



METODOLOGIA PARA A ELABORAÇÃO DE UM PLANO DE REABILITAÇÃO DE SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA APLICADA AO SISTEMA DE VILA FRANCA DE XIRA

Maria Raquel N.L. BORDA D'ÁGUA⁽¹⁾, Dídía I. C. COVAS⁽²⁾, Helena ALEGRE⁽³⁾

Resumo

O presente trabalho de investigação tem por objectivo o desenvolvimento e a aplicação de uma proposta de metodologia para a elaboração de um plano de reabilitação de sistemas de abastecimento de água. A metodologia encontra-se estruturada em quatro níveis e sete fases de actuação, partindo da macro-escala do concelho até ao pormenor do componente ou sector de rede do sistema a reabilitar. A sua aplicação assenta no cálculo de um conjunto de indicadores de desempenho relevantes no contexto da reabilitação, que permitem efectuar um primeiro diagnóstico do sistema à macro-escala do sector, e numa análise multicritério efectuada numa fase posterior para o estabelecimento de prioridades de intervenção.

A comunicação inicia-se com a apresentação do enquadramento e da importância do problema da reabilitação de sistemas de abastecimento de água. Apresenta-se o caso de estudo – o sistema de abastecimento de água gerido pelos Serviços Municipalizados de Água e Saneamento de Vila Franca de Xira - onde se inclui a descrição das infra-estruturas existentes no concelho e a caracterização das solicitações. Apresenta-se a proposta de metodologia para o desenvolvimento do plano de reabilitação, com a descrição dos diferentes níveis de actuação, fases de desenvolvimento e acções implementar. Segue-se a aplicação da metodologia ao caso de estudo. Finalmente, apresenta-se a síntese do trabalho, as conclusões e as recomendações para a aplicação da metodologia.

Palavras-chave: reabilitação, abastecimento de água, indicadores de desempenho, gestão patrimonial de infra-estruturas, plano de reabilitação

¹ Engenheira Civil, Mestre em Hidráulica e Recursos Hídricos, Engenheira da Divisão de Gestão de Infra-estruturas de Abastecimento de Água, Serviços Municipalizados de Água e Saneamento de Vila Franca de Xira, Av. Pedro Victor, 2600-001, Vila Franca de Xira, Portugal, raquelba@sapo.pt

² Engenheira Civil, Doutorada em Engenharia Civil e Ambiente, Professora Auxiliar, Departamento de Engenharia Civil e Arquitectura, Instituto Superior Técnico, Av. Rovisco Pais, 1049-001 Lisboa, Portugal, didia.covas@civil.ist.utl.pt; didia.covas@gmail.com

³ Engenheira Civil, Doutorada em Engenharia, Investigadora Principal Habilitada do Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Núcleo de Engenharia Sanitária, Departamento de Hidráulica e Ambiente, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Av. Brasil, 101, 1700-066, Lisboa, Portugal, halegre@lnec.pt



1. INTRODUÇÃO

Em Portugal, embora a generalidade das redes seja mais recente, a situação resultante do uso de materiais de menor durabilidade é semelhante. Os serviços de abastecimento de água têm de tomar decisões de forma a manter um aceitável padrão de serviço. Dados os avultados investimentos em jogo, é necessário fundamentar bem as decisões sobre “quanto”, “onde”, “quando” e “como” reabilitar as redes de distribuição, com base em critérios técnicos, funcionais e económicos. Estas decisões são dificultadas pelo facto de se tratar de infra-estruturas enterradas que não podem ser facilmente inspeccionadas, pelo que é necessário recorrer a métodos indirectos de diagnóstico do seu estado de conservação.

Muitas vezes, os engenheiros e gestores têm de tomar uma série de decisões baseados em informação vaga, incompleta e desactualizada dos seus sistemas constituídos por infra-estruturas (condutas) enterradas. Gradualmente, as entidades gestoras estão a evitar seguir estratégias de reabilitação reactivas (baseadas em reparações apenas após a ocorrência de roturas) e que raramente envolvem algum planeamento a curto ou longo prazo, e a procurar políticas baseadas em modelos de previsão e comparação de diferentes estratégias de reabilitação, de forma a garantir a sustentabilidade económica dos seus sistemas a longo prazo (Covas, 2006).

Existem diversos modelos conceptuais e operacionais (software) de apoio à decisão na reabilitação de sistemas de abastecimento de água desenvolvidos a nível internacional, como por exemplo o CARE-W (Alegre *et al.*, 2002; Conroy *et al.*, 2002; Alegre *et al.*, 2003, 2004); estes modelos, conceptualmente robustos e bem estruturados, constituíram um passo em frente no domínio da reabilitação, restando agora adaptá-los à realidade Portuguesa e simplificá-los para que possam ser aplicados aos dados disponíveis nas entidades gestoras nacionais (Covas, 2006).

A gestão patrimonial de infra-estruturas (GPI) é uma estratégia a adoptar pelas entidades gestoras que procura equilibrar desempenho, custo e risco ao longo da vida das obras. Requer intervenção coordenada aos níveis estratégicos, tático e operacional. Requer a existência de competências em quatro pilares fundamentais: gestão, engenharia, informação e ciências sociais (economia, sociologia da organização, comunicação) (Alegre, 2006; 2007). A GPI dos sistemas de abastecimento de água tem vindo a revelar-se de grande importância, em Portugal, dado que, nos últimos anos, tem-se investido muito em novas infra-estruturas, por forma a usufruir dos apoios estruturais no âmbito do PEAASAR I e PEAASAR II.

Actualmente, não existe uma forma metodológica de abordar a situação que possibilite a quem trabalha na entidade, propor metas e objectivos a atingir a médio ou a longo prazo. O objectivo deste trabalho consiste no desenvolvimento de uma abordagem sistematizada para a elaboração de um plano de reabilitação, mais adequada aos sistemas de abastecimento portugueses (Borda d'Água, 2008). Apresenta-se a proposta de metodologia para o desenvolvimento do plano de reabilitação, com a descrição dos níveis de actuação, fases de desenvolvimento e acções implementar. Procedem-se à aplicação da metodologia a um caso de estudo e discutem-se as dificuldades de aplicação da mesma no sistema em causa.



2. SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE VILA FRANCA DE XIRA

O concelho de Vila Franca de Xira ocupa um território com uma superfície de área 31 767,65 ha, dos quais 19 456,10 ha são lezíria, sendo constituído por onze freguesias. É atravessado pelo rio Tejo que divide o concelho em duas zonas distintas (Figura 1): a *zona oriental*, plana, constituída por lezírias e mouchões, e a *zona ocidental*, caracterizada por aglomerados rurais e urbanos.

A *zona ocidental* apresenta duas sub-zonas distintas: a faixa a litoral do Tejo, onde se concentram as principais indústrias e os maiores núcleos urbanos, e o interior, zona mais acidentada, onde se encontram alguns lugares e onde predomina a agricultura de pequena propriedade. É na faixa litoral, espaço urbano-industrial, que se localizam os corredores das grandes infra-estruturas de serviço à Área Metropolitana de Lisboa, condicionantes de execução de grandes infra-estruturas no concelho: os aquedutos e as condutas adutoras da EPAL à Grande Lisboa (*i.e.*, aqueduto do Alviela, aqueduto do Tejo, adutor de Telheiras e adutor de Circunvalação); as condutas de abastecimento de gás; as linhas aéreas de alta e média tensão; a estrada nacional EN 10 e a auto-estrada A1 (Figura 1a); e a linha de caminho de ferro do Norte.

O abastecimento de água ao Concelho de Vila Franca de Xira iniciou-se nos anos 30 com a distribuição de água à sede do Concelho através de marcos fontanários. Mais tarde, em 1947, já existiam 211 consumidores domésticos e industriais/comerciais. Em 1960, são criados os SMA (Serviços Municipalizados de Água), que com a integração do saneamento, em 1982, passaram a sua denominação para SMAS (Serviços Municipalizados de Água e Saneamento).



Figura 1 – Concelho de Vila Franca de Xira: (a) Vista da cidade (Câmara Municipal de Vila Franca de Xira, 1998); (b) sistema de abastecimento de água e divisão actual por sectores.

Em resultado do esforço efectuado no sentido de cobrir o Concelho com as infra-estruturas de abastecimento de água e de saneamento básico, passa-se duma cobertura, no que respeita a abastecimento de água, da ordem dos 64% em 1974, para 98% em 1981 faltando apenas chegar a aglomerados com menos de 20 pessoas e a alguns núcleos clandestinos entretanto controlados e em execução.



Relativamente às outras infra-estruturas de saneamento básico e recolha e tratamento de resíduos sólidos urbanos, a situação no Concelho é idêntica à do abastecimento de água em termos de evolução, atingindo, em 1981, uma cobertura de 95% para o saneamento e 98% para a recolha de resíduos sólidos (Matos, 1997).

Mais tarde, o número de consumidores passa de 52 000, em 1997, para 67 000, em 2006, sendo actualmente a cobertura do Concelho de Vila Franca de Xira, em termos de abastecimento de água domiciliária e para as indústrias de cerca de 100%. Neste momento, a grande preocupação dos SMAS prende-se com a exploração (i.e., operação e manutenção) e a reabilitação dos sistemas existentes.

Atendendo à sua localização e forma alongada, o concelho é atravessado no sentido longitudinal, pelas infra-estruturas principais de abastecimento de água a Lisboa, o que condicionou a estrutura do abastecimento ao concelho: execução de pontos de entrega junto de cada aglomerado. Existem 21 pontos de entrega a partir das linhas de adução da EPAL, S.A. à zona da Grande Lisboa (i.e., os aquedutos Alviela e Tejo, e os adutores de Telheiras e de Circunvalação) e 3 pontos de entrega com origem nas captações da EPAL, S.A., nas lezírias do Tejo.

Os pontos de entrega distribuem-se pelo concelho dando origem a diferentes os subsistemas. Actualmente, o sistema divide-se em sete sectores, ordenados de sul para norte do Sector 1 até ao Sector 7 (cf. Figura 1b), que por si só ou em conjunto, garantem o abastecimento de água à totalidade do concelho, fornecendo ainda água aos concelhos limítrofes de Arruda dos Vinhos e de Loures.

Apesar do esforço de reabilitação, existe ainda uma parte da rede de distribuição em fibrocimento. Actualmente, os materiais utilizados são o polietileno de alta densidade (PEAD) e o policloreto de vinilo (PVC) para condutas distribuidoras (tipicamente com diâmetros inferiores a 250 mm) e o FFD para condutas adutoras gravíticas ou elevatórias (em geral, com diâmetros superiores ou iguais a 250 mm).

3. METODOLOGIA CONCEPTUAL

O desenvolvimento da presente metodologia consistiu na sistematização das diferentes partes que constituem o plano de reabilitação de um sistema de abastecimento de água, nomeadamente níveis de actuação, fases do plano e acções a implementar. A concepção da metodologia passou pela definição de diferentes escalas que permitam fazer uma triagem da profundidade de actuação nos diferentes níveis de decisão.

3.1. Estrutura da metodologia – Níveis de actuação

A metodologia proposta assenta em quatro níveis de decisão, partindo de um Nível 1 aplicável à globalidade do sistema de abastecimento, geral do sistema da entidade gestora (e.g., concelho), passando pelo Nível 2 associado à análise do sistema/sector e à particularização do componente a reabilitar, e pelo Nível 3 relativo à implementação, e terminando no Nível 4, referente à avaliação dos resultados de implementação do plano:

- à macro-escala do sistema

Nível 1 – Análise
(*direcção*)



- à micro-escala do sub-sistema/sector
- Implementação do plano
- Avaliação dos resultados

Nível 2 – Análise
(localização)

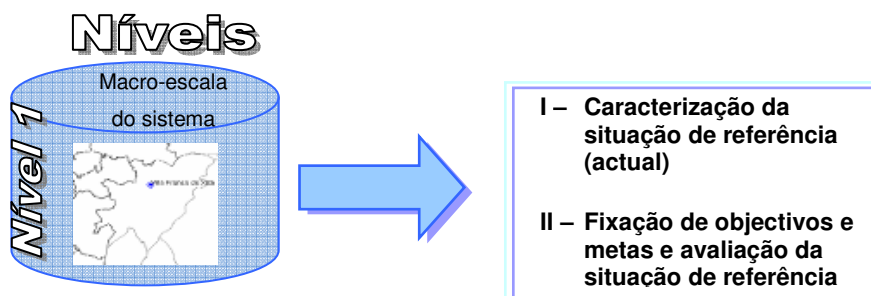
Nível 3 –
(implementação)

Nível 4 –
(avaliação)

A especificidade de cada nível permite definir a direcção, depois a localização do sector de rede ou do componente a reabilitar, a hierarquização de prioridades, a forma de implementação da intervenção a respectiva calendarização e, finalmente, proceder à avaliação da eficácia do plano de reabilitação, procedendo à sua monitorização, avaliação e revisão (*cf.*

Figura 2).

O plano de reabilitação consiste no desenvolvimento dos Níveis 1 e 2, no Nível 3 procede-se à implementação do plano e no Nível 4 à avaliação dos resultados da aplicação do plano. Apesar do planeamento de qualquer actividade incluir os níveis estratégico, tático e operacional, o plano de reabilitação tal como abordado neste trabalho, trata-se de um *plano de tático* com definição de táticas de reabilitação e com o estabelecimento de linhas orientadoras para a elaboração de planos operacionais.



Fases

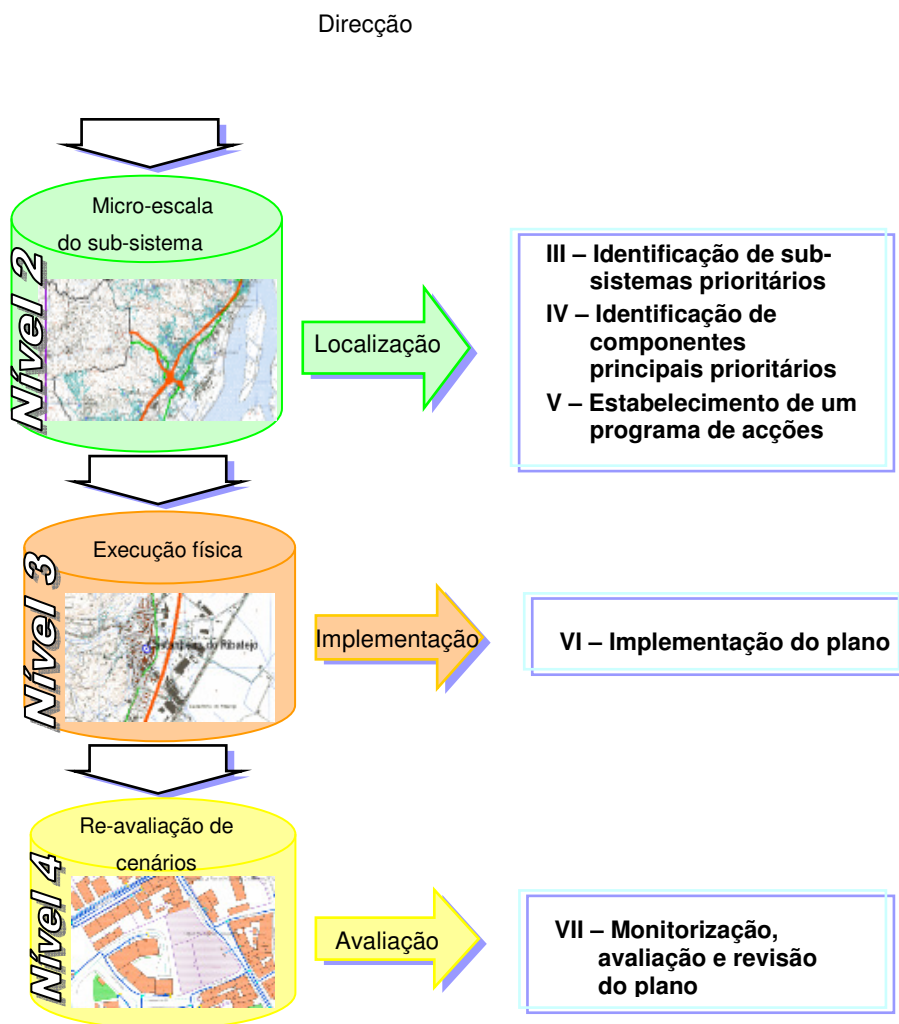


Figura 2 – Diferentes níveis e fases de actuação da metodologia operacional proposta para a reabilitação de sistemas de abastecimento de água

3.2. Fases/Etapas e acções a implementar

A metodologia proposta, organizada em quatro níveis, foi estruturada nas fases apresentadas nos parágrafos seguintes (*cf.*

Figura 2). Em cada uma das fases são definidas as várias acções que permitem recolher informação sobre cada sub-sistema, monitorizar e analisar se o seu desempenho pode ser melhorado.

Fase I – Caracterização da situação de referência (actual) (Nível1)

Para efectuar o diagnóstico do sistema é necessário conhecê-lo, sistematizando a informação existente e procedendo à sua caracterização ao nível dos diferentes sub-sistemas. Estes sub-sistemas deverão ser definidos com base nas origens de água (*i.e.*, pontos de entrega ou captações próprias), nos reservatórios existentes ou



patamares de pressão (válvulas redutoras de pressão), na topologia da rede e no número de consumidores. Através da comparação destas características entre os vários sectores é possível obter uma imagem da realidade do sistema de abastecimento de água.

Fase II – Fixação de objectivos e metas e avaliação da situação de referência (Nível 1)

Após a caracterização da situação de referência, a qual permite efectuar o levantamento de todas as características físicas dos sub-sistemas, dos dados de facturação, dos registos de avarias e dos custos de compra e de venda de água, é necessário definir os pontos de vista mais relevantes assim como os objectivos a atingir (objectivos táticos), as medidas para avaliação dos mesmos e as metas a alcançar em diferentes horizontes temporais (curto, médio e longo prazo). Deverá existir um plano estratégico a nível global da empresa, definido pelos gestores de topo da mesma (*i.e.*, a administração). Neste plano são definidas linhas orientadoras e objectivos estratégicos da organização a atingir a médio/longo prazo (*e.g.*, 10 a 25 anos). Para uma entidade gestora de um sistema de abastecimento de água, os objectivos estratégicos globais da empresa são os seguintes (ISO 24512: 2007) :

- (i) protecção da saúde pública;
- (ii) satisfação das necessidades e expectativas dos utilizadores do serviço;
- (iii) fornecimento do serviço em condições normais e de emergência;
- (iv) sustentabilidade da entidade gestora;
- (v) promover o desenvolvimento sustentável da comunidade;
- (vi) protecção do meio ambiente.

Na presente metodologia, os objectivos globais da entidade gestora foram organizados segundo pontos de vista, à luz do que foi efectuado no estudo desenvolvido por Alegre *et al.* (2006):

- quantidade e pressão de serviço;
- fiabilidade (falhas que provocam perturbações a consumidores e a terceiros);
- perdas reais e aparentes;
- operação e manutenção;
- aspectos económico-financeiros;
- aspectos ambientais.

Para cada ponto de vista, foram definidos objectivos táticos no contexto da reabilitação, nomeadamente:

- garantir abastecimento em situação normal e de incêndio;
- melhoria da fiabilidade das condutas e ramais;
- melhoria da fiabilidade do sistema (redundância);
- controlo de perdas reais;
- controlo de perdas aparentes;
- controlo da água consumida não medida;
- melhoria da operação e manutenção dos componentes do sistema;
- optimização do custo da água;
- melhoria da sustentabilidade económica da empresa;
- utilização eficiente de recursos hídricos e energéticos



Para além dos objectivos anteriormente apresentados, estabeleceram-se mais três objectivos táticos associados à gestão global da organização e a nenhum ponto de vista em particular:

- melhorar a gestão de informação;
- melhorar a operação do sistema;
- melhorar a qualidade da construção.

Os objectivos táticos são definidos a um nível intermédio (sectorial) com indicação do que fazer para atingir os objectivos estratégicos propostos. Por fim, estabelecem-se os objectivos operacionais, que estão directamente relacionados com as acções a implementar para a reabilitação de condutas (Ambio *et al.*, 2007).

Os níveis de intervenção partem de objectivos gerais e do conhecimento de informação genéricas e, através de um aumento do grau de detalhe e especificidade da informação, atingem o alvo que se propõe corrigir ou melhorar.

Tendo por base o conjunto de indicadores de desempenho (ID) proposto pela IWA (Alegre *et al.*, 2004), seleccionaram-se os indicadores que se consideram mais relevantes no contexto da reabilitação. Os indicadores seleccionados são os seguintes: operacionais (Op2, Op3, Op16, Op20, Op25, Op26, Op27, Op28, Op29, Op31, Op32, Op39), qualidade de serviço (QS28, QS29, QS31), económico-financeiro (Fi25, Fi27, Fi46, Fi47), recursos hídricos e energéticos (Ph5, WR1).

Para avaliar a situação actual de cada subsistema em termos do cumprimento dos objectivos táticos e monitorizar a sua evolução no tempo, recorrem-se a medidas de avaliação de desempenho. Estas medidas podem tomar várias formas: indicadores, índices ou níveis de desempenho (Alegre *et al.*, 2007). No presente caso, adoptaram-se, apenas, como medidas de desempenho os indicadores IWA mais importantes no contexto da reabilitação. Associado a cada objectivo tático procedeu-se à selecção de um conjunto de indicadores que o permitem avaliar. Para cada indicador de desempenho, deverão ser estabelecidos intervalos de referência que permitam a sua avaliação em “bom”, “satisfatório” ou “mau” desempenho.

Fase III – Identificação de sub-sistemas prioritários (Nível 2)

Na Fase II, procedeu-se ao estabelecimento de objectivos, medidas de avaliação e metas com as características do sistema levantadas na Fase I. Na presente fase (Fase III), procede-se à identificação dos sub-sistemas ou componentes principais prioritários e à hierarquização das prioridades com base nos resultados da avaliação de desempenho.

Fase IV – Identificação de componentes individuais prioritários (Nível 2)

Observação e inspecção do sistema

Uma vez identificados os sub-sistemas prioritários com base nos valores dos indicadores de desempenho, é necessário definir quais os componentes a reabilitar dentro de cada sub-sistema. Neste contexto, estabeleceram-se um conjunto de critérios que têm como objectivo produzir alertas dentro dos sub-sistemas e, assim,



identificar o componente que requer intervenção mais urgente e estabelecer prioridades. A identificação dos componentes prioritários tem por base:

- (i) *observação directa* do sistema;
- (ii) *observação indirecta* do sistema;
- (iii) *imperativos externos* (obras noutras infra-estruturas ou decisões políticas).

Para a prática sistemática de *observação directa*, é necessário o estabelecimento de rotinas de inspecção e observação do sistema de forma a efectuar um primeiro diagnóstico dos problemas nos seus diferentes componentes. Estas rotinas deverão debruçar-se em componentes principais ou em pontos notáveis, como por exemplo reservatórios, condutas elevatórias e os órgãos de controlo e segurança (*i.e.*, válvulas redutoras de pressão ou ventosas). Por sua vez, a observação depende do tipo de componente, devendo ser efectuada com base em campanhas de inspecção periódica e no preenchimento de registos informativos (*e.g.*, fichas).

Enquanto que, na *observação directa* o estado de conservação do componente é visível e identificável o tipo de intervenção a efectuar para melhorar o seu desempenho, na *observação indirecta* isto já não acontece: uma rede que não aparente ter problemas, pode ocultar fugas ou outro tipo de patologias que só são diagnosticáveis quando observados os registos de ocorrências ou as leituras de caudais e pressões.

No caso da reabilitação motivada por *imperativos externos*, a reabilitação é praticamente compulsiva, e pode ter origem em duas causas incontornáveis, que são, obras noutras infra-estruturas ou decisões políticas. As obras noutras infra-estruturas impõem que a rede de abastecimento seja substituída porque o sub-solo se encontra, muitas vezes, saturado com diferentes infra-estruturas, sendo muito difícil efectuar obras nestas redes (*i.e.*, esgotos, gás, telecomunicações, EDP) sem danificar a rede de abastecimento de água existente. Estas obras de reabilitação podem, por vezes, inviabilizar as intervenções relativas à necessidade de reabilitação pois uma entidade gestora dificilmente tem verba para fazer face a um volume elevado de obras.

Identificação de prioridades com base numa análise multicritério

É necessário proceder à avaliação e ao estabelecimento de alertas de necessidades de reabilitação. Para este efeito, propõe-se a realização de uma análise múlticritério aplicada a cada componente individual ou sector de rede que permita identificar as prioridades. Esta análise pode ser sintetizada nos seguintes passos principais:

- (i) definição do componente individual ou unidade elementar a avaliar;
- (ii) estabelecimento de critérios de avaliação e dos respectivos pesos;
- (iii) avaliação de cada componente ou unidade elementar.

Os critérios de avaliação foram estruturados tendo como base três factores: a vida útil do componente; a operação e manutenção; a importância do componente definido pela sua área de influência ou dimensão.

Um dos componentes individuais a avaliar é o reservatório constituído por uma ou mais células com todas as infra-estruturas e equipamentos associados. Os reservatórios são considerados pontos notáveis do sistema de abastecimento e



poderão facilitar a resolução de problemas de perdas ou, de qualidade da água, no caso de se encontrarem em mau estado de conservação. A necessidade de reabilitação deverá ser avaliada, numa primeira fase, com base nos critérios: idade; estado de conservação; capacidade (cf. Quadro 1). Como alternativa ao critério da capacidade poderá ser utilizado o número de consumidores na sua área de influência. A classificação de cada critério é atribuída com base numa pontuação, por exemplo, de 1 a 3. A cada critério devem ser atribuídos diferentes pesos que deverão reflectir a importância do mesmo na decisão. A soma dos pesos deverá totalizar 100%. Os valores dos diferentes pesos atribuídos a cada critério resultam da importância que atribuída a cada critério. Estes pesos têm um carácter subjectivo e podem ser alterados de acordo com a política da entidade gestora.

Quadro 1 – Exemplo de critérios e pesos para a avaliação de reservatórios

Factor	Critério	Pontuação			Peso do critério
		1	2	3	
Vida útil	Idade	< 5	5 -20	>20	20 %
Operação e manutenção	Estado de conservação	Bom	Satisfatório	Mau	50 %
Área de influência	Capacidade (m³)	< 500	500 – 1000	> 1000	30 %
Total					100 %

A avaliação do componente deverá ter em conta o valor de cada critério e a respectiva ponderação na decisão, pelo que se propõe o cálculo do seguinte índice:

$$NR_j = \sum_{i=1}^{N_c} P_i * W_i \quad (1)$$

Sendo NR_j = indicador da necessidade de reabilitação do componente j ; P_i = pontuação do critério i (1, 2, 3); W_i = peso do critério i ; N_c = número total de critérios para a avaliação do componente.

Hierarquização de prioridades por componente (em termos técnicos)

Após a sobreposição das várias necessidades e interesses é efectuada uma hierarquização a diferentes escalas de prioridades e identificadas as áreas do sistema a intervir e os componentes a reabilitar, tendo em conta:

- a condição e a importância do componente com base na análise multicritério (indicador necessidade de reabilitação, NR_j)
- as prioridades internas (PI) dos serviços devidas a reclamações ou a expansões futuras (obras prioritárias);
- as prioridades externas (PE) devidas a obras em infra-estruturas adjacentes.

A interpretação que é feita a partir dos resultados da aplicação dos indicadores de desempenho e da análise multicritério dos vários componentes do sistema permite identificar obras ou componentes prioritários. Entendem-se como obras ou componentes prioritárias de reabilitação, aquelas associadas a indicadores com



necessidade de reabilitação mais elevadas e que possam conduzir a um pior desempenho dos sub-sistemas e que requerem intervenções a curto e médio prazo.

Por forma a incorporar não só a necessidade de reabilitação do componente como também as prioridades internas e externas, propõe-se o cálculo do índice de prioridade de reabilitação à luz do proposto por Barata *et al.* (2007). A fórmula seguinte representa a prioridade de reabilitação de cada componente individual:

$$PR_j = NR_j * W_{NR} + PI_j * W_{PI} + PE_j * W_{PE} \quad (2)$$

Sendo NR_j = indicador da necessidade de reabilitação do componente j ; PI_j = indicador de prioridade interna do componente j ; PE_j = indicador de prioridade externa do componente j (prioridade baixa=1, média=2 e elevada=3); W_{NR} = ponderação de necessidade de reabilitação (%); W_{PI} = ponderação de prioridade interna (%); W_{PE} = ponderação do critério de prioridade externa (%).

Fase V – Estabelecimento de um programa de acções (Nível 2)

Após identificação dos principais componentes ou partes do sistema com necessidade de intervenção quer pela sua condição infra-estrutural quer por imposições externas, é necessário efectuar um planeamento a curto e a médio prazo. A Fase V inicia-se com o estabelecimento de um programa de acções que garantam os objectivos de serviço inicialmente fixados para o sistema de abastecimento. Este programa divide-se em dois tipos de acções:

- *acções globais* que afectam o funcionamento de todo o sistema;
- *acções específicas* em componentes ou em partes dos sectores prioritários.

As *acções específicas* fecham o ciclo da reabilitação, pois chega-se ao componente que, por não estar a funcionar nas melhores condições. As *acções específicas* resultam das intervenções prioritárias estabelecidas com base na análise multicritério. Estas lançam para a mesa de decisão um conjunto de prioridades de reabilitação a ser analisadas tendo em atenção o orçamento disponível.

Fase VI – Implementação do plano (Nível 3)

Na implementação física do plano na fase de obra, a informação à população é importante, pois para além de permitir a sua sensibilização para a natureza dos trabalhos, e alertar caso as intervenções requeiram a suspensão do abastecimento.

Fase VII – Monitorização, avaliação e revisão do plano (Nível 4)

A última etapa de um plano de reabilitação consiste na monitorização e avaliação dos resultados obtidos, bem como na revisão anual do plano, no que se refere aos objectivos e metas estabelecidos e resultados alcançados com a implementação do conjunto de acções para a sua implementação. Esta etapa permite avaliar a eficiência dos recursos afectados e a eficácia das acções, comparando a situação inicial com a final no período em análise.



4. APLICAÇÃO AO CASO DE ESTUDO

O caso de estudo da entidade gestora Serviços Municipalizados de Água e Saneamento de Vila Franca de Xira espelha, de certa forma, a realidade da actuação ao nível da reabilitação em sistemas de abastecimento de água de muitas entidades gestoras em Portugal. Será, então, utilizado como objecto de análise e de reflexão. As principais dificuldades sentidas passam pela compilação, integração, organização e actualização de toda a informação que surge diariamente, por se tratar de uma actividade que gere um sistema dinâmico e interactivo, em que cada acção ou decisão, origina sempre uma reacção ou consequência, que altera o sistema de abastecimento no seu global ou nos seus pontos notáveis.

4.1. Fase I – Caracterização da situação de referência (actual) (Nível 1)

O sistema de abastecimento de água ao Concelho de Vila Franca de Xira encontra-se dividido em sete sectores, que se organizam por freguesias e por pontos de entrega, ordenados no sentido sul-norte (Sector 1 a 7): **Sector 1** - Freguesia de Vialonga, Freguesia do Forte da Casa e Freguesia da Póvoa de Sta Iria; **Sector 2** – Freguesia de Alverca; **Sector 3** – Freguesia do Sobralinho, Freguesia de Alhandra, Freguesia de São João dos Montes; **Sector 4** – Freguesia de Vila Franca de Xira, Freguesia das Cachoeiras; **Sector 5** – Freguesia da Calhandriz; **Sector 6** – Freguesia da Castanheira; **Sector 7** – Lezírias.

Procedeu-se ao levantamento dos dados de base necessários para o cálculo dos indicadores de desempenho. Como resultado da dispersão actual de dados por sector, foi necessário fazer um tratamento da informação para conseguir apurar o número de ramais por sector. Este tratamento consistiu no agrupamento dos clientes com o mesmo número de polícia, na sua contagem e, assim, na determinação do número de ramais por freguesia.

No levantamento das características gerais do sistema de abastecimento por freguesia e sector e, pelo facto de não se dispor do cadastro em formato digital, à excepção do Sector 6, foi necessário estimar o comprimento de condutas nos restantes sectores. O comprimento de condutas de cada sector foi estimado com base no número de clientes de cada sector em relação ao número total de clientes do concelho, ou seja, através do produto do rácio entre o número de clientes da cada sector e o número total de clientes (excluindo o Sector 6), e o comprimento total da rede (estimado em 460 km excluindo o comprimento do Sector 6). Apesar desta forma de estimar o comprimento de rede ser uma aproximação, uma vez que existem zonas mais densamente povoadas do que outras, foi a solução encontrada para a resolução desta questão e para viabilizar a aplicação desta metodologia (em tempo útil). Os resultados obtidos devem ser usados com “parcimónia”.

4.2. Fase II – Fixação de objectivos e metas e avaliação da situação de referência (Nível 1)

Uma vez calculados os indicadores de desempenho, procede-se ao diagnóstico do sistema. Para facilitar a avaliação, utiliza-se um código de cores vermelho, amarelo e verde consoante o desempenho seja mau, satisfatório ou bom, respectivamente. Através da utilização do WR1, e por este ser um indicador mais abrangente,

consegue-se um ordenamento decrescente dos vários sectores. De salientar que todos os outros indicadores mantêm essa coerência de ordenação (Quadro 2).

Quadro 2 – Valores dos indicadores de desempenho ordenados por ordem decrescente do valor do indicador de ineficiência na utilização dos recursos hídricos (WR1)

Avaliação de Desempenho	Sector 5	Sector 4	Sector 6	Sector 3	Sector 1	Sector 2	S Global
Op31 – Avarias em condutas (nº/100 km/ano)	478.6	52.8	30.4	67.6	41.4	53.8	52.0
Op32 - Avarias em ramais (nº/1000 ramais/ano)	20.1	11.4	14.1	10.4	9.1	8.5	10.4
Op16 – Reabilitação de condutas (%/ano)	9.94%	4.13%	3.10%	3.17%	3.74%	2.17%	3.38%
Op20 - Reabilitação de ramais (%/ano)	6.77%	5.51%	0.00%	0.35%	2.48%	1.85%	2.49%
Op27- Perdas reais por ramal (l/ramal/dia c/sist.em pressão)	479	369	201	114	262	132	237
Op29 – Índice Infraestrutural de fugas (-)	11.3	7.6	3.7	2.4	4.7	2.5	4.6
Op25 – Perdas aparentes por ramal (%)	7%	7%	8%	9%	9%	9%	8%
Op39– Água não medida (%)	51%	38%	25%	22%	20%	19%	24%
WR1 - Ineficiência na utilização dos recursos hídricos (%)	43.0%	30.0%	16.0%	13.0%	11.0%	10.0%	15%
Fi47 – Água não facturada em termos de custo (%)	-	-	-	-	-	-	15%
Fi46 - Água não facturada em termos de volume (%)	52.0%	38.0%	25.0%	22.0%	20.0%	19.0%	24%

4.3. Fase III - Identificação dos sub-sistemas prioritários (Nível 2)

Ao ordenar os seis sectores pelo indicador WR1 (*i.e.*, ineficiência na utilização dos recursos hídricos) é possível constatar que o sector com o menor número de consumidores e a menor extensão de condutas apresenta uma maior ineficiência na utilização de recursos hídricos (*e.g.*, Sector 5 com WR1 igual a 43%) (*cf.* Figura 3a). A explicação desta situação poder-se-á dever ao facto de, por serem zonas menos extensas ou mais dispersas e com menor concentração urbana, o reflexo de avarias ou de outras ocorrências ter uma maior expressividade. Na Figura 3, observa-se os Sectores 4 e 5 claramente destacados dos restantes sectores. No caso particular do Sector 4, onde se encontra incluída a freguesia de Vila Franca de Xira, a percentagem de reabilitação durante o ano de 2006 reflecte um conjunto de obras resultantes de imperativos externos e não da necessidade efectiva de reabilitação por degradação das infra-estruturas.

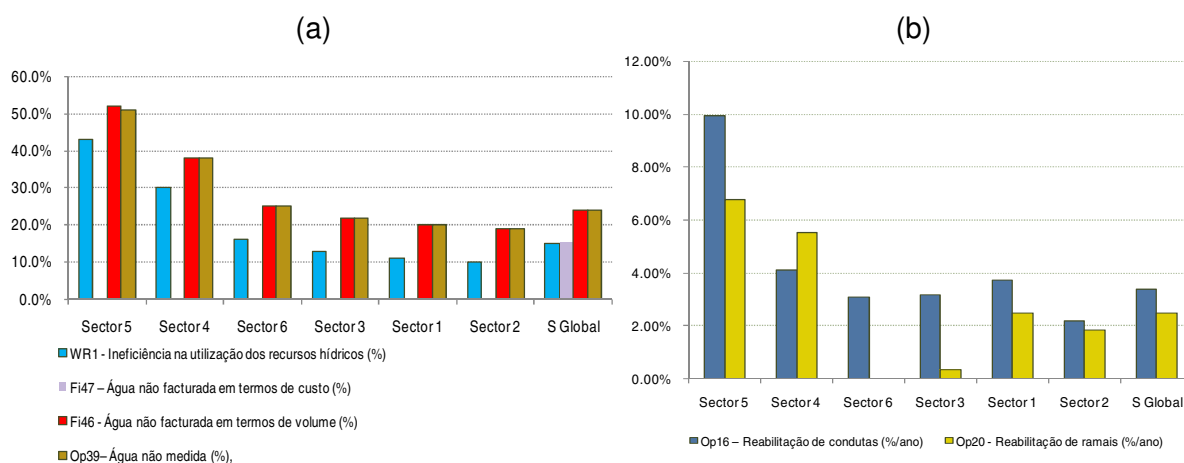


Figura 3 – Resultados da avaliação de desempenho: (a) ineficiência de utilização de recursos hídricos (WR1), água não facturada em termos de volume (Fi46) e de custo (Fi47) e água não medida (Op39) e (b) reabilitação de condutas e ramais por sector, ordenados por ordem decrescente do valor do indicador WR1 por sector e para o sector global.

4.4. Fase IV – Identificação de componentes principais prioritários (Nível 2)

A análise multicritério permite a identificação das necessidades de reabilitação e o estabelecimento de prioridades. Para demonstração da aplicação da análise multicritério estabeleceram-se cenários hipotéticos para as prioridades internas e externas. Devido ao número elevado de reservatórios apresenta-se apenas um estrato da análise efectuada no Quadro 3.

Quadro 3 – Aplicação da análise multicritério para o estabelecimento de prioridades em reservatórios

Sector	Reservatórios						Caracterização da condição e importância			Necessid. Reab. (NR) (eq.4.1)	Caracterização dos cenários			Priorid. Reab. (PR) (eq.4.2)						
	Designação	nº células	Capac. (m³)	Cota de soleira	Data de construção	Data de reabilitação	Critério / Pontuação				Cenário previsto									
							Idade	Estado de conserv	capacida de		NR	PI	PE							
															Peso do critério			Ponderação das prioridades		
															20%	50%	30%	40%	20%	40%
S1	R 1 - Reservatório da Raposeira	1x500	500	72.0	1970		3	2	1	1.9	1.9	1	1	1.36						
	R 2/EE3 - Reserv. Qª Piedade	2x750	1500	79.8	1973		3	2	3	2.5	2.5	1	1	1.6						
		2x750	1500	79.8	1989		2	2	3	2.3	2.3	1	1	1.52						
	R 4/EE4 - Reservatório Casal da Serra	2x500	1000	100.0	1985		2	2	3	2.3	2.3	1	1	1.52						
		1000	1000	100.0	1998		2	2	3	2.3	2.3	1	1	1.52						
	R 5/EE5 - Reservatório das Bragadas	2x500	1000	122.0	1995		2	2	3	2.3	2.3	1	1	1.52						
	R 6/EE6 - Reservatório do Alto dos Moinhos	2x2200	4400	122.0	2003		1	2	3	2.1	2.1	1	1	1.44						

4.5. Fase V – Estabelecimento de um programa de acções (Nível 2)

A Fase V inicia-se com o estabelecimento de um programa de acções que garantam os objectivos de serviço inicialmente fixados para o sistema de abastecimento. Este programa divide-se em dois tipos de acções: *acções globais* que afectam o funcionamento de todos os sub-sistemas da entidade gestora; e *acções específicas* correspondentes a intervenções em componentes ou em partes dos sectores.

As acções específicas a implementar nos vários componentes prioritários tem como base o esquema apresentado no Quadro 4 e aplicou-se a um exemplo de reservatório. Para fechar o ciclo da reabilitação, e conseguir apurar um conjunto de necessidades do sistema de abastecimento de água, é necessário ponderar as várias soluções de reabilitação e respectivos custos, o facto de se decidir reabilitar pode passar por soluções de custos diversos tendo em consideração as diferentes implicações no sistema de abastecimento de água.

Quadro 4 – Acções específicas a implementar pela organização



ACÇÕES ESPECÍFICAS																														
Definição da forma de implementação da acção	Reservatórios			Impacto de não reabilitação			Condutas			Impacto de não reabilitação			Válvulas (VRP, Ventosas)			Impacto de não reabilitação			Estações elevatórias			Impacto de não reabilitação								
	Sim	Não	Custo	m3/dia	€	Sim	Não	Custo	m3/dia	€	Sim	Não	Custo	m3/dia	€	Sim	Não	Custo	m3/dia	€	Sim	Não	Custo	m3/dia	€					
Intervenção de reabilitação	X	-	€€€	Contabilização do valor da água perdida Custo da não reabilitação sob o ponto de vista da entidade gestora	X	-	€€€	Contabilização do valor da água perdida Custo da não reabilitação sob o ponto de vista da entidade gestora	X	-	€€	Contabilização do valor da água perdida Custo da não reabilitação sob o ponto de vista da entidade gestora	X	-	€€	Contabilização do valor da água perdida Custo da não reabilitação sob o ponto de vista da entidade gestora	X	-	€€	Contabilização do valor da água perdida Custo da não reabilitação sob o ponto de vista da entidade gestora	X	-	€€	Contabilização do valor da água perdida Custo da não reabilitação sob o ponto de vista da entidade gestora	X	-	€€			
Possibilidade de colocar fora de serviço para intervenção	X	-	€		X	-	€		X	-	€€€		X	-	€€€		X	-	€€€		X	-	€€€		X	-	€€€	X	-	€€€
Promover alternativas abastecimento	X	-	€€		X	-	€€		X	-	€€		X	-	€€		X	-	€€		X	-	€€		X	-	€€	X	-	€€
Técnicas de reabilitação específicas devido a imposições de outras infra-estruturas	-	X	-		X	-	€€		-	X	-		-	X	-		-	X	-		-	X	-		-	-	X	-	-	
Desactivação/ abate do órgão e optimização da envolvente	X	-	€€		-	X	-		-	X	-		X	-	€€		X	-	€€		X	-	€€		X	-	€€	X	-	€€
Substituição por soluções com custo final a curto prazo maior, mas custo final a longo prazo menor	-	X	-		X	-	€€		X	-	€€		X	-	€€		X	-	€€		X	-	€€		X	-	€€	X	-	€€
Manutenção preventiva	X	-	€		-	X	-		-	X	-		X	-	€		X	-	€		X	-	€		X	-	€	X	-	€

Legenda: € - menor custo; €€ - custo intermédio; €€€ - custo elevado

Actualmente e de acordo com as crescentes preocupações ambientais (i.e., Dec-lei 46/2008, de 12 de Março), tornaram a acção de reabilitar uma infra-estrutura, numa acção que tem de ser pensada e implementada de uma forma eficiente e ecológica, sendo necessário fazer sempre uma ponderação na dimensão e forma de reabilitação, pois associado ao custo de reabilitação, aparece inevitavelmente um custo ambiental que se reflecte ele próprio também em custos finais de reabilitação.

Apesar do apuramento do custo da não reabilitação, contabilizado através do produto do valor da água perdida, pelo custo suportado pela entidade gestora (i.e., custo de captação e tratamento ou adquirida em alta), ser redutor, face às implicações que a decisão de não reabilitação envolve, foi a forma expedita encontrada para estabelecer, neste trabalho, às prioridades finais de reabilitação do sistema. Essa prioridade é entendida como relevante quando, o valor da não reabilitação for superior ao valor do custo da forma de implementação da acção.

Uma vez estabelecidas as prioridades de reabilitação deve proceder-se à sua calendarização e efectiva implementação do plano. A última etapa de um plano de reabilitação consiste na monitorização e avaliação dos resultados obtidos, bem como na revisão anual do plano, no que se refere aos objectivos e metas estabelecidos e resultados alcançados com a implementação do conjunto de acções. Para maiores detalhes sobre o conteúdo e a aplicação do de reabilitação, deve consultar-se o trabalho de investigação Borda d'Água (2008).

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Com a necessidade de fornecer os dados estruturados de forma a possibilitar a passagem dos vários níveis da metodologia proposta, e respectivas fases, serviu o presente trabalho para alertar as entidades gestoras, da quantidade de informação que é gerada e que é tratada por patamares estanques, tendo como consequência a duplicação, com tratamentos diferenciados dessa mesma informação. Assume, assim, uma importância para a sustentabilidade da entidade gestora, o conhecimento do estado patrimonial, do funcionamento do mesmo e da integração da informação de forma a possibilitar o acesso a dados reais (e não estimados) aos técnicos e decisores das respectivas entidades gestoras.

No sentido figurado, a imagem de um *iceberg* (Figura 4) ilustra bem o conhecimento de uma infra-estrutura, constituída por muitos componentes que não estão visíveis,



antes e após a aplicação da metodologia proposta. A compilação da informação do cadastro e sobre estado de conservação dos componentes são o suporte para o diagnóstico do comportamento global do sistema. O conhecimento do património, a monitorização de indicadores de desempenho, a aplicação de análise multicritério e o estabelecimento de um programa de acções, vêm assim clarificar as “águas” por vezes demasiado “turbas” onde se encontram mergulhados os sistemas de abastecimento de água.

No decorrer do trabalho, procurou-se ter acesso, dentro do caso de estudo à maior diversidade de dados possível, por forma a testar, validar e propor o modelo de plano de reabilitação. No entanto, e apesar da disponibilidade dos membros da entidade gestora em estudo, houve dificuldade de efectuar a compilação e o tratamento da informação necessária para aplicação da metodologia.

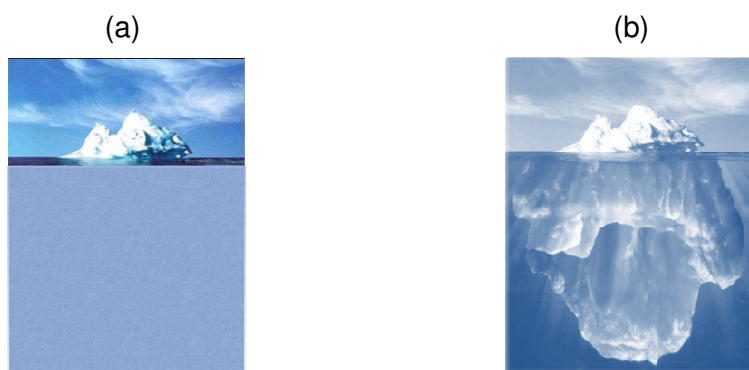


Figura 4 – Analogia de um sistema de abastecimento de água com um *iceberg*: (a) iceberg antes da aplicação da metodologia e (b) iceberg após aplicação da metodologia

A aplicação da metodologia ao caso de estudo permitiu efectuar as seguintes recomendações à entidade gestora: (i) implementação de rotinas de inspecção a pontos notáveis do sistema (*i.e.*, reservatórios, VRP e ventosas); (ii) compilação e avaliação, numa visão integrada, das várias intervenções ao nível do subsolo das diferentes infra-estruturas enterradas e pavimento com protocolos de entendimento entre entidades gestoras; (iii) sistematização com alertas do tempo de vida útil dos componentes críticos da infra-estrutura que constitui o sistema de abastecimento de água; (iv) promover o intercâmbio de grupos de trabalho de entidades gestoras e comparar resultados ao nível do conhecimento.

6. AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem aos Serviços Municipalizados de Água e Saneamento de Vila Franca de Xira pela disponibilidade da informação.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alegre, H. (2006). "Gestão Patrimonial de Infra-estruturas de Abastecimento de Água e Águas Residuais. Congresso ExpoÁgua, 17-19 Outubro no Tagus Park, Oeiras."



- Alegre, H., Hirner, W., Baptista, J. M., Parena, R. (2004). Indicadores de desempenho para serviços de abastecimento de água. Série: Guias Técnicos 1, Ed. IRAR, Lisboa, LNEC e IRAR, Lisboa.
- Alegre, H., Baptista, J.M., Coelho, S.T., Praça, P. (2004). Final WP1 Report: The CARE-W system of performance indicators for network rehabilitation, WP1, project CARE-W - Computer Aided REhabilitation of Water networks. Decision Support Tools for Sustainable Water Network Management, 5th Framework Programme of the European Union, EVK1-CT-2000-00053, LNEC
- Alegre, H., Tuhovcak, L., P. Vrbkova, P. (2003). "Performance Management and Historical Analysis: The Use of the CARE-W PI Tool by the Brno Waterworks Municipality", International Conference Computer Aided Rehabilitation of Water Networks CARE-W, Bath, UK, 28 Nov.
- Alegre, H., Matos, R., Neves, E. B., Baptista, J. M., outros (2007). Guia de Avaliação da Qualidade dos Serviços de Águas e Resíduos Prestados aos Utilizadores - versão 3, IRAR, LNEC, Lisboa.
- Alegre, H., Baptista, J. M., Coelho, S. T., Praça, P. (2002). "Performance Indicators for network rehabilitation." Proc. Int. Conf. on Computer Rehabilitation of Water Networks CARE-W, November 1st, Dresden, Germany, 53-64.
- Ambio, Atkins WS, Fase (2007). "Plano de Minimização de Perdas de Água no Sistemas Municipais de Distribuição na Área de Concessão da Águas do Ave - Concelho de Fafe." Águas do Ave, S.A.
- Borda d'Água, R.(2008). "Proposta de Metodologia para Elaboração de um Plano de Reabilitação de Sistemas de Abastecimento de Água: O Caso de Estudo de Vila Franca de Xira", Tese de Mestrado em Hidráulica e Recursos Hídricos, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa.
- Conroy, P., Kowalski, M., Taylor, K., Hulance, J. (2002). "CARE-W Approach and Software Prototype." Proc. International Conference on Computer Rehabilitation of Water Networks CARE-W, November 1st, Dresden, Germany, 39-52.
- Covas, D. (2006). "Rehabilitation of water distribution infrastructures". Proposta de candidatura a projectos de I&D financiados pela Fundação para a Ciência e Tecnologia, Ref. nº. PTDC/ECM/69281/2006."
- Eisenbeis, P., Le Gat, Y., Poulton, M. (2002a). "Failure forecast and hydraulic reliability models for rehabilitation decision aid." Proc. International Conference on Computer Rehabilitation of Water Networks CARE-W, November 1st, Dresden, Germany, 97-106.
- Eisenbeis, P., Le Gauffre, P., Sægrov, S. (2002b). "Chapter 5 - Water Infrastructures Management: an Overview of European Models and Databases." Assessing the Future: Water Utility Infrastructure Management. AWWA Trends in Water Series, David M.Hugges, AWWA, USA, pp. 61-80.
- Ferreira, A. B., Melo, L., Luís, A. A., Carvalho, A., Silva, A. R., Sereno, J., Alegre, H., Coelho, S. T., Duarte, P., Loureiro, D., Monteiro, A. J., Ramos, H., Covas, D. (2006).



"Apoio à EPAL no Estabelecimento de uma Estratégia de Investimento na Rede de Distribuição de Lisboa –Activ A1 e A2." LNEC.

Martins, F. P., Esteves, L. L. (1993). Plano Geral de Abastecimento de Água .

Matos, C. (1997). "Abastecimento de água ao Concelho de Vila Franca de Xira."

Monteiro, P. S. (2006). "Congresso Nacional da Água - Expoágua, 2006, 17 a 19 de Outubro, Tagus Park .

PNUEA (2001). Programa Nacional para o uso Eficiente da Água - PNUEA. Instituto da Água; Ministério do Ambiente e Ordenamento do Território (MAOT).