza dos depósitos a remover e a minimização do risco de danificação do colector.

Jacto de água de alta pressão com sucção

Esta técnica (*high pressure water jetting with high volume suction*), que permite a remoção de depósitos sedimentados ou incrustados, consiste na combinação de jacto de água de alta pressão com sucção, utilizando alta pressão e baixas unidades de volume. Quando este equipamento é incorporado num único veículo, designa-se por jacto combinado. Em muitos casos esta combinação inclui recirculação de água, permitindo utilizar maiores caudais de água.

Na Figura 10.2 apresentam-se algumas imagens da execução da limpeza de um colector com um equipamento com jacto de água de alta pressão com sucção.



Figura 10.2 – Operação de limpeza com jacto de água de alta pressão com sucção

Arrasto

Esta técnica (*winching*) consiste em arrastar um dispositivo, geralmente um recipiente em forma adequada, através de um cabo, entre duas câmaras de visita adjacentes. Devem ser tomadas medidas que evitem danos devidos à abrasão entre o cabo e o

material da câmara, assim como no colector ou ramais. O tipo de dispositivo a utilizar depende da natureza dos depósitos. A dimensão do dispositivo deve, inicialmente, ser pequena e ir aumentando, progressivamente, até atingir a dimensão do colector. O esforço de tracção no cabo deve ser monitorizado e a operação efectua-se, em geral, nos dois sentidos. Esta técnica pode ser aplicada a colectores de grandes dimensões e permite retirar grandes quantidades de depósitos (Parcher, 1998).

Varejamento

Esta técnica (*rodding*) consiste em empurrar um dispositivo colocado na extremidade de uma barra flexível, através do colector. O dispositivo tem um movimento de rotação destruindo os depósitos e raízes (EPA, 1999). Geralmente aplica-se a colectores com diâmetro inferior a 250 mm, instalados a menos de 2m de profundidade, para remoção de obstruções. O tipo de dispositivo a seleccionar depende da natureza dos depósitos.

Equipamento comandado à distância

Existe uma variedade de equipamento que pode ser controlado remotamente, incluindo manguais (*flails*) com correntes, corta-raízes mecânicos, equipamento robotizado de corte por jacto de água a alta pressão. O equipamento a escolher depende da natureza dos depósitos e do material do colector.

Esferas de limpeza ou placas de raspagem

Nesta técnica (*cleaning balls/scour plates*) move-se uma placa ou uma esfera, de dimensão ligeiramente inferior ao colector, para jusante no colector. O efeito do aumento de velocidade provocado pela passagem do escoamento nesta obstrução móvel, liberta os sedimentos que são arrastados para jusante. Geralmente, as esferas de limpeza são dentadas para permitirem maximizar a turbulência localizada para soltar os depósitos. Não é possível remover os sedimentos do colector, sendo estes transportados no sistema.

Escavação manual ou mecânica

Esta técnica (*manual or mechanical excavation*) é possível em colectores de grande diâmetro e, geralmente, usa-se quando as outras técnicas não são aplicáveis. A utilização desta técnica deve ser minimizada devido aos riscos para a saúde e segurança, por envolver entrada de pessoal nos colectores.

A escavação mecânica pode ser feita recorrendo a escavadoras pequenas ou a veículos adequados, que empurrem ou arrastem os sedimentos para um ponto de recolha. A utilização de equipamento de escavação requer a sua protecção para minimizar o risco de explosão.

BIBLIOGRAFIA

Abreu, M.M.M., Lucas, J.A.C. (2003). *Terminologia geral sobre patologia da construção*. Relatório 326/03 – NCMC, LNEC, Lisboa.

Ainger, C. M., Armstrong, R. A. Butler, D. (1998). *Dry weather flow in sewers*. CIRIA Report R 177, Construction Industry Research and Information Association, Londres, Reino Unido.

Alegre, H. (1992). *Instrumentos de apoio à gestão técnica de sistemas de distribuição de água*. Lisboa, Universidade Técnica de Lisboa e LNEC, ISBN 972-49-1608-1, 598 pp.

Alegre, H. (2007). *Gestão patrimonial de infra-estruturas de abastecimento de água e de drenagem e tratamento de águas residuais*. Programa de investigação e programa de pós-graduação apresentados para a obtenção do título de “Habilitado para o Exercício de Funções de Coordenação de Investigação Científica”, LNEC, ISBN 978-972-49-2134-1, 385 pp.

Alegre, H., Baptista, J. M., Jr., E. C., Cubillo, F., Duarte, P., Hirner, W., Merkel, W., Parena, R. (2006). *Performance indicators for water supply services*. 2.^a Edição, Londres, IWA Publishing, ISBN: 1843390515, 305 pp.

Alegre, H., Covas, D. (2010). *Gestão patrimonial de infra-estruturas de águas residuais e pluviais. Abordagem centrada na reabilitação*. ERSAR/LNEC, Série Guias Técnicos (no prelo).

Almeida, M. C. (1999). *Pollutant transformation processes in sewers under aerobic dry weather flow conditions*. Imperial College of Science, Technology and Medicine, London.

Almeida, M.C., Brito, R. (2002). *System diagnosis using flow data: quantifying sources and opportunities for performance improvement*. 9th International Conference on Urban Storm Drainage, 9 ICUD, 8 a 13 de Setembro, Portland, E.U.A. (CD-ROM).

Almeida, M.C., Fernandes, F., Charneca, N., David, M.C. (2009). *Rehabilitation of a large sewer: methodology for the Alcântara interceptor sewer*. H. Alegre e M.C. Almeida (Ed.), *Strategic asset management of water supply and wastewater infrastructure*, IWA Publishing, ISBN 1843391864, 299-311.

ASCE (1989). *Sulfide in wastewater collection and treatment systems*. Manual 69, American Society of Civil Engineers, USA, ISBN 0-87262-681-4.

Ashley, R. M., Krajewski, J.-L. B., Jacobsen, T. H., Verbank, M. (eds.) (2004). *Solids in Sewers Characteristics, Effects and Control of Sewer Solids and Associated Pollutants*. Joint Committee on Urban Drainage, Sewer System and Processes Working Group, Scientific and Technical Report 14, International Water Association, Reino Unido, ISBN 1-900222-91-4.

AS/NZS (2004). *AS/NZS 4360:2004 – Risk management*. Standards of Australia and Standards of New Zealand, 0 7337 5904 3, Sidney, Australia.

AS/NZS (2005). *Risk management guidelines companion to AS/NZS 4360:2004*. Handbook HB 436:2004, Standards of Australia and Standards of New Zealand, 0 7337 5960 2, Sidney, Australia.

Assis, R. (2010). *Apoio à decisão em manutenção na gestão de activos físicos*. Lidel, Lisboa, ISBN 978-972-757-605-0.

Baptista, J. M., Alegre, H., Matos, R., Neves, E. B., Cardoso, A., Duarte, P., Pássaro, D. Á., Santos, R. F. D., Fernandes, T., Almeida, J., Escudeiro, M. H., Nunes, M., Ribeiro, A., Silva, J. C., Neves, T., Freixial, P., Ferreira, R., Ramos, R., Rodrigues, R. (2008). *Guia de avaliação da qualidade dos serviços de águas e resíduos prestados aos utilizadores*, versão 5, Lisboa, IRAR, (110 p.), <http://www.ERSAR.pt>.

Baur, R., Herz, R. (2002). Selective inspection planning with ageing forecast for sewer types. *Water Science and Technology*, 46 (4-7), 389-396.

Bourrier, R. (1997). *Les Réseaux d'Assainissement. Calculs, applications et perspectives*. 4ª Edição, Lavoisier Tec&Doc, França, ISBN 2-7430-0164-X.

Boyland, M. (2003). *Hierarchy Planning in Forestry. ATLAS/SIMFOR Project Technical Report*. <<http://www.forestry.ubc.ca/atlas-simfor/webdocs/extension/Hierarchy.pdf>, 2008-10-02>.

Brown, E., Caraco, D., Pitt, R. (2004). *Illicit discharge detection and elimination. A guidance manual for program development and technical assessments*. Center for Watershed Protection and University of Alabama, USA.

BS (1992). *BS 7543:1992. Guide to Durability of buildings and building elements, products and components*. British Standards Institution, London.

Burian, S. J., Edwards, F. G. (2002). Historical perspectives of urban drainage. *9th International Conference on Urban Storm Drainage*, 9 ICUD, 8 a 13 de Setembro, Portland, E.U.A. (CD-ROM).

Burns, P., Hope, D., Roorda, J. (1999). Managing infrastructure for the next generation. *Automation in construction*, 8 (6), 689-703.

Caldeira, J. (2001). *Finanças Empresariais – Avaliação de Projectos de Investimento Valor Actual Líquido – VAL*. IAPMEI. Disponível em <http://www.iapmei.pt/iapmei-art-03.php?id=576> (em Temas A-Z, consultado em Fevereiro de 2010).

Cardoso A., Prigiobbe V., Giulianelli, M., Baer E., De Bénédittis J., Coelho S.T. (2005). Assessing the impact of infiltration and exfiltration in sewer systems using performance indicators: case studies of the APUSS project. *Water Science and Practice*, ISSN Online: 1751-231X, IWA Publishing, 8 pp.

Cardoso, A., David, L., Almeida, M.C., David, C. (2007). Modelação de sistemas de drenagem urbana: experiência e perspectivas futuras. *I Conferência INSSAA, Modelação de Sistemas de Abastecimento de Água – Implementação sustentada e integração na indústria da água*. Barcelos, 10-11 de Maio de 2007.

Cardoso, M. A. (2008). *Avaliação do Desempenho de Sistemas de Drenagem Urbana*. Dissertação de Doutoramento, Instituto Superior Técnico, Lisboa, Portugal (546 pp.). Colecção "Teses e Programas de Investigação LNEC", LNEC, Lisboa, 978-972-49-2132-7, 403 pp. e Cd-Rom.

Cardoso, M.A., Almeida, M.C., Coelho, S.T. (2002). Avaliação do impacto da infiltração no desempenho de sistemas de drenagem urbana. *10.º Encontro Nacional de Saneamento Básico*, Braga, Portugal, 17 pp.

Cardoso, M.A., Coelho, S. T., Matos, R., Alegre, H. (2004). Performance assessment of water supply and wastewater systems. *Urban Water Journal* 1 (1), 55-67.

Cardoso, M.A., Prigiobbe, V., Giulianelli, M., Baer, E., De Bénédittis, J., Coelho, S.T. (2006). Assessing the impact of infiltration and exfiltration in sewer systems using performance indicators: case studies of the APUSS project. *Water Practice & Technology* 1 (1), IWA Publishing, ISSN Online: 1751-231X, 8 pp.

CEN (2000). *EN 805:2000. Water supply. Requirements for systems and components outside buildings*. Comité Européu de Normalização.

CEN (2002a). *EN 13566-1:2002. Plastics piping systems for renovation of underground non-pressure drainage and sewerage networks – Part 1: General*. Comité Européu de Normalização.

CEN (2002b). *EN 13566-4:2002. Plastics piping systems for renovation of underground non-pressure drainage and sewerage networks. Lining with cured-in-place pipes*. Comité Européu de Normalização, 4 de Fevereiro de 2003.

CEN (2002c). *EN 13689:2002. Guidance on the classification and design of plastics piping systems used for renovation*. Comité Européu de Normalização, 11 de Abril de 2002.

CEN (2002d). *EN 1916:2002. Concrete pipes and fittings, unreinforced, steel fibre and reinforced*. Comité Européu de Normalização, 18 de Novembro de 2002.

CEN (2003a). *EN 13508-1:2003. Condition of drain and sewer systems outside buildings. General requirements*. Comité Européu de Normalização, 25 de Novembro de 2003.

CEN (2003b). *EN 13508-2:2003:E. Conditions of drain and sewer systems outside buildings – Part 2: Visual inspection coding system*. Comité Européu de Normalização, 4 de Novembro de 2002.

CEN (2004). *EN 14457:2004. General requirements for components specifically designed for use in trenchless construction of drains and sewers*. Comité Européu de Normalização, 29 de Julho de 2004.

CEN (2005a). *EN 13566-2:2005. Plastics piping systems for renovation of underground non-pressure drainage and sewerage networks – Part 2: Lining with continuous pipes*. Comité Européu de Normalização.

CEN (2005b). *EN 13566-3:2005. Plastics piping systems for renovation of underground non-pressure drainage and sewerage networks – part 3: Lining with close-fit pipes*. Comité Européu de Normalização.

CEN (2006). *EN 14801:2006. Conditions for pressure classification of products for water and waste water pipelines*. Comité Européu de Normalização.

CEN (2007). *prEN 1829-1:2007. High pressure cleaners – High pressure water jet machines – safety requirements. Part 1: General description*. Comité Européu de Normalização.

CEN (2008a). *EN 14654-1:2008. Management and control of cleaning operations in drains and sewers. Part 1 – Sewer cleaning*. Comité Européu de Normalização.

CEN (2008b). *EN 752:2008. Drain and sewer systems outside buildings*. Comité Européu de Normalização, 24 de Novembro de 2007.

CEN (2009). *EN 14654-2:2009. Management and control of operational activities in drains and sewers – Part 2: Rehabilitation*. Comité Europeu de Normalização, 24 de Novembro de 2007.

CEN (2010). *prEN 15885:2010. Classification and performance characteristics of techniques for renovation and repair of drains and sewers*. Comité Europeu de Normalização.

Chebbo, G., Bachoc, A., Laplace, D., Le Guennec, B. (1995). The transfer of solids in combined sewer networks. *Water Science and Technology*, 31 (7), 95-105.

CM (1997). *Decreto-Lei n.º 152/97. Transposição para o Direito Interno a Directiva n.º 91/271/CEE do Conselho*. D.R. n.º 139, Série I-A de 19 de Junho, Conselho de Ministros, 2959-2966.

Coelho, S. T. (1997). *Performance in Water Distribution – A System Approach*. Research Studies Press, Reino Unido, John Wiley & Sons, EUA, ISBN 0 86380 219 2, 225 pp.

Coelho, S. T., Alegre, H. (1998). *Indicadores do desempenho de sistemas de saneamento básico*. Informação Científica e Técnica de Hidráulica ITH 40, LNEC, Lisboa LNEC, 562 pp.

Coelho, S. T., Loureiro, D., Alegre, H. (2006). *Modelação e análise de sistemas de abastecimento de água*. Série Guias técnicos IRAR, n.º 4, IRAR, Lisboa, Portugal, ISBN 972-99354-8-3, 335 pp.

Coelho, S.T. (1990). *Um sistema para análise e previsão de consumos em sistemas de abastecimento de água*. Informação Científica de Hidráulica INCH 3, LNEC, Lisboa. ISBN 972-49-1340-6, 116 pp.

CPSA (2006). *Environmental Assessment of UK Sewer Systems concrete pipeline systems association Groundbreaking Research*. Concrete Pipe Association, Leicester, UK, 20 pp.

Datta, T.K. (1999). Seismic response of buried pipelines: a state-of-the-art review. *Nuclear Engineering and Design* 193, 271-284.

David, M.C., Almeida, M.C., Cardoso, M.A. (2004). Impacto de ligações indevidas em sistemas de drenagem urbana: um caso de estudo. *11.º Encontro Nacional de Saneamento Básico*, 12 a 15 de Outubro, Faro.

DCC (2005). *Greater Dublin strategic drainage study. Volume 4: Inflow, infiltration and exfiltration*. Regional Drainage Policies Technical Document, Dublin City Council. (www.dublincity.ie/WaterWasteEnvironment/Wastewater/Drainage/GreaterDublin)

StrategicDrainageStudy/Pages/InflowInfiltrationandExfiltrationPolicy.aspx, Junho 2009)

De Bénédittis, J. (2004). *Mesurage de l'Infiltration et de l'Exfiltration dans les Réseaux d'Assainissement*. Thèse de Doctorat, l'Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, INSA, Lyon, França.

De Bénédittis, J., Bertrand-Krajewski, J-L. (2005). Infiltration in sewer systems: comparison of measurement methods. *Water Science and Technology* 52 (3), 219-227.

Delaplace, D. M., Price, R. P. (1991). Urban drainage models linked to CAD and GIS – the UK experience. *New Technologies in Urban Drainage*, UDT'91, C. Maksimovic (ed.), 17 a 21 de Junho, Dubrovnik, Jugoslávia.

Dias, W.P.S. (2003). *Useful life of buildings*. Department of Civil Engineering, University of Moratuwa, Sri Lanka.

DWA (2006). *DWA-M 143-14E:2005. Rehabilitation of drainage systems outside buildings. Part 14: Rehabilitation strategies*. DWA German Association for Water, Wastewater and Waste.

Elgy, J., Prodanovic, J., Maksimovic, C. (1993). Herramientas basadas en sistemas de información geográfica (GIS). *Curso de Nuevas Tecnología Aplicadas al Diseño y Renovación de Alcantarillados Urbanos*. Universidade Politécnica de Valencia, 26 a 30 de Julho, Benicasim, Espanha, 113-140.

ERSAR (2009a). *Relatório anual do sector de águas e resíduos em Portugal 2005*. Vol.1 – Caracterização geral do sector. Lisboa, ISBN 978-989-8360-00-7.

ERSAR (2009b). *Relatório anual do sector de águas e resíduos em Portugal 2005*. Vol.3 – Avaliação da qualidade do serviço prestado aos utilizadores. Lisboa, ISBN 978-989-8360-00-7.

ERSAR (2010). *Guia de avaliação da qualidade dos serviços de águas e resíduos prestados aos utilizadores*. 2.^a Geração do sistema de avaliação. Edição ERSAR/LNEC (em publicação).

Gokhale, S., Graham, J.A. (2004). A new development in locating leaks in sanitary sewers. *Tunnelling and underground space technology* 19 (2004), 85-96.

Gordon, A. R., Shore, K. R. Gordon, A. R., Shore, K. R. (1998) *Life cycle renewal as a business process*. *Innovations in Urban Infrastructure Seminar*, Las Vegas, Nevada, USA, APWA International Public Works Congress, 41-53, (<http://irc.nrc-cnrc.gc.ca/pubs/fulltext/apwa/apwalifecycle.pdf>, Março 2007).

Grimshaw, D., Critten, S., Manning, C. (2007). *Providing best practice guidance on the inclusion of externalities in the ELL calculation*. Main report v05. Document number: UGC0016/OD/DG/00081, Water Services Regulation Authority (OFWAT), (http://www.ofwat.gov.uk/regulating/reporting/gud_pro_ellcalcmain, Junho de 2009).

Halfawy, M.R. (2008). *Integration of municipal infrastructure asset management processes: challenges and solutions*. NRCC-48340, National Research Council Canada.

Halfawy, M.R., Baker, S. (2008). *GIS-based decision support system for evaluating renewal technologies for municipal sewer and water pipelines*. NRCC-50808, National Research Council Canada.

Heaney, J. P., Pitt, R., Field, R. (1999). *Innovative urban wet-weather flow management systems*. US EPA/600/R-99/029.

Henriques, J.D., Palma, J. C., Ribeiro, A.S. (2006). *Medição de caudal em sistemas de abastecimento de água e de saneamento de águas residuais urbanas*. Série Guias técnicos IRAR, n.º 9, IRAR, Lisboa, Portugal, ISBN 978-989-95392-1-1.

IIMM (2002). *International infrastructure management manual*. Version 2.0, Association of Local Government Engineering NZ Inc (INGENIUM), ISBN 0-473-09137-2, (http://www.ipwea.org.au/upload/IMM_02_samples.pdf, Março 2007).

INGENIUM e NAMS (2006). *International Infrastructure management manual*. 3ª Edição. Association of Local Government Engineering NZ (INGENIUM) e National Asset Management Steering Group (NAMS), ISBN 0-473-10685-X.

IPQ (2000). *NP EN 476:2000. Requisitos gerais dos componentes utilizados em ramais de descarga, ramais de ligação e colectores de sistemas de drenagem de águas residuais com escoamento em superfície livre*. Instituto Português de Normalização, Julho de 2001.

IPQ (2001). *NP EN 773:2001. Requisitos gerais dos componentes utilizados em ramais de descarga, ramais de ligação e colectores de sistemas de drenagem de águas residuais com escoamento sob pressão hidráulica*. Instituto Português de Normalização, Janeiro de 2002.

IPQ (2008a). *NP EN 1610:2008. Construção e ensaio de ramais de ligação e de colectores de águas residuais*. Instituto Português de Normalização, Abril de 2008.

IPQ (2008b). *NP EN12889:2008. Construção em galeria e ensaio de ramais de ligação e colectores de águas residuais*. Instituto Português de Normalização, Abril de 2008.

IPQ (2009). *NP EN 14654-1:2009. Gestão e controlo das operações de limpeza de ramais de ligação e de colectores*. Instituto Português de Normalização, Julho de 2009.

IRAR (2005). *Relatório Anual do Sector de Águas e Resíduos em Portugal 2004*. Vol.3 – Avaliação da qualidade do serviço prestado aos utilizadores. Instituto Regulador de Águas e Resíduos, Lisboa, Portugal, ISBN 972-99354-7-5.

IRAR (2006a). *Relatório anual do sector de águas e resíduos em Portugal 2005*. Vol.1 – Caracterização geral do sector. Lisboa, ISBN 978-989-95392-0-4.

IRAR (2006b). *Relatório anual do sector de águas e resíduos em Portugal 2005*. Vol.3 – Avaliação da qualidade do serviço prestado aos utilizadores. Lisboa, ISBN 978-989-95392-0-4.

IRAR (2007). *Relatório Anual do Sector de Águas e Resíduos em Portugal 2006*. Vol.3 – Avaliação da qualidade do serviço prestado aos utilizadores. Instituto Regulador de Águas e Resíduos, Lisboa, Portugal.

IRAR (2008). *Relatório anual do sector de águas e resíduos em Portugal 2007*. Vol.3 – Avaliação da qualidade do serviço prestado aos utilizadores. Instituto Regulador de Águas e Resíduos, Lisboa, ISBN 978-989-95392-4-2.

IRAR (2009). *Sistema de avaliação da qualidade dos serviços de águas e resíduos prestados aos utilizadores – 1.ª Geração do sistema de indicadores de qualidade de serviço*. Edição IRAR/LNEC, ISBN 978-989-95392-8-0.

ISO (2007a). *ISO 24510:2007(E). Activities relating to drinking water and wastewater services – Guidelines for the assessment and for the improvement of the service to users*. International Standards Organisation.

ISO (2007b). *ISO 24511:2007(E). Activities relating to drinking water and wastewater services – Guidelines for the management of wastewater utilities and for the assessment of drinking water services*. International Standards Organisation.

ISO (2008a). *ISO/DIS 11295:2008. Guidance on the classification and design of plastics piping systems used for renovation*. International Standards Organisation.

ISO (2008b). *ISO/DIS 11296-2:2008 Plastics piping systems for renovation of underground non-pressure drainage and sewerage networks. Part 2: Lining with continuous pipes*. International Standards Organisation.

ISO (2008c). *ISO/DIS 11296-3:2008 Plastics piping systems for renovation of underground non-pressure drainage and sewerage networks. Part 3: Lining with close-fit pipes*. International Standards Organisation.

ISO (2008d). *ISO 11296-4:2008. Plastics piping systems for renovation of underground non-pressure drainage and sewerage networks. Part 4: Lining with cured-in-places pipes*. International Standards Organisation.

ISO (2008e). *ISO 15686-5:2008(E). Buildings and constructed assets – Service life planning. Part 5: Life-cycle costing*. International Standards Organisation.

ISO (2008f). *ISO/DIS 31 000:2009. Risk management – Principles and guidelines on implementation*. Draft International Standard. International Standards Organisation.

ISO (2009). *ISO/DIS 11296-1:2009. Plastics piping systems for renovation of underground non-pressure drainage and sewerage networks – Part 1: General*. International Standards Organisation.

Laplace, D. (1991). *Dynamique du Dépôt en Collecteur d'Assainissement*. Thèse de Doctorat de l'Institut National Polytechnique de Toulouse, França.

Le Gauffre, P., Joannis, C., Gibello, C., Breysse, D. (2002). *Performance indicators and decision support for rehabilitation of sewer networks*. Contribution of the French R&D REREAU Program. *International Conference on Sewers Operation and Maintenance*, SOM 2002, 26 a 28 Novembro, Bradford, Reino Unido. (CD-ROM).

Lei n.º 58/2005. *Lei da Água. Transposição para o Direito Interno a Directiva n.º 2006/60/CE do Parlamento e do Conselho*. D.R. n.º 249, Série I-A de 2005/12/29, 7280-7310.

Loureiro, D., Coelho, S. T., Machado, P., Santos, A., Alegre, H., Covas, D. (2006). Profiling residential water consumption. *Water Distribution Systems Analysis Symposium*, University of Cincinnati, Cincinnati, Ohio, USA.

Machado, B., Carvalho, T., Almeida, M.C., Cupido, C., Cardoso, M.A. (2007). Minimization of inflow and infiltration in separate sanitary sewer systems. *6th International Conference on Sustainable*

Techniques and Strategies in Urban Water Management, NOVATECH 2007, Junho, Lyon, França.

MAOT (2006). *Plano Estratégico de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais (PEAASAR II) (2007-2013)*. Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Desenvolvimento Regional, Portugal.

Marqués, J. M. (1993). Problemática general del saneamiento y drenaje. *Curso de Nuevas Tecnología Aplicadas al Diseño y Renovación de Alcantarillados Urbanos*. Universidade Politécnica de Valencia, Benicasim, Espanha, 26 a 30 de Julho, 7-46.

Marsalek, J., Barnwell, T. O., Geiger, W., Grottker, M., Huber, W. C., Saul, A. J., Schilling, W., Torno, H. C. (1993). Urban drainage systems: design and operation. *Water Science and Technology*, 27 (12), 31-69.

Martins, J.P. (1998). *Serviços Públicos de Abastecimento de Água e de Saneamento. Opções de Financiamento e Gestão dos Municípios Portugueses*. AEPSA, Portugal.

Matos, M. R. (1987). *Métodos de Análise e de Cálculo de Caudais Pluviais em Sistemas de Drenagem Urbana. Estudo Referenciado em Dados Experimentais de Bacias Urbanas Portuguesas*. Vol. 1, Tese de Especialista do LNEC, Lisboa.

Matos, M. R., Cardoso, M. A., Ashley, R., Duarte, P., Molinari, A., Schulz, A. (2003). *Performance Indicators for Wastewater Services – Manual of Best Practice Series*, IWA Publishing, London, ISBN 1-900222-90-06.

Matos, R., Cardoso, A., Ashley, R., Duarte, P., Molinari, A., Schulz, A. (2004). *Indicadores de desempenho para serviços de águas residuais*. Série Guias técnicos IRAR, n.º 2, IRAR, Lisboa, Portugal, ISBN 972-99354-3-2.

Medeiros, C. (2000). Rede de águas residuais domésticas do Porto. *9º Encontro Nacional Saneamento Básico*, 21 a 24 de Novembro, Loures, Portugal.

Mota, A. G., Custódio, C. (2008) *Finanças da Empresa*. Booknomics, ISBN 978-989-8020-16-1.

NEIWPCC (2003). *Illicit discharge detection and elimination manual. A handbook for municipalities*. New England Interstate Water Pollution Control Commission, USA (<http://www.neiwpcc.org/iddmanual.asp>, Janeiro de 2009).

NMEFC (2006). *Asset Management Guide*. New Mexico Environmental Finance Center. Albuquerque, New Mexico, USA,

(<http://129.24.3.38/documents/Asset%20Management%20Guide.pdf> Janeiro de 2008).

NRC (2002). *Developing Indicators and Benchmarks. A Best Practice*. National Guide to Sustainable Municipal Infrastructure. Issue no 1.0. National Research Council of Canada, Federation of Canadian Municipalities, Canadá.

NRC (2003). *Decision Making and Investment Planning. Planning and Defining Municipal Infrastructures Needs. National Guide to Sustainable Municipal Infrastructure (InfraGuide)*. Issue no 1.0. National Research Council of Canada, Federation of Canadian Municipalities, Canadá, ISBN 1-897094-00-0.

NZWWA (1999). *New Zealand pipe inspection manual*. New Zealand Water and Wastes Association, 2nd Edition.

Oliveira, R., Costa, J.R. (2002). Sistemas de gestão da qualidade do ambiente. *10.º Encontro Nacional Saneamento Básico*, X ENASB, 16 a 19 de Setembro, Braga, Portugal. (CD-ROM)

Parcher, (1998). *Wastewater collection system maintenance*. Technomic Publishing, USA, ISBN 1-56676-569-2.

PCM (1995). *Decreto Regulamentar n.º 23/95. Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais*. D.R. n.º 194, Série I-B de 23 de Agosto, pp. 5284-5319, Presidência do Conselho de Ministros.

Pitt, R., Lalor, M., Harper, J., Nix, C., Barbe, D. (2000). Potential new tools for the use of tracers to indicate sources of contaminants to storm drainage systems. *Tools for urban water resource management and protection*, Chicago Botanical Gardens, Chicago, USA.

Read, G.F. (2004) *Sewers replacement and new construction*. Elsevier Butterworth-Heinemann, ISBN 0750650834, 550 pp.

Rieckermann, J., Bares, V., Kracht, O., Braun, D., Gujer, W. (2007). Estimating sewer leakage from continuous tracer experiments. *Water Research* 41 (2007), 1960-1972.

Rutch, M., Rieckermann, J., Cullmann, J., Ellis, J.B., Vollertsen, J., Krebs, P. (2008). Towards a better understanding of sewer exfiltration. *Water Research* 42 (2008), 2385-2394.

Sægrov, S. (Ed.) (2005) *CARE-W – Computer Aided Rehabilitation for Water Networks*. EU project: EVK1-CT-2000-00053, IWA Publishing, ISBN 9781843390916, 208 pp.

Saegrov, S. (ed.) (2006). *CARE-S, Computer Aided Rehabilitation for Sewer and Storm Water Networks*. IWA Publishing, Reino Unido, ISBN 9781843391159, 160 pp.

Selvakumar, A., Field, R., Burgess, E., Amick, R. (2004). Exfiltration in sanitary sewer systems in the US. *Urban Water* 1 (3), 227-234.

Stein, D. (2001). *Rehabilitation and maintenance of drains and sewers*. Ernst & Sohn.

Stephenson, D., Barta, B. (2005). *Guidelines on reduction of the impact of water infiltration into sewers*. Water Research Commission TT 239/05, South Africa. ISBN 1-77005-264-X.

Synnott, W. R. (1987) *The Information Weapon: Winning Customers and Markets with Technology*, New York, John Wiley.

Torres-Vera, M.A., Canas, J.A. (2003). A lifeline vulnerability study in Barcelona, Spain. *Reliability Engineering and System Safety* 80, 205-210.

Trifunac, M.D., Todorovska, M.I. (1997). Northridge, Califórnia, earthquake of 1994: density of pipe breaks and surface strains. *Soil dynamics and Earthquake Engineering* 16, 193-207.

UCL (2002). *Sir Edwin Chadwick*, KCB – University College London. (<http://www.civeng.ucl.ac.uk/edwin.htm>, Outubro de 2002).

UE (2000). *Directiva n.º 2000/60/CE. Directiva-Quadro da Água*. Directiva do Parlamento Europeu e do Conselho, de 21 de Abril. JOCE n.º L 64 de 22/12/2000, 172 pp.

Ugarelli R., Pacchioli M., Di Federico V., 2007. Planning maintenance strategies for Italian urban drainage systems applying CARE-S, *LESAM 2007: 2nd Leading Edge Conference on Strategic Asset Management*, 11 pp.

USEPA (1999). *Collection systems O&M Fact Sheet: sewer cleaning and inspections*. EPA/832/F-99/031.

USEPA (2005). *Storm Water Management Model – User's Manual*. EPA/600/R-05/040.

Walski, T.M., Barnard, T.E., Harold, E., Merritt, L.B., Walker, N., Whitman, B. E. (2007). *Wastewater Collection System Modeling and Design*. Bentley Institute Press.

WAPUG (2002). *Code of practice for the hydraulic modelling of sewer systems*. Versão 3.001. Wastewater Planning Users Group, Reino Unido. (http://www.ciwem.org/groups/wapug/Modelling_COP_Ver_03.pdf, 2009-03-30).

Water UK (2008). *The Classification & Management of Confined Space Entries*. Edition 2.1. Water UK Occasional Guidance. Industry Guidance. (<http://www.water.org.uk/home/policy/reports/health-and->

safety/confined-space-entries-ogn/confined-space-update-ed-2-1-oct2008.pdf, Março 2009).

Weiss, G., Brombach, H., Haller, B. (2002). Infiltration and inflow in combined sewer systems. *Water Science and Technology* 45 (7), 11-19.

White, M., Johnson, H., Anderson, G., Misstear, B. (1997). *Control of infiltration to sewers*. CIRIA Report 175, Reino Unido. ISBN 0-86017-474-3.

WRc (1983). *Sewerage rehabilitation manual*. Water Research Centre, 1ª Edição, Swindon, Reino Unido.

WRc (2001). *Sewerage rehabilitation manual*. Water Research Centre plc, 4ª Edição, Swindon, Reino Unido. ISBN 1-898920-39-7.

ANEXOS

ANEXO I – LISTA DE NORMAS E LEGISLAÇÃO RELEVANTE

Anexo I-A – Lista de normas europeias e portuguesas

N.º da Norma EN (prEN) / NP EN	Nome
(prEN 124:2009) NP EN 124:1995	Gully tops and manhole tops for vehicular and pedestrian areas. <i>Dispositivos de entrada de sumidouros e dispositivos de fecho de câmaras de visita, para zonas de circulação de peões e veículos. Princípios construtivos, ensaios, marcação, controlo da qualidade.</i>
(prEN 295-1:2009)	Vitrified clay pipes and fittings and pipe joints for drains and sewers. Part 1: Requirements.
(prEN 295-2:2009)	Vitrified clay pipes and fittings and pipe joints for drains and sewers. Part 2: Quality control and sampling.
(prEN 295-3:2009)	Vitrified clay pipes and fittings and pipe joints for drains and sewers. Part 3: Test methods.
(prEN 295-4:2009)	Vitrified clay pipes and fittings and pipe joints for drains and sewers. Part 4: Requirements for special fittings, adaptors and compatible accessories. (Corrigendum AC:1998)
(prEN 295-5:2009)	Vitrified clay pipes and fittings and pipe joints for drains and sewers. Part 5: Requirements for perforated vitrified clay pipes and fittings.
(prEN 295-6:2009)	Vitrified clay pipes and fittings and pipe joints for drains and sewers. Part 6: Requirements for vitrified clay manholes (Amendment A1)
(prEN 295-7:2006)	Vitrified clay pipes and fittings and pipe joints for drains and sewers. Part 7: Requirements for vitrified clay pipes and joints for pipe jacking (Amendment A1)
EN 295-10:2005	Vitrified clay pipes and fittings and pipe joints for drains and sewers. Part 10: Performance requirements. <i>Tubos e acessórios de grés cerâmico e respectivas juntas, para sistemas de drenagem de águas residuais. Parte 10: Requisitos, ensaios, controle da qualidade.</i>
(prEN 476:2009) NP EN 476:2000	General requirements for components used in drains and sewers. <i>Requisitos gerais dos componentes utilizados em ramais de descarga, ramais de ligação e colectores de sistemas de drenagem de águas residuais com escoamento em superfície livre.</i>

N.º da Norma EN (prEN) / NP EN	Nome
(prEN 588-1:2006) NP EN 588-1:2000	Fibre-cement pipes for sewers and drains. Part 1: Pipes, joints and fittings for gravity systems. <i>Tubos de fibrocimento para colectores e ramais de ligação. Parte 1: Tubos, juntas e acessórios para sistemas com escoamento em superfície livre.</i>
(prEN 588-2:2006)	Fibre-cement pipes for sewers and drains. Part 2: Manholes and inspection chambers. <i>Tubos de fibrocimento para sistemas de drenagem de águas residuais. Parte 2: Câmaras de visita e câmaras de ramal</i>
(prEN 588-3) Documento em elaboração	Fibre-cement pipes for sewers and drains. Part 3: Requirements for fibre-cement pipes and joints for pipe jacking
EN 598:2007/A1 NP EN 598:2000	Ductile iron pipes, fittings, accessories and theirs joints for sewerage application. Requirements and test methods. <i>Tubos, acessórios e componentes de ferro fundido dúctil, e respectivas juntas, para sistemas de drenagem de águas residuais. Requisitos e métodos de ensaio.</i>
EN 752:2008 NP EN 752:2009	Drain and sewer systems outside buildings <i>Sistemas públicos de drenagem de águas residuais</i>
(prEN 773:2009) NP EN 773:2001	General requirements for components used in hydraulically pressurized discharge pipes, drains and sewers. <i>Requisitos gerais dos componentes utilizados em ramais de descarga, ramais de ligação e colectores de sistemas de drenagem de águas residuais com escoamento sob pressão hidráulica.</i>
EN 969:2009	Ductile iron pipes, fittings, accessories and their joints for gas pipelines. Requirements and test methods.
EN 1124-1:1999 /A1:2004	Pipes and fittings of longitudinally welded stainless steel pipes with spigot and socket for waste water systems. Part 1: Requirements, testing, quality control. Amendment A1
EN 1124-2:2007	Pipes and fittings of longitudinally welded stainless steel pipes with spigot and socket for waste water systems. Part 2: System S; dimensions.
EN 1124-3:2008	Pipes and fittings of longitudinally welded stainless steel pipes with spigot and socket for waste water systems. Part 3: System X. Dimensions.
EN 1124-4:2005	Pipes and fittings of longitudinally welded stainless steel pipes with spigot and socket for waste water systems. Part 4: Components for vacuum drainage systems and for drainage systems on ships.
EN 1295-1:1997 NP EN 1295-1:2007	Structural design of buried pipelines under various conditions of loading – Part 1: General requirements. <i>Cálculo estrutural de tubagens enterradas sob diversas condições de carga – Parte 1: Requisitos gerais.</i>

N.º da Norma EN (prEN) / NP EN	Nome
CEN/TR 1295-2:2005	Structural design of buried pipelines under various conditions of loading. Part 2: Summary of nationally established methods of design.
CEN/TR 1295-3:2007	Structural design of buried pipelines under various conditions of loading. Part 3: Common method.
(prEN 1610:2006) NP EN 1610:2007	Construction and testing of drains and sewers. <i>Construção e ensaio de ramais de ligação e colectores de águas residuais.</i>
prEN 1829-1:2007	High pressure cleaners – High pressure water jet machines – safety requirements. Part 1: General description.
EN 1916:2002	Concrete pipes and fittings, unreinforced, steel fibre and reinforced.
EN 1917:2002/AC: 2008	Concrete manholes and inspection chambers, unreinforced, steel fibre and reinforced.
(prEN 12889:2006) NP EN 12889:2007	Trenchless construction and testing of drains and sewers. <i>Construção em galeria e ensaio de ramais de ligação e colectores de águas residuais.</i>
EN 13380:2001 NP EN 13380:2007	General requirements for components used for renovation and repair of drain and sewer systems outside buildings. <i>Requisitos gerais dos componentes utilizados na renovação e na reparação de colectores e de ramais de ligação de sistemas públicos de drenagem de águas residuais.</i>
EN 13508-1:2003 NP EN 13508-1:2006	Condition of drain and sewer systems outside buildings. Part 1: General requirements. <i>Estado dos sistemas públicos de drenagem de águas residuais. Parte 1: Requisitos gerais.</i>
(EN 13508-2:2003) NP EN 13508-2:2006	Conditions of drain and sewer systems outside buildings. Part 2: Visual inspection coding system. <i>Estado dos sistemas públicos de drenagem de águas residuais. Parte 2: Sistema de codificação da inspecção visual.</i>
EN 13566-1:2002	Plastics piping systems for renovation of underground non-pressure drainage and sewerage networks – Part 1: General.
EN 13566-2:2005	Plastics piping systems for renovation of underground non-pressure drainage and sewerage networks – Part 2: Lining with continuous pipes.
EN 13566-3:2005	Plastics piping systems for renovation of underground non-pressure drainage and sewerage networks – Part 3: Lining with close-fit pipes.
EN 13566-4:2002	Plastics piping systems for renovation of underground non-pressure drainage and sewerage networks. Lining with cured-in-place pipes.
EN 13689:2002	Guidance on the classification and design of plastics piping systems used for renovation.

N.º da Norma EN (prEN) / NP EN	Nome
EN 14457:2004 NP EN 14457:2008	General requirements for components specifically designed for use in trenchless construction of drains and sewers. <i>Requisitos gerais dos componentes especificamente utilizados em sistemas instalados sem abertura de valas.</i>
EN 14654-1:2005 NP EN 14654-1:2009	Management and control of cleaning operations in drains and sewers. Part 1. Sewer cleaning. <i>Gestão e controlo de operações de limpeza em ramais de ligação e colectores. Parte 1: Limpeza de colectores.</i>
(prEN 14654-2:2009)	Management and control of rehabilitation activities in drains and sewers. Part 2: Rehabilitation
EN 14801:2006	Conditions for pressure classification of products for water and wastewater pipelines.
CEN/TR14920:2005	Jetting resistance of drain and sewer pipes. Moving jet test method.
CEN TS 15223	Plastic Piping Systems. Validated design parameters of buried thermoplastic piping systems.
(prEN 15885:2009)	Classification and performance characteristics of techniques for renovation and repair of drains and sewers.
Documento em elaboração	Systems for renovation of drains and sewers – Formed in place pipes.

Anexo I-B – Lista de normas ISO

N.º da Norma ISO	Nome
ISO 24510:2007(E)	Activities relating to drinking water and wastewater services – Guidelines for the assessment and for the improvement of the service to users.
ISO 24511:2007(E)	Activities relating to drinking water and wastewater services – Guidelines for the management of wastewater utilities and for the assessment of drinking water services.
ISO 24512: 2007 (E)	Activities relating to drinking water and wastewater services – Guidelines for the management of drinking water utilities and for the assessment of drinking water services.
ISO/DIS 11295:2008	Guidance on the classification and design of plastics piping systems used for renovation.
ISO/DIS 11296-1:2009	Plastics piping systems for renovation of underground non-pressure drainage and sewerage networks – Part 1: General
ISO/DIS 11296-2:2008	Plastics piping systems for renovation of underground non-pressure drainage and sewerage networks. Part 2. Lining with continuous pipes.
ISO/DIS 11296-3: 2008	Plastics piping systems for renovation of underground non-pressure drainage and sewerage networks. Part 3. Lining with close-fit pipes.

N.º da Norma ISO	Nome
ISO 11296-4:2008	Plastics piping systems for renovation of underground non-pressure drainage and sewerage networks – Part 4: Lining with cured-in-places pipes.
ISO/DIS 11298-1:2008	Plastics piping systems for renovation of underground water supply networks. Part 1. General.
ISO/DIS 11298-2:2008	Plastics piping systems for renovation of underground water supply networks – Part 2: Lining with continuous pipes.
ISO/DIS 11298-3:2008	Plastics piping systems for renovation of underground water supply networks – Part 3: Lining with close-fit pipes
ISO/DIS 31 000:2009	Risk management – Principles and guidelines on implementation. Draft International Standard.

Anexo I-C – Legislação nacional

Referência	Documento
Decreto Regulamentar n.º 23/95, de 23 de Agosto	Decreto Regulamentar n.º 23/95. Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais. D.R. n.º 194, Série I-B de 23 de Agosto, pp. 5284-5319.
Decreto-Lei n.º 152/97, de 19 de Junho	Decreto-Lei n.º 152/97. Transposição para o Direito Interno a Directiva n.º 91/271/CEE do Conselho. D.R. n.º 139, Série I-A de 19 de Junho, pp. 2959-2966.
Portaria n.º 762/2002, de 1 de Julho	Portaria n.º 762/2002. Regulamento de Segurança, Higiene e Saúde no Trabalho na Exploração dos Sistemas Públicos de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais. D.R. n.º 149, Série I-B de 1 de Julho, pp. 5123-5130.
Lei n.º 58/2005, de 29 de Dezembro	Lei n.º 58/2005. Lei da Água. Transposição para o Direito Interno a Directiva n.º 2006/60/CE do Parlamento e do Conselho. D.R. n.º 249, Série I-A de 2005/12/29, 7280-7310.
Portaria n.º 701-H/2008	Portaria n.º 701-H/2008. Instruções para a elaboração de projectos de obras. D.R. n.º 145, Série I de 29 de Julho, pp. 5106 (37)-5106 (80).
Decreto-Lei n.º 155/95	Decreto-Lei n.º 155/95. Transposição para a ordem jurídica interna a Directiva n.º 92/57/CEE, do Conselho, de 24 de Junho, relativa às prescrições mínimas de segurança e de saúde a aplicar nos estaleiros temporários ou móveis. D.R. n.º 150, Série I-A de 1 de Julho, pp. 4222-4227.
Decreto-Lei n.º 18/2008	Decreto-Lei n.º 18/2008. Código dos Contratos Públicos (CCP). D.R. n.º 20, Série I de 29 de Janeiro, pp. 753-852.
Decreto-Lei n.º 50/2008	Decreto-Lei n.º 50/2008. Procede à 16.ª alteração ao Decreto-Lei n.º 38 382 de 7 de Agosto de 1951, que estabelece o Regulamento Geral das Edificações Urbanas. D.R. n.º 56, Série I de 19 de Março, pp. 1622-1623.

Anexo I-D – Legislação comunitária

Referência	Documento
Directiva 91/271/CEE	Directiva 91/271/CEE do Conselho, de 21 de Maio de 1991. Tratamento de águas residuais urbanas. J. JO L 135 de 30.5.1991, pp. 40-52.
Directiva 2000/60/CE	Directiva 2000/60/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de Outubro de 2000. Quadro de acção comunitária no domínio da política da água. JO L 327 de 22.12.2000 pp. 0001- 0073.
Directiva 92/57/CEE	Directiva 92/57/CEE, do Conselho, de 24 de Junho. Prescrições mínimas de segurança e de saúde a aplicar nos estaleiros temporários ou móveis. JO L 245 de 26.8.1992, pp. 6-22.

ANEXO II – REQUISITOS A CONSIDERAR NA IMPLEMENTAÇÃO DO PLANO DE REABILITAÇÃO

Anexo II-A – Fase de projecto

Requisitos gerais de projecto

Pr 1 – Existência de projecto

Uma intervenção infra-estrutural de reabilitação deve ter sempre como base um projecto elaborado previamente.

A entidade gestora deve garantir a elaboração atempada do projecto relativo à intervenção em causa. O projecto deve cumprir o estabelecido nos termos de referência da consulta e na legislação aplicável (*e.g.*, Decreto Regulamentar n.º 23/95, de 23 de Agosto). Recomenda-se que atenda à normalização portuguesa (NP), europeia (EN) e internacional (ISO) aplicável.

Pr 2 – Consideração de princípios gerais no projecto

A elaboração de projecto deve ter em atenção um conjunto de princípios gerais que ajudem a garantir a eficiência e eficácia da entidade gestora.

O projecto deve em geral observar os seguintes requisitos gerais: capacidade adequada da obra para a gama de solicitações prevista; durabilidade adequada das estruturas e dos equipamentos; facilidade de operação e manutenção; optimização do custo total (construção, operação e manutenção); consideração de eventuais ampliações e seu faseamento; garantia de segurança do pessoal nas condições normais de operação; facilidade de recolha de dados de exploração; minimização da quantidade de resíduos produzidos e sua reutilização sempre que possível; satisfação das disposições legais aplicáveis.

Pr 3 – Adequação do faseamento do projecto

A elaboração do projecto deve ser realizada em diversas fases sequenciais a definir pela entidade gestora.

O projecto deve considerar as seguintes etapas: programa preliminar, programa base, estudo prévio, projecto base e projecto de execução. Apenas com a aceitação da entidade gestora podem ser suprimidas algumas destas fases. A execução da primeira fase é da responsabilidade da entidade gestora, enquanto as restantes podem ser executadas por esta ou por terceiros. O conteúdo de cada uma das fases deve ser o que consta da legislação.

Pr 4 – Adequação do conteúdo do projecto

O conteúdo do projecto deve ser adequado à sua finalidade e desenvolvido com nível de pormenor suficiente e com o tipo de organização exigido.

Pr 5 – Autoria do projecto

O projecto deve ser elaborado por uma equipa técnica idónea e experiente, interna ou externa à entidade gestora, que integre as diversas valências necessárias.

Na elaboração do projecto devem fazer-se intervir as especialidades adequadas tendo em conta a especificidade do problema, escolhidas em geral do seguinte leque: engenharia civil (incluindo hidráulica, recursos hídricos, geologia, geotécnica, estruturas e sísmica), química, sanitária, do ambiente, mecânica, electrotécnica, electrónica, de materiais e do território, arquitectura, paisagismo, biologia e ciências da terra, geologia, ciências económicas, ciências sociais e direito.

A equipa deve ser coordenada por um técnico responsável pelo projecto. As suas funções iniciam-se com o começo do projecto e terminam com a conclusão da obra ou com a aprovação do projecto se a obra não for executada. No caso de elaboração directa, o técnico responsável deve ser designado pela entidade gestora, e no caso de elaboração indirecta, deve ser indicado pelo adjudicatário e obter a aceitação da entidade gestora.

Pr 6 – Aprovação do projecto

O projecto deve ser sujeito a um processo formal de avaliação e aprovação pela entidade gestora antes da passagem à fase de construção.

Com base em parecer de uma comissão que integre as valências técnicas mais relevantes, se necessário com especialistas externos, o projecto deve ser sujeito a um processo de avaliação e aprovação pela entidade gestora antes da passagem à fase de construção.

Quando aplicável, nomeadamente nos termos do contrato de concessão, o projecto deve ser adicionalmente sujeito a um processo de avaliação e aprovação pela entidade concedente. Após aprovação, quaisquer alterações ao projecto só podem ser executadas com autorização da entidade gestora, que pode exigir a apresentação prévia do respectivo projecto de alterações. No caso deste ser dispensado, devem ser entregues, após a execução da obra, as peças de projecto que reproduzam as alterações introduzidas.

Pr 7 – Validade do projecto

Caso seja ultrapassada a validade do projecto, este deve ser sujeito a reavaliação prévia antes da sua concretização em obra.

A reavaliação prévia à concretização em obra justifica-se na medida em que há um risco elevado de o projecto se encontrar desactualizado, quer ao nível da informação de base, quer ao nível das tecnologias utilizadas.

Requisitos específicos comuns à globalidade do sistema

Pr 8 – Definição dos objectivos do projecto

Para efeitos de elaboração do projecto, a entidade gestora deve começar por definir claramente a finalidade e os objectivos pretendidos, tendo por base o plano de reabilitação.

A elaboração do projecto deve ser iniciada pela definição clara dos objectivos pretendidos, tendo naturalmente como base o plano de reabilitação. Essa definição, da responsabilidade da entidade gestora, é essencial para que a equipa autora do projecto tenha uma referência clara do pretendido.

Pr 9 – Recolha da informação necessária para o projecto

A elaboração do projecto deve ser precedida pela recolha cuidada e com o nível de pormenor adequado de todos os elementos de base necessários.

Esta recolha, quer em gabinete quer através de visitas de reconhecimento local, deverá incluir o levantamento de infra-estruturas de outras entidades com potenciais implicações no sistema da entidade gestora.

Pr 10 – Aspectos a considerar no projecto de execução

A elaboração do projecto deve ter por base o plano de reabilitação e atender aos requisitos de desempenho pretendidos.

Após a definição clara dos objectivos do projecto e a recolha de informação, é necessário proceder à concepção geral da solução por forma a ter em conta os objectivos pretendidos e as condicionantes existentes, assegurando o bom desempenho do sistema para toda a vida útil da obra, e considerando quer situações normais quer situações excepcionais de funcionamento.

O projecto deve atender conjuntamente aos diversos aspectos relevantes, tais como aspectos hidráulicos, sanitários, geotécnicos, estruturais, sísmicos, arquitectónicos, ambientais, sociais, de construção civil, de equipamentos, de instrumentação e automação, de acessibilidades, de fiabilidade, de funcionalidade, e de segurança e higiene. Alguns destes aspectos podem dar origem a projectos de especialidade (*e.g.*, hidráulico-sanitário, estrutural, de electricidade, de instrumentação e automação, de arquitectura, etc.). Outros requerem análises qualitativas, avaliações posteriores e estabelecimento de disposições construtivas (ambientais, sociais, de funcionalidade, segurança e higiene, etc.). O caderno de encargos integrante do projecto deve ser suficientemente flexível de modo a permitir soluções variantes ou alternativas à solução-base do projecto.

Pr 11 – Implantação dos componentes ao nível do projecto

Depois de feita a concepção geral da solução é necessário proceder à implantação exacta nas cartas topográficas de todos os componentes.

A localização dos diversos componentes do sistema deve ser cuidadosamente definida, tendo por base as indicações do plano director e factores locais.

Pr 12 – Dimensionamento dos componentes

Depois de feita a implantação, é necessário proceder ao dimensionamento de todos os componentes.

O dimensionamento da solução deve ser feito com uma abordagem integrada, incluindo os aspectos hidráulico-sanitários, estruturais, sísmicos, arquitectónicos e ambientais, com vista a satisfazer as necessidades de fiabilidade, de funcionalidade de operação e manutenção, de higiene e segurança, de conservação de água e energia, de preservação do ambiente e de sustentabilidade. A solução encontrada deve minimizar os custos de primeiro investimento e de operação e manutenção durante a vida útil da obra.

Pr 13 – Consideração de aspectos de fiabilidade no projecto

O projecto deve ser avaliado em termos de fiabilidade funcional, para situações normais e excepcionais de funcionamento, e eventualmente reconcebido e redimensionado.

A fiabilidade funcional traduz a capacidade do sistema ou subsistema se manter em funcionamento com o desempenho desejado num dado período. Assim, deve ser equacionada de forma a compatibilizar os requisitos de operação e manutenção dos equipamentos e componentes e as soluções adoptadas no projecto.

A fiabilidade pode ser melhorada por redundância de tubagens (duplicação de troços, por exemplo, em sifões invertidos) e de equipamentos (*e.g.*, equipamentos ou válvulas em paralelo).

Pr 14 – Consideração de aspectos de funcionalidade no projecto
O projecto deve ser avaliado em termos de desempenho funcional, e eventualmente reconcebido e redimensionado.
A solução preconizada deve ser avaliada em termos de desempenho funcional para situações normais e excepcionais, e eventualmente reconcebido e redimensionado se necessário.
Pr 15 – Consideração de aspectos de segurança no projecto
O projecto deve ser avaliado em termos de segurança, e eventualmente reconcebido e redimensionado.
A solução preconizada deve ser avaliada em termos de segurança, e eventualmente reconcebida e redimensionada se necessário, para assegurar a segurança, higiene e saúde de trabalhadores e utentes durante a construção, a operação e a manutenção, garantindo o cumprimento das exigências legais aplicáveis.
Pr 16 – Consideração no projecto de eventuais desvios de serventias e servidões durante a obra
Na elaboração do projecto devem ter-se em atenção os eventuais desvios de serventias e servidões.
Na elaboração do projecto devem ter-se em atenção os eventuais desvios de serventias e servidões (e.g., tráfego) necessários realizar durante a obra, incluindo obras provisórias e restabelecimento final, prevendo-se nomeadamente as implicações resultantes e necessidades específicas, entidades a contactar e mobilizar etc..
Pr 17 – Cumprimento de legislação e normas no projecto
Na elaboração do projecto devem ter-se em atenção as disposições relativas à legislação aplicável, incluindo regulamentação, e a normas técnicas eventualmente relevantes.
Em todos os aspectos da elaboração do projecto, incluindo, para além dos aspectos técnicos de engenharia, a segurança, a saúde pública e a protecção do ambiente, devem cumprir-se os regulamentos ou outros diplomas legais aplicáveis, nomeadamente os resultantes da transposição de legislação europeia. Recomenda-se também a adopção das normas portuguesas, europeias ou internacionais que forem aplicáveis.

Requisitos hidráulico-sanitários

Pr 18 – Consideração de aspectos hidráulicos no projecto
Na elaboração do projecto deve proceder-se ao dimensionamento hidráulico do sistema, considerando os cenários de funcionamento previsíveis ao longo da vida dos componentes.
O dimensionamento hidráulico do sistema inclui a definição das dimensões de todos os componentes de modo a garantir um perfil hidráulico adequado, uma capacidade de transporte suficiente e velocidades e perdas de carga dentro de limites de aceitabilidade. Deve utilizar-se o caudal de cálculo adequado a cada componente. É recomendável proceder à verificação do dimensionamento através de modelação matemática, simulando os cenários previsíveis de modo tão exacto quanto possível com a informação disponível.

Pr 19 – Consideração de aspectos sanitários no projecto

Na elaboração do projecto deve ser feita a verificação de todos os aspectos sanitários relevantes do sistema, considerando os cenários de funcionamento previsíveis ao longo da vida dos componentes.

Na elaboração do projecto deve ser feita a verificação de todos os aspectos sanitários relevantes do sistema, considerando os cenários de funcionamento previsíveis durante a vida útil dos componentes, nomeadamente em termos de evolução da qualidade da água, descargas para o meio receptor e de eventual produção de sulfureto de hidrogénio, no sistema e subsistemas.

Pr 20 – Critérios de cálculo hidráulico-sanitário

Os aspectos hidráulicos e os aspectos sanitários devem ser tratados conjuntamente adoptando critérios de cálculo e disposições construtivas específicas de cada componente.

O dimensionamento de sistemas e subsistemas deve ser efectuado com uma perspectiva global e integrada, considerando a rede de colectores, as estações de tratamento e as características dos meios receptores.

O dimensionamento das instalações elevatórias deve ser feito de modo a que todas as bombas funcionem tão próximo quanto possível do ponto de rendimento óptimo para todos os cenários de funcionamento previsíveis. Sempre que os caudais a bombear sejam variáveis deve ser equacionada a opção de bombas de velocidade variável.

Requisitos estruturais

Pr 21 – Consideração de aspectos geotécnicos no projecto

Deve ser realizada uma adequada caracterização geotécnica das fundações para apoio ao projecto de edifícios e componentes do sistema tendo em conta as suas especificidades.

Esta caracterização deve permitir avaliar as características geotécnicas, a facilidade de execução de trabalhos de escavação e a consistência do solo, através da realização de ensaios de laboratório e de campo.

O projecto de edifícios e componentes deve incluir a análise de estabilidade, o estudo das condições de fundação ou assentamento de tubagens, a avaliação das possíveis implicações de interceptação dos níveis de água durante a escavação, a previsão das condições de escavação e a decisão da reutilização ou não dos materiais escavados e determinar a resistividade do solo. Devem ser identificadas as áreas com maiores probabilidades de ocorrência de assentamentos diferenciais e com risco de liquefacção.

A caracterização geotécnica dos maciços terrosos e rochosos a realizar deve ser feita através da realização de ensaios de laboratório e de campo, recomendando-se que sejam os requisitos constantes na legislação nacional, em Normas Portuguesas e em Especificações LNEC.

Pr 22 – Dimensionamento de fundações no projecto

Na elaboração do projecto deve proceder-se a um adequado dimensionamento das fundações de edifícios e componentes do sistema.

No dimensionamento das fundações de edifícios e componentes do sistema deve ser tida em conta a satisfação dos estados-limite últimos e dos estados-limite de utilização. No caso do dimensionamento das fundações dos emissários e interceptores deve ter-se em conta a possível variabilidade espacial das características geotécnicas do solo, recorrendo, se necessário, a ensaios de campo e laboratoriais.

Pr 23 – Consideração de aspectos estruturais no projecto

No projecto deve ser feita a concepção das estruturas e o dimensionamento estrutural de edifícios e componentes do sistema.

Na elaboração do projecto deve ser feita a concepção das estruturas tendo em conta as condições dos locais de implantação, os processos construtivos e os materiais mais adequados às situações reais, seguindo-se o dimensionamento estrutural elaborado tendo em conta a legislação em vigor.

Nos projectos de estruturas deve ser dada especial atenção à agressividade do meio, de modo a minimizar a degradação dos materiais e a garantir segurança e durabilidade adequadas.

Os sistemas de colectores devem ser dimensionados do ponto de vista estrutural, incluindo a verificação aos sismos, com base em requisitos gerais para o dimensionamento estrutural de tubagens e em métodos de verificação da segurança (métodos de cálculo) adoptados nos diversos países membros do CEN.

Pr 24 – Consideração de aspectos sísmicos no projecto

Na elaboração do projecto deve ser feito o dimensionamento sísmico das estruturas enterradas ou elevadas consideradas críticas para o funcionamento do sistema.

Esse dimensionamento deve ser feito de acordo com a regulamentação nacional ou, na sua ausência, basear-se em regulamentação europeia ou internacional.

A aplicação dos Eurocódigos em Portugal deve ser feita em conjunto com os respectivos Documentos Nacionais de Aplicação (DNA) incluídos nas versões portuguesas publicados pelo Instituto Português da Qualidade (IPQ).

Em elementos particularmente críticos para o funcionamento do sistema ou cujo mau funcionamento possa ter consequências muito graves (por exemplo, estações de tratamento em zona urbanizada) pode justificar-se a realização de estudos especiais para caracterização da sismicidade do local, incluindo a definição da acção sísmica para várias probabilidades de ocorrência (ou, dito de outra forma, para vários períodos de retorno).

Em zonas de risco sísmico médio ou elevado, deve ser dada preferência a soluções estruturais e a materiais que apresentem ductilidade. Tal aplica-se também às tubagens e aos respectivos sistemas de ligação.

Requisitos relativos à construção civil

Pr 25 – Selecção e especificação de materiais

Os materiais a utilizar no sistema devem ser cuidadosamente especificados, tendo em atenção nomeadamente aspectos funcionais e normativos existentes.

Os materiais a utilizar no sistema devem ser cuidadosamente especificados, tendo em atenção nomeadamente os aspectos funcionais e o normativo existente. Deve ser dada especial atenção aos problemas derivados da eventual agressividade do meio, de modo a minimizar a degradação dos materiais empregues e a garantir segurança e durabilidade adequadas. Deve ainda ser garantida a compatibilidade e coerência dos materiais propostos com os já utilizados no sistema existente (*e.g.*, tampas, cúpulas, escadas e diâmetros de câmaras de visita, etc.).

As tubagens que não se encontrem protegidas ou estejam sujeitas a vibrações, nomeadamente em travessias de obras de arte, o material a utilizar deve ser o ferro fundido ou o aço.

Quando os elementos de tubagens forem de materiais plásticos, deve ter-se presente que tais tubagens são flexíveis e que, por isso, quando enterradas, são susceptíveis não só à acção das solicitações verticais, mas também à acção de todo o material envolvente. Devem, por isso, ser tidos em conta os seguintes aspectos adicionais:

- *adequação da classe de pressão e da classe de rigidez circunferencial específica da tubagem;*

Pr 25 – Selecção e especificação de materiais

Os materiais a utilizar no sistema devem ser cuidadosamente especificados, tendo em atenção nomeadamente aspectos funcionais e normativos existentes.

- *respeito pelos valores máximos admissíveis para a deflexão da tubagem*, seguindo as indicações presentes nos catálogos dos fabricantes ou das normas aplicáveis;
- *estabelecimento da tensão (ou deformação) máxima permitida* na parede da tubagem que resulta da acção combinada da pressão hidráulica interna e das cargas externas;
- *selecção do material de enchimento da vala*;
- *cálculo da deflexão inicial da tubagem e verificação da satisfação dos limites admissíveis*;
- *cálculo da deflexão da tubagem a longo prazo e verificação da satisfação dos limites admissíveis*;
- *adopção de um factor de segurança* que evite o colapso da tubagem.

Pr 26 – Controlo da qualidade dos materiais no projecto

Os materiais a especificar no projecto devem ter a qualidade adequada, o que passa pelo cumprimento de requisitos específicos e por procedimentos de certificação.

Os materiais e produtos da construção devem garantir a satisfação das exigências essenciais de resistência mecânica e estabilidade das infra-estruturas, de segurança na sua utilização e em caso de incêndio, de higiene, saúde e protecção do ambiente, de protecção contra o ruído, de economia de energia, de isolamento térmico e das demais exigências estabelecidas no Decreto-Lei n.º 50/2008 de 19 de Março ou em legislação específica.

A utilização de materiais e produtos da construção em edificações novas, ou em intervenções, é condicionada, nos termos da legislação aplicável, à respectiva marcação CE ou, na sua ausência, sem prejuízo do reconhecimento mútuo, à certificação da sua conformidade com especificações técnicas em vigor em Portugal (Decreto-Lei n.º 50/2008, de 19 de Março). Nos casos em que os materiais e produtos de construção não preencham nenhuma destas condições e sempre que a sua utilização possa comportar risco para a satisfação das exigências essenciais, fica a mesma condicionada à respectiva homologação pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil, devendo este dispensá-la se tais produtos possuírem certificados de conformidade emitidos por entidade aprovada em Estado membro da União Europeia, na Turquia ou em Estado subscritor do acordo do espaço económico europeu que atestem suficientemente a satisfação das referidas exigências.

Pr 27 – Disposições construtivas relativas à drenagem no projecto

Devem ser propostas medidas para mitigar os efeitos do aparecimento de água, seja por efeito da precipitação atmosférica durante a execução das obras, por infiltração resultante de nível freático elevado, ou por quaisquer ligações ou escorrências.

Devem ser propostas medidas a implementar durante a fase de construção, quer com o objectivo de mitigar os efeitos do aparecimento de água durante a execução das obras, quer com o objectivo de corrigir efeitos negativos por estas provocados e permitir que os trabalhos prossigam com a necessária qualidade. Estas medidas são particularmente importantes para os trabalhos de instalação de tubagens e de construção de vias de acesso que envolvam o terreno natural (escavações e aterros).

Pr 28 – Disposições construtivas relativas à reposição de pavimentos

O projecto deve conter a descrição dos trabalhos de reposição de pavimentos a realizar quando aplicável.

Quando a construção implique a remoção do pavimento existente, como acontece com a instalação de tubagens em vala aberta, deve o projecto conter a descrição dos trabalhos a realizar e a especificação dos materiais e processos construtivos a adoptar: leito do pavimento, camadas granulares e camadas betuminosas.

Requisitos relativos a tubagens e equipamentos

Pr 29 – Selecção dos tubos e acessórios
Os tubos e os acessórios devem ser objecto de um processo de selecção assente em critérios técnicos, funcionais e económicos.
<p>Os tubos e os acessórios devem ser objecto de um processo de selecção assente numa estratégia baseada em critérios técnicos, funcionais e económicos, com o objectivo de aumentar a fiabilidade e a longevidade do sistema e facilitar a sua operação e manutenção. Os principais materiais utilizados em intervenções de reabilitação de colectores são o polietileno de média ou alta densidade, o policloreto de vinilo, o ferro fundido dúctil, o aço e o betão armado. Podem ainda ser utilizados outros materiais desde que reúnam as necessárias condições de utilização e sejam devidamente certificados.</p> <p>A metodologia para a selecção de materiais passa pela implementação dos seguintes passos:</p> <p>Fase 1 – Selecção técnica: consiste na pré-selecção de um número restrito de materiais considerados mais adequados, utilizando exclusivamente critérios técnicos que avaliem a adequação de cada material às condições hidráulicas, às características químicas das águas, às características químicas e físicas dos solos e das suas águas intersticiais e às condições geotécnicas, sísmicas e mecânicas;</p> <p>Fase 2 – Selecção funcional: consiste na identificação dos materiais considerados mais adequados tendo por base a lista restrita resultante da Fase 1 e tendo em conta os critérios funcionais considerados mais importantes;</p> <p>Fase 3 – Selecção económica: consiste numa análise económica comparativa das alternativas seleccionadas e na identificação de um número restrito de materiais considerados mais adequados, tendo por base os seus custos médios de instalação, procurando ter em conta a grande variabilidade e aleatoriedade destes valores no tempo, por razões de funcionamento do mercado.</p>
Pr 30 – Assentamento de tubagens
O projecto deve definir a geometria da vala de assentamento das tubagens, o seu modo de enchimento e o processo construtivo a utilizar, e ainda a estabilidade da escavação.
<p>A largura da vala deve ser estabelecida em função da natureza dos terrenos e do diâmetro das tubagens a colocar, em conformidade com o preconizado no Decreto Regulamentar n.º 23/95 de 23 de Agosto. Sempre que se trate de colectores com ligação de ramais, o projecto deve incluir também os ramais de ligação e as respectivas disposições construtivas de assentamento.</p>
Pr 31 – Dimensionamento de maciços de amarração
O projecto do sistema de colectores deve prever maciços de amarração sempre que necessário para estabilização da tubagem.
<p>É obrigatória a implantação de maciços de amarração em todos os pontos onde os esforços gerados pelo escoamento e pelo peso próprio possam vir a provocar deslocamentos e consequentes roturas das tubagens, nomeadamente em alterações de direcção (curvas em planta e em perfil), derivações (forquilhas e tês), alterações de secção e troços muito inclinados. Os maciços de amarração devem ser dimensionados de forma a que a sua estabilidade seja assegurada unicamente pelo peso próprio. Só em casos excepcionais se deve contar com o impulso passivo dos terrenos, havendo que dar especial atenção à fase de execução e à fase de ensaio de recepção da rede.</p> <p>Os maciços de amarração têm por finalidade: evitar o deslocamento e consequente rotura das tubagens nas curvas e em pontos sujeitos a esforços assimétricos quando é ultrapassada a resistência das juntas às tensões longitudinais; resistir aos esforços gerados sempre que as tubagens são muito inclinadas e é ultrapassada a resistência das juntas às tensões longitudinais; controlar a dilatação ou a contracção de juntas rígidas quando sujeitas a gradientes térmicos.</p>

Pr 31 – Dimensionamento de maciços de amarração

O projecto do sistema de colectores deve prever maciços de amarração sempre que necessário para estabilização da tubagem.

Os maciços de amarração são blocos de betão moldados no local, cuja geometria varia conforme o tipo de solicitações a absorver e o espaço disponível. São geralmente de betão simples ou parcialmente armado, podendo em casos excepcionais de terrenos de fraca qualidade ser fundados em estacas. As tubagens devem ser embebidas nos maciços ou a eles amarradas por intermédio de abraçadoras e chumbadouros.

Pr 32 – Concepção e dimensionamento de câmaras de visita

O projecto do sistema de águas residuais deve prever a instalação de câmaras de visita, respeitando os requisitos constantes da regulamentação e normas aplicáveis.

O projecto do sistema de águas residuais deve prever a instalação de câmaras de visita, respeitando os requisitos constantes da regulamentação e normas aplicáveis. Devem ser especialmente cuidados os aspectos de estanquidade, flexibilidade na ligação entre tubagens e câmaras de visita, flexibilidade das juntas, pintura interior que assegure a protecção das superfícies a factores agressivos, dispositivos de acesso através de escada e não de degraus, dispositivos de fecho de acordo com a norma portuguesa NP EN 124:1995, amortecimento das quedas hidráulicas e utilização de adequados materiais de construção.

Podem ser de planta rectangular com cobertura plana ou de planta circular com cobertura plana ou tronco-cónica assimétrica, ou com outras formas geométricas caso se justifique. Podem ainda ser centradas ou descentradas em relação ao alinhamento da conduta. As câmaras de visita são constituídas por: a) soleira, formada em geral por uma laje de betão que serve de fundação às paredes; b) corpo, formado pelas paredes, com disposição em planta normalmente rectangular ou circular; c) cobertura, plana ou tronco-cónica assimétrica, com uma geratriz vertical na continuação do corpo para facilitar o acesso; d) dispositivo de acesso, formado por degraus encastrados ou por escada fixa ou amovível, devendo esta última ser utilizada somente para profundidades iguais ou inferiores a 1,7 m; e) dispositivo de fecho resistente. As dimensões interiores das câmaras de manobra devem permitir a fácil operação e manutenção dos equipamentos nelas instalados, não podendo em caso algum ser inferior a 1,10 m para profundidades da câmara superiores a 0,60 m.

Sobre esta matéria devem ser respeitados a legislação nacional (Decreto Regulamentar n.º 23/95 de 23 de Agosto) e um conjunto de normas portuguesas.

Pr 33 – Selecção, especificação e ensaio de equipamentos em geral

Os equipamentos electromecânicos a utilizar no sistema devem ser adequadamente seleccionados e especificados na fase de projecto, tendo nomeadamente em atenção as disposições regulamentares e o normativo existente.

Os equipamentos electro-mecânicos a utilizar no sistema devem ser adequadamente seleccionados e especificados na fase de projecto, tendo nomeadamente em atenção o normativo existente, em aspectos de durabilidade, de facilidade de instalação, de substituição e reparação, de segurança durante as operações de montagem e manutenção, de garantia de fornecimento futuro, de familiaridade do pessoal com o tipo de equipamento e de gestão de stocks.

Todos os equipamentos sujeitos a falhas eventuais de funcionamento (*e.g.*, bombas e compressores) devem ser instalados com suficiente capacidade de reserva mecânica, de modo a garantir o funcionamento do sistema quando uma unidade estiver fora de serviço. Nos casos em que não seja possível instalar capacidade de reserva, o projecto deve prever a existência de outra unidade de reserva em armazém, que possa rapidamente substituir a unidade fora de serviço.

Pr 33 – Selecção, especificação e ensaio de equipamentos em geral
Os equipamentos electromecânicos a utilizar no sistema devem ser adequadamente seleccionados e especificados na fase de projecto, tendo nomeadamente em atenção as disposições regulamentares e o normativo existente.
<p>O projecto deve prever equipamento de elevação (<i>e.g.</i>, guinchos) ou outros meios para remoção de equipamentos (<i>e.g.</i>, compressores e bombas hidráulicas) para efeito de trabalhos de manutenção, reparação ou substituição.</p> <p>Deve ser previsto um gerador de energia eléctrica para suprir falhas de fornecimento de energia, principalmente nos casos em que é elevada a probabilidade de ocorrência destas falhas.</p> <p>Quanto à instrumentação e automação, o projecto deve considerar as necessidades de recolha de dados qualitativos e quantitativos de funcionamento das diversas unidades constituintes da estação de tratamento inerentes à monitorização do seu funcionamento. Com este objectivo, o projecto deve considerar: a identificação das grandezas a medir, a gama de medição, a exactidão necessária, os locais de medição e a frequência de medição.</p>

Requisitos arquitectónicos e paisagísticos

Pr 34 – Consideração de aspectos arquitectónicos no projecto
Na elaboração do projecto deve ser garantida a adequação arquitectónica dos componentes do sistema, de forma a que resulte uma solução esteticamente agradável e funcional.
<p>A solução preconizada no projecto deve ser, quando aplicável, objecto de uma intervenção arquitectónica adequada, por parte de um especialista qualificado, de forma a garantir-se uma solução que seja simultaneamente esteticamente agradável e funcional e garanta uma adequada integração urbanística e paisagística.</p>
Pr 35 – Aproveitamento de estruturas existentes no projecto
Na elaboração do projecto deve ser analisada a possibilidade de aproveitamento de estruturas existentes para instalar as componentes do sistema.
<p>Deve ser analisada a possibilidade de reaproveitamento de edifícios e de outras estruturas existentes, para localização dos componentes do sistema, em alternativa à ocupação de novos locais e à criação de novas construções. Para além de se minimizar a ocupação do solo, esta situação permite o aproveitamento e a valorização de edifícios não utilizados ou de outras construções.</p>
Pr 36 – Integração urbana e paisagística do sistema no projecto
Na elaboração do projecto deve ser garantida a integração urbana e paisagística dos componentes do sistema, de onde resulte uma solução esteticamente agradável.
<p>Sempre que adequado devem ser incorporadas funções de drenagem superficial nos projectos.</p> <p>Quando aplicável, o projecto deve incluir a vertente de espaços exteriores, que preveja áreas de estacionamento suficientes para ter em conta as necessidades de estacionamento das viaturas da entidade gestora, das viaturas próprias dos trabalhadores e das viaturas dos visitantes.</p>

Pr 37 – Preservação paisagística no projecto

Na elaboração do projecto devem ser previstas medidas de protecção da flora local.

O projecto de espaços exteriores das instalações deve incorporar vegetação com baixos requisitos de água. Deve prever-se a revegetação das áreas perturbadas pela construção utilizando, tanto quanto possível, vegetação nativa, ou outra que promova a preservação dos *habitat* locais.

Deve ser tirado partido das características naturais das plantas a utilizar na revegetação dos espaços exteriores (por exemplo, a plantação de árvores que provoquem sombra junto de janelas dos edifícios pode conduzir a uma redução dos consumos de energia e constituir uma barreira eficaz contra o vento).

Deve ser analisada a viabilidade de recurso a técnicas de recarga artificial dos aquíferos e de infiltração de águas pluviais.

Requisitos ambientais

Pr 38 – Avaliação de impactos ambientais no projecto

Sempre que obrigatório ou quando recomendável devem ser realizados, complementarmente ao projecto, estudos de avaliação de impactos ambientais provocados pelo sistema.

Mesmo em situações em que não seja obrigatório nem recomendável a elaboração de estudos de avaliação de impactos ambientais, a equipa autora do projecto deve procurar o melhor enquadramento ambiental das instalações, a valorização dos locais de construção e, de uma forma geral, a minimização de impactos ambientais negativos previsíveis nas fases de construção e de operação e manutenção do sistema.

Pr 39 – Avaliação ambiental dos componentes do sistema

Os diferentes componentes do sistema devem ser avaliados em termos ambientais de forma a minimizarem-se os eventuais impactos envolventes e a promover a sua valorização em termos ambientais.

A solução preconizada deve ser avaliada em termos ambientais de forma a minimizarem-se os eventuais impactos envolventes e a promover a sua valorização em termos ambientais, e eventualmente reconhecida e redimensionada se necessário.

Por exemplo, em sistemas elevatórios devem ser seleccionados equipamentos cujos níveis expectáveis de ruído estejam dentro dos limites impostos pela legislação em vigor, prevendo-se se necessário nesta fase medidas específicas de controlo.

O projecto de intervenções no sistema de colectores deve promover a preservação do solo e minimizar as áreas a ocupar pela instalação de tubagens. Sempre que possível, deve prever-se a instalação conjunta das tubagens com outras já existentes, ou o aproveitamento de outros corredores já utilizados, para que se minimizem perturbações em solos desocupados.

Deve promover-se a coordenação entre intervenções nos sistemas de águas residuais e pluviais em paralelo com intervenções em outras infra-estruturas públicas.

Pr 40 – Utilização de tecnologias ambientalmente amigáveis

As tecnologias previstas no projecto devem ser tanto quanto possível ambientalmente amigáveis e promover a conservação de recursos.

Na fase de projecto deve prever-se, desde logo, o recurso a tecnologias e práticas com elevada eficiência energética, nomeadamente: deve ser especificado o uso de sistemas de iluminação eficientes e um isolamento térmico suficiente para se promova a conservação de energia e se reduzam perdas de calor; a selecção de materiais deve considerar como critério, tanto quanto possível, a energia necessária ao seu fabrico.

Deve prever-se, sempre que possível, o recurso a tecnologias e práticas de conservação de água, promovendo de uma forma geral a redução e a reutilização.

Pr 41 – Utilização de materiais ambientalmente adequados

Os materiais a utilizar devem ser os mais adequados do ponto de vista ambiental, minimizando a quantidade de resíduos a que podem dar origem e os seus eventuais impactos negativos no ambiente envolvente e no interior das próprias instalações.

Os materiais de construção civil devem ser especificados de forma adequada, tendo também em vista a minimização da quantidade de resíduos a que poderão dar origem durante a construção, a sua influência futura nos consumos de energia e o conforto dos trabalhadores e dos utentes durante a operação e manutenção do sistema.

Devem ser seleccionados, tanto quanto possível: materiais duráveis que minimizem, a longo prazo, a necessidade da sua substituição e a consequente produção de resíduos; materiais fornecidos com um mínimo de embalagem, para minimização da produção de resíduos; materiais de produção local, minimizando os consumos de energia e a eventual poluição provocada pelo seu transporte; materiais alternativos, mais adequados do ponto de vista ambiental (por exemplo, tintas e revestimentos sem chumbo e com baixo teor de compostos orgânicos voláteis, e aço reciclado para uso em estruturas metálicas). Deve ser dada preferência a soluções de reutilização e de reciclagem dos resíduos de materiais de construção, reintegrando-os como materiais de uso produtivo.

Requisitos sociais

Pr 42 – Valorização de aspectos sociais e culturais no projecto

O projecto deve prever medidas que valorizem e promovam os aspectos sociais e culturais associados ao sistema.

Deve ser permitido o acesso condicionado do público às instalações, sensibilizando-o para a complexidade e para o custo elevado deste serviço, criando um ambiente de zona verde e não de unidade industrial, com parques, jardins, passeios pedestres, zonas de desporto ou de lazer, zonas de miradouro, etc., ou integrando um museu da água, espaços lúdicos com esculturas ou jogos de água e instalações para espectáculos culturais no seu interior, promovendo a arte e a cultura com uma política de mecenato.

Pr 43 – Mitigação do impacto social no projecto

Sempre que o sistema interfira significativamente com a envolvente humana, devem ser estudadas e projectadas medidas que permitam minimizar as perturbações resultantes.

Sempre que o sistema interfira significativamente com a envolvente humana, devem ser estudadas e projectadas medidas que permitam minimizar as perturbações, por exemplo à circulação do tráfego, e efectuar as obras com rapidez e segurança.

Deve prever-se a criação de zonas tampão (*e.g.*, zona verde) entre os locais de construção e as áreas ocupadas pelas populações locais, a fim de minimizar impactes negativos.

Devem ser claramente identificadas no projecto as situações em que o sistema a construir interfere com arruamentos existentes. Identificadas essas situações, devem ser estudadas e especificadas medidas que permitam: minimizar as perturbações à circulação do tráfego (*e.g.*, horários de trabalho desfasados com as horas de maior circulação, desvios de tráfego, interdição de estacionamento, interdição de circulação num dos sentidos, etc.); efectuar as obras com rapidez e em condições de segurança (*e.g.*, sinalização, rendimento dos equipamentos a utilizar).

Anexo II-B – Fase de construção

Requisitos gerais

Co 1 – Consideração de princípios gerais de construção
A construção deve ter em atenção um conjunto de princípios gerais que contribuam para garantir a eficiência e eficácia da entidade gestora.
A construção deve observar os seguintes requisitos gerais: conformidade com o projecto; controlo da qualidade da construção e dos materiais utilizados; segurança do pessoal afecto à construção, dos visitantes e do público em geral.
Co 2 – Selecção do modelo de gestão da obra
A entidade gestora deve escolher a figura de gestão da obra mais adaptada às funções que pretende desenvolver e que seja compatível com a sua estrutura orgânica.
As obras podem ser executadas directamente pela entidade gestora ou indirectamente por terceiros, devendo obrigatoriamente ser empreiteiros de obras públicas ou industriais de construção civil, dotados do competente alvará. A gestão da obra, da responsabilidade da entidade gestora, pode ser por esta atribuída parcial ou totalmente a outra entidade. A gestão administrativa da obra durante o período de execução deve ser definida em pormenor conjuntamente com um calendário rígido de procedimentos e prazos de realização.
Co 3 – Processo de preparação da obra
As actividades de preparação da obra devem ser realizadas nos prazos legais cumprindo as especificações existentes.
Devem ser analisados os vários tipos de concurso e escolhida a modalidade que mais se adapte à obra e às condições requeridas pela entidade gestora, tendo nomeadamente em conta a eventual necessidade de realizar concurso internacional. A fase de lançamento do concurso inclui: preparação dos anúncios nos concursos públicos nacionais e internacionais; preparação dos documentos para concurso: anúncio, programa de concurso e caderno de encargos do concurso; lançamento do concurso (devendo-se criar uma estrutura mínima capaz de responder aos concorrentes durante a fase de elaboração das propostas; as questões colocadas pelos concorrentes devem ter respostas escritas e a todos os concorrentes); nomeação da comissão de abertura de propostas e comissão de apreciação. A selecção dos empreiteiros e a adjudicação da obra devem ser feitas pela entidade gestora de acordo com as disposições legais aplicáveis a empreitadas de obras públicas, devendo optar-se pela proposta que melhores garantias técnicas e financeiras oferecer. A apreciação das propostas é uma actividade que pode ser assessorada por uma equipa técnica exterior. Numa fase final de apreciação podem ser contactados os concorrentes mais bem classificados para eventuais pedidos de esclarecimentos. A elaboração do relatório de apreciação das propostas deve ser fundamentada nos critérios de apreciação das propostas constantes no Programa do Concurso e estritamente baseada em informação que conste das propostas. Deve ser seguidamente elaborada carta de adjudicação e auto de consignação com o concorrente ganhador e comunicada simultaneamente esta informação aos restantes concorrentes. Devem ser oportunamente preparadas todas as licenças de obra.

Co 4 – Designação de um técnico responsável pela obra
Qualquer que seja o modelo adoptado para a execução da obra, deve sempre ser designado um técnico responsável.
Qualquer que seja a forma adoptada para a execução da obra, directamente pela entidade gestora ou indirectamente por contratação, deve sempre ser designado um técnico responsável, cujas funções se iniciam com o começo da obra e terminam aquando da sua recepção. No caso de execução directa, o técnico responsável deve ser designado pela entidade gestora. No caso de execução indirecta, o técnico responsável deve ser indicado pelo adjudicatário e obter aceitação da entidade gestora. O técnico responsável pela execução da obra deve ter formação técnica superior em engenharia, com especialização ou experiência adequada nesta área.
Co 5 – Execução da obra
A obra deve ser executada em estrita conformidade com o projecto.
A obra deve ser executada rigorosamente em conformidade com o projecto e em estreita articulação com a entidade gestora, a fiscalização interna e externa, o empreiteiro, os subempreiteiros e os fornecedores de materiais, equipamentos e mão-de-obra. Quaisquer alterações ao especificado no projecto só devem ser aceites em situação excepcional ou em caso de deficiência deste, devendo o projectista ser sempre consultado. A entidade gestora deve exigir ao empreiteiro um planeamento pormenorizado da obra, a ser aprovado por esta, do qual devem constar as frentes e as fases de execução parcial da obra, o pessoal envolvido, a elaboração do manual de qualidade da obra, e uma actualização do plano de segurança e higiene realizado em fase de projecto, tendo em atenção o modo como vai realizar a obra.
Co 6 – Fiscalização da obra
A entidade gestora deve garantir uma adequada fiscalização da obra por técnicos habilitados para o efeito.
As acções de fiscalização devem incidir no cumprimento do projecto aprovado, nos aspectos de qualidade dos materiais e equipamentos utilizados e no comportamento de conjunto da obra, devendo ser para isso utilizadas as metodologias mais adequadas, designadamente os ensaios.
Co 7 – Consideração de aspectos de segurança, higiene e saúde na obra
A construção de todos os componentes do sistema deve atender à necessidade de assegurar a segurança, higiene e saúde na obra.
Para o efeito deve ser dado cumprimento integral ao Plano de Segurança e Saúde (Decreto-Lei n.º 155/95, de 1 de Julho) anteriormente elaborado e complementado pelo adjudicatário, nomeadamente quanto aos aspectos seguintes: plano de trabalhos; cronograma da mão-de-obra; projecto de estaleiro e respectiva sinalização; lista de trabalhos e de materiais com riscos especiais; acções para prevenção de riscos (planos de protecções colectivas e individuais, plano de inspecção e prevenção, etc.); plano de formação e informação dos trabalhadores. O acesso de pessoas ao estaleiro deve ser controlado. Na construção do sistema deve ainda atender-se às disposições constantes da Portaria n.º 762/2002, de 1 de Julho.
Co 8 – Minimização dos impactos ambientais na obra
Durante a construção devem ser adoptadas medidas que conduzam à minimização de impactos ambientais negativos.
Deve assegurar-se que as acções de limpeza e de preparação dos locais de construção tenham um impacto mínimo no ambiente envolvente, designadamente sobre eventuais perdas de habitat, fenómenos de erosão e sedimentação associados ao uso de equipamento pesado, perda de vida vegetal nativa e contaminação de solos e de águas superficiais e subterrâneas.

Co 8 – Minimização dos impactos ambientais na obra

Durante a construção devem ser adoptadas medidas que conduzam à minimização de impactos ambientais negativos.

Os resíduos da obra (podendo incluir betão, tijolo, asfalto, madeiras, metais, plásticos e materiais para isolamento térmico), devem ser encaminhados para destino final adequado, privilegiando-se a sua redução, reutilização e reciclagem (o destino final em aterro sanitário deve ser encarado como último recurso e com as devidas precauções perante a eventualidade da presença de substâncias tóxicas). Deve ser elaborado um plano de controlo e de prevenção da poluição. Tanto quanto possível, quaisquer materiais excedentes após a conclusão da obra devem ser reutilizados no âmbito de outros projectos, em alternativa à sua rejeição.

Devem ser adoptadas medidas para prevenir a entrada de águas superficiais nos locais de construção e devem ser mitigados impactes negativos provocados pelas águas pluviais, através do recurso, sempre que aplicável, a bacias de retenção, a zonas de infiltração, ou a outros métodos que reduzam o escoamento superficial.

Co 9 – Minimização dos impactos sociais da obra

Durante a construção devem adoptar-se as medidas adequadas por forma a minimizar os impactos sociais, nomeadamente, em termos de circulação de pessoas e de veículos, poluição sonora e odores.

Co 10 – Comunicação com o público durante a construção

Durante a construção devem ser promovidas acções de informação e de sensibilização do público.

Durante a execução da obra, devem ser promovidas acções de informação e de sensibilização do público, devendo igualmente ser comunicada atempadamente aos utentes qualquer intervenção que esteja planeada. Deve também proceder-se a um adequado planeamento das intervenções no subsolo por forma a minimizar a duração da obra, a identificar correctamente através de painéis informativos.

Co 11 – Cumprimento de regulamentos e normas na construção

Na execução da obra devem ter-se em atenção as disposições relativas à legislação aplicável, incluindo regulamentação, e às normas técnicas eventualmente relevantes.

Em todos os aspectos da execução da obra, incluindo, para além dos aspectos técnicos de engenharia, segurança, saúde e protecção do ambiente, devem cumprir-se os regulamentos ou outros diplomas legais aplicáveis, nomeadamente os resultantes da transposição de legislação europeia. Recomenda-se também a adopção das normas portuguesas, europeias ou internacionais que forem aplicáveis.

Co 12 – Controlo da qualidade da execução

A realização dos trabalhos da execução da obra deve ser objecto de um controlo da qualidade e de um controlo da conformidade final da obra.

A execução da obra deve ser objecto de um controlo da qualidade e de um controlo da conformidade final. Este controlo deve ser feito desde o início das operações, isto é, das condições de armazenamento e manuseamento dos materiais, bem como fabrico e colocação em obra do betão, operações de desmoldagem e descimbramento, operações de pré-esforço, execução de soldaduras, etc. Neste aspecto é fundamental o correcto preenchimento do livro de registos da obra, apontando todos os acontecimentos relevantes, nomeadamente registos dos resultados dos ensaios efectuados, datas de realização dos trabalhos, etc.

Co 12 – Controlo da qualidade da execução
A realização dos trabalhos da execução da obra deve ser objecto de um controlo da qualidade e de um controlo da conformidade final da obra.
O controlo da conformidade final da obra tem em vista a observação da existência de eventuais defeitos, nomeadamente fendas, deformações excessivas, falhas de betonagem, insuficiência de recobrimentos das armaduras, etc. Em certos componentes deve ser prevista a realização de ensaios de comportamento final. Só após a realização deste controlo da conformidade final da obra, pode ser feita a sua recepção (provisória) pela entidade gestora.
Co 13 – Entrega de telas finais, dos manuais e do resultado da inspecção final das obras
A entidade gestora deve exigir ao empreiteiro a entrega das telas finais das obras e dos manuais de operação e manutenção dos equipamentos e a evidência de que as novas infra-estruturas construídas estão em perfeitas condições antes da sua entrega.
Para além da entrega das telas finais das obras e dos manuais de operação e manutenção dos equipamentos e a evidência de que as novas infra-estruturas construídas estão em perfeitas condições antes da sua entrega, deve ser exigido ao empreiteiro, designadamente em infra-estruturas enterradas, uma inspecção final (e.g., vídeo) que evidencie a adequação e a qualidade da obra.

Requisitos relativos a construção civil

Co 14 – Controlo da qualidade em termos geotécnicos
As hipóteses de projecto em termos de características geotécnicas devem ser aferidas durante a construção e todas as intervenções geotécnicas devem ser objecto de controlo da qualidade.
A heterogeneidade e a grande variabilidade dos terrenos implica uma aferição em obra das características geotécnicas consideradas na fase do projecto. As cotas de escavação apresentadas a título indicativo no projecto devem também ser aferidas em função das condições reais. Os materiais que incorporam os aterros devem ser controlados de acordo com as prescrições do caderno de encargos. Devem ser realizados ensaios de laboratório e de campo, visando a caracterização dos materiais do ponto de vista da sua resistência mecânica, permeabilidade e deformabilidade, de acordo com as especificações do caderno de encargos.
Co 15 – Controlo da qualidade dos materiais e componentes na construção
Os materiais e componentes devem ser objecto de um controlo de recepção na obra com vista a avaliar a sua conformidade com as condições pré-definidas.
Os materiais e componentes devem ser objecto de um controlo de recepção na obra com vista a avaliar a sua conformidade com as condições pré-definidas, baseada nos documentos contratuais (caderno de encargos, etc.), que devem referir os critérios de amostragem e os critérios de aceitação-rejeição. Este controlo é habitualmente realizado através da realização de ensaios de recepção, em laboratórios oficiais ou acreditados. Nos casos de produtos certificados por entidade reconhecida no âmbito do Sistema Português de Qualidade, este controlo pode limitar-se à verificação das marcas de identificação dos produtos e das etiquetas.

Co 16 – Armazenamento em obra de tubagens

No armazenamento em obra de tubagens deve ter-se em atenção um conjunto de precauções para se evitar a deterioração dos materiais.

Durante a sua permanência em obra até ao momento da instalação, os elementos de tubagem devem ser objecto das seguintes precauções: devem ser protegidos das possíveis deteriorações; devem permanecer em superfícies planas, bem drenadas e sobrelevadas relativamente ao solo, se este contiver agentes que possam agredir os elementos de tubagem e respectivos revestimentos; devem ficar apoiados em todo o seu comprimento; a altura dos empilhamentos não deve ultrapassar o máximo recomendado pelos respectivos fabricantes; os cordões vedantes elastoméricos devem permanecer ao abrigo da incidência dos raios solares; não devem ser ultrapassados eventuais períodos limite de armazenamento.

Co 17 – Instalação em obra de tubagens

Na instalação em obra de tubagens deve ter-se em atenção um conjunto de precauções para se garantir o bom funcionamento do sistema.

A instalação das tubagens deve decorrer em conformidade com as especificações do projecto e normas aplicáveis, tendo em conta as recomendações dos fabricantes. Estas podem incluir: verificação da adequação do leito de assentamento, nomeadamente dos pontos de vista das suas planeza ou pendente, e da natureza ou constituição do terreno; assentamento ou montagem com equipamento adequado; reposição do revestimento de protecção dos tubos ou acessórios em zonas que tenham sido sujeitas a corte em obra, e ainda sobre juntas de cordão elastomérico ou soldadas; protecção exterior especial das tubagens em terrenos cuja agressividade o exija; emboquilhamento correcto dos tubos para garantir a estanquidade das juntas, através nomeadamente do respeito pela posição exacta do cordão vedante e pelas deflexões angulares e aberturas de junta admissíveis para cada tipo de tubo; respeito pelas características eventualmente exigidas ao material de assentamento ou de enchimento de valas; respeito pelas distâncias requeridas relativamente a outras obras instaladas ou a instalar no terreno; assentamento dos tubos de modo a que as cargas se distribuam uniformemente sobre todo o seu comprimento, evitando nomeadamente a ocorrência de concentrações de cargas nas juntas; adopção de barreiras de estanquidade em terrenos sujeitos a movimentos de água, para evitar que estes possam prejudicar, por "lavagem", as condições de assentamento ou envolvimento dos elementos de tubagem; adopção de barreiras de filtração onde haja o risco de migração do terreno circundante para o material utilizado no assentamento ou envolvimento das tubagens e vice-versa; verificação do grau de compactação do terreno de enchimento das valas; controlo das deformações das tubagens flexíveis relativamente aos máximos admissíveis; inclusão nas tubagens, não metálicas ou sem acessórios metálicos, de elementos que permitam, no futuro e em vala fechada, a detecção do seu traçado; realização de soldaduras por pessoal especializado e sob rigoroso controlo da qualidade; utilização, exclusivamente, de produtos recomendados pelos fabricantes na lubrificação dos cordões vedantes das juntas.

Co 18 – Disposições construtivas relativas à drenagem durante a execução da obra

Devem ser tomadas todas as medidas previstas em projecto e outras que se julguem necessárias para mitigar os efeitos do aparecimento de água durante a execução das obras.

Devem ser tomadas todas as medidas previstas em projecto e outras que se julguem necessárias para mitigar os efeitos do aparecimento de água durante a execução das obras, quer resultante de infiltração por nível freático elevado, quer resultante de ligações ou escorrências.

Requisitos relativos a equipamentos e a instalações especiais

Co 19 – Montagem de grupos electrobomba
A montagem de um grupo electrobomba deve ser executada de acordo com regras de boa prática de modo a garantir-se o seu funcionamento satisfatório e seguro.
<p>O assentamento de um grupo electrobomba deve ser efectuado em conformidade com as respectivas recomendações do fabricante. Quando o grupo possui eixo horizontal, o seu assentamento deve geralmente ser feito sobre base metálica única, comum à bomba e ao motor.</p> <p>Antecedendo imediatamente a entrada em serviço de um grupo electrobomba, o alinhamento dos veios dos seus dois componentes deve ser adequadamente realizado, recorrendo-se a um dispositivo apropriado para o efeito. Após cerca de uma semana de funcionamento, o alinhamento deve ser verificado e eventualmente corrigido.</p> <p>A ligação do veio de uma bomba ao do respectivo motor de accionamento deve ser feita por meio de uma união elástica equilibrada dinamicamente, bem adaptada às dimensões dos dois veios, e dimensionada para a potência a transmitir.</p> <p>Como medida de segurança pessoal, as pontas dos veios de uma bomba e do respectivo motor, bem como a respectiva união elástica, devem ser adequadamente protegidas por meio de resguardos.</p> <p>Aquando da montagem de uma bomba devem nela ser instalados os instrumentos de monitorização de vibrações e da temperatura das chumaceiras do veio previstos no projecto.</p>
Co 20 – Montagem de válvulas, medidores de caudal e outros equipamentos
Todas as válvulas devem ser correctamente instaladas, testadas e colocadas em serviço.
<p>Todas válvulas, medidores de caudal e outros equipamentos devem ser correctamente instaladas, de acordo com o projecto e com as normas aplicáveis.</p>
Co 21 – Montagem de instalações eléctricas e equipamentos de potência
A montagem das instalações eléctricas e dos equipamentos de potência deve ser executada de modo a garantir-se um funcionamento satisfatório e seguro.
<p>A construção ou montagem das instalações eléctricas e dos equipamentos de potência deve ser feita e verificada, de forma a garantir as necessárias condições de segurança e de fiabilidade, não apenas para estes sistemas mas também para os sistemas de automação, instrumentação e comunicação vizinhos. As fases de teste e de colocação em serviço devem ser conduzidas de forma articulada com o sistema de automação. Na medida do possível, todos os equipamentos a instalar devem ser provenientes de fabricantes certificados.</p> <p>As operações de montagem dos equipamentos e instalações devem ser realizadas unicamente por pessoal técnico especializado, sob a supervisão directa de engenheiros responsáveis.</p> <p>Os planos de teste devem ser organizados: por equipamentos e por subsistemas, até chegar aos testes globais; por etapas em cada subsistema (e.g., testes a frio ou com equipamentos desactivados / desenergizados, testes com equipamentos parcialmente activos / energizados, testes com o conjunto em plena actividade); em articulação com os planos de teste dos sistemas de automação.</p> <p>Devem ser testadas exaustivamente as diferentes possibilidades de passagem entre modos de funcionamento em comando manual e modos de funcionamento automático, nos vários equipamentos e sistemas de potência. Esta fase dos testes prevê a utilização de facilidades da infra-estrutura de automação.</p>

Co 22 – Montagem de motores eléctricos e accionamentos

A montagem de motores eléctricos e accionamentos deve ser executada de acordo com um conjunto de requisitos de modo a garantir-se um funcionamento satisfatório e seguro.

Os motores eléctricos de potência superior a 100 kW devem ser sujeitos, por amostragem, a ensaios normalizados de fábrica e/ou de recepção que incluam medição de resistências de isolamento, de correntes com rotor em vazio e bloqueado, de rendimento, de factor de potência nominal, de binário, de vibração e de ruído em condições nominais.

Na montagem de motores eléctricos têm de ser efectuados os indispensáveis alinhamentos entre o veio do motor e o veio do sistema accionado, de acordo com as boas regras técnicas e com as características dos órgãos de transmissão interpostos. Em máquinas de potência superior a 100 kW deve ser garantido, dentro das condições normais de funcionamento, que o nível de vibração não excede os valores aceitáveis segundo a norma ISO 10816-1: 1995. Quando os motores forem previstos para funcionar a velocidades significativamente superiores à nominal deve ser assegurada a equilibragem dinâmica do sistema rotativo para esses regimes de serviço.

Após a montagem dos motores e dos variadores electrónicos de velocidade associados, deve ser feita a parametrização preliminar destes últimos, ao que se devem seguir os ensaios de funcionamento pré-planeados dos quais resultará a parametrização definitiva.

Na fase subsequente deve ser feita a verificação exaustiva do funcionamento dos accionamentos controlados, variando a velocidade em toda a gama pretendida, de forma a detectar a possibilidade de ocorrência de ressonâncias estruturais, quer nos sistemas accionados quer em estruturas vizinhas. A registarem-se tais fenómenos, devem ser tomadas medidas no sentido de os não activar (por exemplo inibindo, nos respectivos variadores electrónicos, as faixas de velocidade que excitam essas ressonâncias) e/ou de os impedir ou atenuar (por exemplo, alterando certas partes ou componentes dos sistemas onde as ressonâncias se manifestam).

Os motores eléctricos que careçam de manutenção preventiva devem ter chapas sinaléticas indeléveis e bem visíveis, com indicações claras quanto a essas operações, designadamente, quanto aos produtos a usar e à periodicidade. Este preceito deve ser respeitado mesmo que exista um sistema informatizado de apoio à manutenção.

Nos accionamentos unidireccionais o sentido de rotação deve estar assinalado junto ao veio do motor.

Co 23 – Montagem da infra-estrutura de automação

A montagem da infra-estrutura de automação deve ser executada de modo a garantir-se um funcionamento satisfatório e seguro.

Na medida do possível, todos os equipamentos a instalar devem ser provenientes de fabricantes certificados. As operações de montagem dos equipamentos e instalações devem ser realizadas unicamente por pessoal técnico especializado, sob a supervisão de engenheiros responsáveis.

Co 24 – Montagem das instalações eléctricas de sinal

Na montagem das instalações eléctricas de sinal devem ser respeitados os requisitos exigidos para as instalações de energia aplicáveis a estas instalações.

Os cabos utilizados em circuitos eléctricos de comando e de sinal devem ter todos os condutores numerados. A construção das esteiras e caminhos para cabos de sinal terá de salvaguardar a protecção destes contra agentes externos, designadamente, acções mecânicas, térmicas e químicas, roedores, inundações e radiação. Nos caminhos metálicos de cabos deve ficar assegurada permanentemente a continuidade eléctrica entre todas as partes constituintes e a terra de protecção e de sinal.

Co 25 – Montagem da instrumentação
A montagem da instrumentação deve ser executada de acordo com um conjunto de requisitos de modo a garantir-se um funcionamento satisfatório e seguro.
Na montagem da instrumentação devem ser estritamente respeitadas as regras de boa prática e as recomendações do fabricante. Subsequentemente, deve ser executado um conjunto de testes, a fim de se comprovar que os objectivos definidos na fase de projecto foram atingidos.
Co 26 – Ensaios de recepção e comissionamento de equipamentos
Para efeitos de recepção e de comissionamento, cada equipamento deve ser objecto de ensaios apropriados.
Cada equipamento deve ser submetido a um conjunto de ensaios, previamente programados, a serem efectuados após a montagem e antecedendo a sua colocação em serviço, com o objectivo de, designadamente, avaliar as condições da sua montagem e verificar as suas características efectivas de desempenho. Esses ensaios devem ser realizados em conformidade com as condições especificadas pelo fabricante e também com as exigências do projecto.
Os ensaios definidos no projecto com vista ao comissionamento de cada equipamento devem ser efectuados com a participação directa dos fabricantes ou dos seus representantes, nos termos acordados entre a entidade gestora e o adjudicatário.
Co 27 – Ensaios de recepção e comissionamento de instalações especiais
Para efeitos de recepção e, eventualmente, de comissionamento, cada instalação especial deve ser objecto de ensaios apropriados.
No caso de instalações especiais para as quais o projecto preveja comissionamento, os ensaios definidos no projecto com este fim devem ser efectuados com a participação directa da entidade gestora e dos fabricantes ou dos seus representantes, nos termos acordados entre a entidade gestora e o adjudicatário.
Co 28 – Entrada em serviço do sistema
A entidade gestora deve proceder à verificação de aspectos funcionais e de protecção do ambiente antes da entrada em serviço do sistema.
A entrada em serviço do sistema deve ser sempre precedida da verificação, pela entidade gestora, dos aspectos funcionais de saúde pública e de protecção do ambiente.
Co 29 – Verificação das telas finais e actualização do cadastro
A entidade gestora deve proceder à verificação das telas finais e garantir que o cadastro é actualizado em conformidade.
Previamente à execução da obra, a entidade gestora deverá especificar ao empreiteiro os requisitos de execução das telas finais, incluindo informação a incluir, escala, código de cores, simbologia e outras convenções e formato de entrega.
A entidade gestora deve dispor e garantir a implementação de procedimentos de actualização do cadastro a partir das telas finais, de modo fiável e rápido.

ANEXO III – INDICADORES DE DESEMPENHO PARA APOIO À REABILITAÇÃO RECOMENDADOS NO SISTEMA CARE-S

Indicadores de desempenho operacionais	Unidades	ID IWA
LIMPEZA DE COLECTORES		
sOp1 – Limpeza de colectores	(%/ano)	wOp2
REABILITAÇÃO DE COLECTORES		
sOp2 – Reabilitação de colectores	(%/ano)	wOp21
sOp3 – Renovação de colectores	(%/ano)	wOp22
sOp4 – Substituição de colectores	(%/ano)	wOp23
sOp5 – Substituição, reconstrução, renovação ou reparação de câmaras de visita	(%/ano)	wOp25
sOp6 – Reabilitação de ramais de ligação	(%/ano)	wOp27
INFILTRAÇÃO/EXFILTRAÇÃO E LIGAÇÕES INDEVIDAS		
sOp7 – Infiltração/Exfiltração e Ligações Indevidas (I/I/E)	(%)	wOp30
sOp8 – Ligações indevidas	(m³/km/ano)	wOp31
sOp9 – Infiltração	(m³/km/ano)	wOp32
sOp10 – Exfiltração	(m³/km/ano)	wOp33
FALHAS NO FUNCIONAMENTO		
sOp11 – Obstruções em colectores	(n.º/100 km colector/ano)	wOp34
sOp12 – Locais de obstrução em colectores	(n.º/100 km colector/ano)	wOp35
sOp13 – Locais com repetição de obstrução em colectores	(n.º/100 km colector/ano)	-
sOp14 – Obstruções em instalações elevatórias	(n.º/100 km colector/ano)	wOp36
sOp15a – Inundações provenientes de redes de águas residuais domésticas	(n.º/100 km colector/ano)	-
sOp15b – Inundações provenientes de redes de águas residuais unitárias	(n.º/100 km colector/ano)	-
sOp16a – Locais com inundações provenientes de redes de águas residuais domésticas	(n.º/100 km colector/ano)	-
sOp16b – Locais com inundações provenientes de redes de águas residuais unitárias	(n.º/100 km colector/ano)	-
sOp17a – Locais com repetição de inundações provenientes de redes de águas residuais domésticas	(n.º/100 km colector/ano)	-
sOp17b – Locais com repetição de inundações provenientes de redes de águas residuais unitárias	(n.º/100 km colector/ano)	-
sOp18 – Inundações de escorrências superficiais	(n.º/100 km colector/ano)	wOp39
sOp19 – Colapsos estruturais	(n.º/100 km colector/ano)	wOp40

Indicadores de qualidade de serviço	Unidades	ID IWA
INUNDAÇÕES		
sQS1a – Inundação de fogos com origem em rede separativa de águas residuais domésticas em tempo seco	(n.º/1000 fogos/ano)	-
sQS1b – Inundação de fogos com origem em rede unitária de águas residuais em tempo seco	(n.º/1000 fogos/ano)	-
sQS2a – Inundação de fogos com origem em rede separativa de águas residuais domésticas em tempo de chuva	(n.º/1000 fogos/ano)	-
sQS2b – Inundação de fogos com origem em rede unitária de águas residuais em tempo de chuva	(n.º/1000 fogos/ano)	-
sQS3- Inundação de fogos por água de escorrência pluvial	(n.º/1000 fogos/ano)	wQS14
INTERRUPÇÕES DO SERVIÇO		
sQS4 – Interrupções do serviço de drenagem	(%)	wQS15
RECLAMAÇÕES		
sQS5 – Reclamações originadas por obstruções	(n.º/1000 habitantes/ano)	wQS20
sQS6 – Reclamações sobre inundações	(n.º/1000 habitantes/ano)	wQS21
sQS7 – Reclamações sobre acidentes de poluição imputáveis ao funcionamento do sistema	(n.º/1000 habitantes/ano)	wQS22
sQS8 – Reclamações sobre odores	(n.º/1000 habitantes/ano)	wQS23

Indicadores económico-financeiros	Unidades	ID IWA
CUSTOS		
(*) sFi1 – Custo unitário total por comprimento de colector	(€/km colector)	wFi6
(*) sFi2 – custos unitários correntes por comprimento de colector	(€/km colector)	wFi8
(*) sFi3 – custos unitários correntes de manutenção, limpeza e reparação por comprimento de colector	(€/km colector)	-
INVESTIMENTO		
(*) sFi4 – Investimento unitário	(€/km colector)	wFi27
sFi5 – investimento para construção de sistemas ou reforço dos existentes	(%)	wFi28
sFi6 – investimento para substituição e renovação de infra-estruturas existentes	(%)	wFi29

(*) Nota: se estes custos se referem a habitantes, este indicador deve ser expresso em €/habitante/ano.

Indicadores ambientais	Unidades	ID IWA
ÁGUAS RESIDUAIS		
sEn1 – Frequência de descargas de tempestade	(n.º/ descarregador/ ano)	wEn3
sEn2 – Volume de descargas de tempestade	(m³/ descarregador/ ano)	wEn4
sEn3 – Duração de descargas de tempestade	(horas/ descarregador)	-
sEn4 – Volume de descargas de tempestade originadas por precipitação	(%)	wEn5
SEDIMENTOS		
sEn5 – Remoção de sedimentos de colectores	(ton/km colector/ano)	wEn12

Indicadores de desempenho infra-estruturais	Unidades	ID IWA
COLECTORES		
sPh1 – Entrada em carga de colectores em tempo seco	(%)	wPh5
sPh2 – Entrada em carga de colectores em tempo de chuva	(%)	wPh6
sPh3 – Entrada em carga significativa de colectores (nível de água pelo menos 0,5 m acima do topo do colector)	(%)	wPh7

Os indicadores são identificados pelo código do sistema de indicadores CARE-S. Inclui-se, ainda, o código a que corresponde o indicador no âmbito do painel de indicadores da IWA que lhes deu origem.

ANEXO IV – ABREVIATURAS DE MATERIAIS

Abreviaturas usadas nas referências aos materiais

Sigla	Material
PRFV (<i>GRP</i>)	Plástico reforçado com fibra de vidro (<i>Glassfibre reinforced plastic</i>)
BRFV (<i>GRC</i>)	Betão reforçado com fibra de vidro (<i>Glassfibre reinforced concrete</i>)
BRP (<i>PRC</i>)	Betão com resinas de poliéster (<i>Polyester resin concrete</i>)
AC	Aço (<i>Steel</i>)
AP (<i>SM</i>)	Alvenaria de pedra (<i>Stone masonry</i>)
AT (<i>BM</i>)	Alvenaria de tijolo (<i>Brick masonry</i>)
BA (<i>RC</i>)	Betão armado (<i>Reinforced concrete</i>)
BS (<i>Concrete</i>)	Betão simples (<i>concrete</i>)
BP (<i>PC</i>)	Betão com polímeros (<i>Polymerised concrete</i>)
BFA (<i>SFC</i>)	Betão com fibras de aço (<i>Steel fibre concrete</i>)
EP (<i>EP</i>)	Epoxy (<i>Epoxy</i>)
FC (<i>FC</i>)	Fibrocimento (<i>Fibercement</i>)
FF (<i>CI</i>)	Ferro fundido (<i>Cast iron</i>)
FFD (<i>DCI</i>)	Ferro fundido dútil (<i>Ductile cast iron</i>)
GR (<i>VC</i>)	Grés cerâmico (<i>Vitrified clay</i>)
PE (<i>PE</i>)	Polietileno (<i>Polyethylene</i>)
PEAD (<i>HDPE</i>)	Polietileno de alta densidade (<i>High density polyethylene</i>)
PEBD (<i>LDPE</i>)	Polietileno de baixa densidade (<i>Low density polyethylene</i>)
PE-X (<i>PE-X</i>)	Polietileno reticulado (<i>Crosslinked polyethylene</i>)
PP (<i>PP</i>)	Polipropileno (<i>Polypropylene</i>)
PRFV (<i>GRP</i>)	Poliéster reforçado com fibra de vidro (<i>Glass Reinforced Polyester</i>)
PRP (<i>PRP</i>)	Polietileno reforçado com poliéster (<i>Polyester Reinforced Polyethylene</i>)
PU (<i>PU</i>)	Poliuretano (<i>Polyurethane</i>)
PVC (<i>PVC</i>)	Policloreto de vinilo (<i>Polyvinylchloride</i>)
PVCC (<i>CPVC</i>)	Policloreto de vinilo clorado (<i>Chlorinated Polyvinylchloride</i>)
PVC-U (<i>UPVC</i>)	PVC não plastificado (<i>Unplasticised PVC</i>)
RP (<i>UP</i>)	Resina de poliéster (<i>Polyester resin</i>)

Gestão patrimonial de infra-estruturas de águas residuais e pluviais

A gestão patrimonial de infra-estruturas, entendida como a gestão estratégica e sustentável das infra-estruturas existentes, deve ser desenvolvida de forma integrada, incluindo as diferentes actividades de exploração dos sistemas urbanos de águas, bem como as de reabilitação e de expansão. Esta abordagem é indispensável para assegurar o cumprimento dos níveis de serviço, através da adopção de uma estratégia de investimentos e de custos operacionais adequados, face aos objectivos estabelecidos.

A sua importância é reconhecida na legislação do sector, nomeadamente no Decreto-Lei n.º 194/2009, de 20 de Agosto, que determina que as entidades gestoras dos serviços de águas devem dispor de informação sobre a situação actual e futura das infra-estruturas, a sua caracterização e a avaliação do seu estado funcional e de conservação. As entidades gestoras que sirvam mais de 30 mil habitantes devem, ainda, promover e manter um sistema de gestão patrimonial de infra-estruturas.

Por esta razão, a ERSAR e o LNEC decidiram publicar o presente Guia Técnico relativo a infra-estruturas de águas residuais e pluviais, com o objectivo de apoiar as entidades gestoras na implementação de metodologias de gestão patrimonial de infra-estruturas, num processo de melhoria contínua, no sentido da sua consolidação e sofisticação.



Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos

Centro Empresarial Torres de Lisboa
Rua Tomás da Fonseca, Torre G, 8.º andar - 1600-209 LISBOA