



UNIVERSIDADE DE ÉVORA

ESCOLA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

**Contribuição para o desenvolvimento do Sistema de
Gestão Patrimonial de Infraestruturas do serviço de
abastecimento de água a Évora**

André Filipe Pereira de Almeida

Orientação: Doutora Maria Madalena Vitório Moreira
Vasconcelos

Mestrado em Engenharia Civil

Área de especialização: *Hidráulica e Recursos Hídricos*

Dissertação

Évora, 2013

UNIVERSIDADE DE ÉVORA

ESCOLA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

**Contribuição para o desenvolvimento do Sistema de
Gestão Patrimonial de Infraestruturas do serviço de
abastecimento de água a Évora**

André Filipe Pereira de Almeida

Orientação: Doutora Maria Madalena Vitório Moreira
Vasconcelos

Mestrado em Engenharia Civil

Área de especialização: *Hidráulica e Recursos Hídricos*

Dissertação

Évora, 2013

RESUMO

A presente dissertação tem como objetivo a contribuição para o desenvolvimento do Sistema de Gestão Patrimonial de Infraestruturas do serviço de abastecimento de água à cidade de Évora.

Apresenta-se uma proposta do Plano Estratégico de Gestão Patrimonial de Infraestruturas para os serviços de abastecimento de água e de drenagem de águas residuais ao município de Évora, incluindo a definição de metas e de estratégias a implementar pela Câmara Municipal de Évora.

Foi criado o modelo hidráulico da rede de distribuição de água da cidade de Évora, com a aplicação do programa computacional EPANET 2.0 e integrado num modelo de suporte à decisão de reabilitação, com a aplicação do programa computacional AWARE-P. Aplicou-se o modelo AWARE-P a uma zona da cidade de Évora, permitindo o diagnóstico e a comparação de uma alternativa de intervenção no sistema de abastecimento de água, tomando em consideração as dimensões: desempenho, risco e custo.

Palavras-chave: AWARE-P, EPANET 2.0, Gestão Patrimonial de Infraestruturas, plano estratégico, reabilitação, sistema de distribuição de água.

ABSTRACT

Contribution to the development of the Infrastructure Asset Management System on the water supply service of Évora

This thesis aims at contributing to the development of the Infrastructure Asset Management System on the water supply service to the city of Évora.

Intends to present a proposal of the Infrastructure Asset Management Strategic Plan for the water supply and sewerage services of the municipality of Évora, including the setting of goals and strategies to be implemented by the municipality of Évora. This includes the definition of an hydraulic model of the water distribution network on the city of Évora, with the application of the computer program EPANET 2.0 integrated with a model that supports the decision of rehabilitation through the use of the computer program AWARE-P. The AWARE-P was applied to a zone in the city of Évora, allowing the ability to make a diagnosis and comparison of one alternative to be applied to the water supply system, taking into account performance, risk and cost.

Keywords: AWARE-P, EPANET 2.0, Infrastructure Asset Management, Strategic Plan, rehabilitation, water supply system.

AGRADECIMENTOS

À professora Madalena Moreira, pela orientação e conhecimento que me acompanharam ao longo deste trabalho e do meu percurso académico.

A toda a equipa da Divisão de Águas, Saneamento e Higiene Pública da Câmara Municipal de Évora, pela oportunidade de aprendizagem, amizade e apoio para a realização do presente trabalho.

À Águas do Centro Alentejo S.A., pelo apoio prestado à realização do trabalho.

Aos meus pais, pelo voto de confiança que depositaram em mim e por todo o esforço que fizeram para tornar possível o meu percurso académico.

ÍNDICE GERAL

Resumo	i
Abstract.....	ii
Agradecimentos	iii
Índice de figuras	vii
Índice de quadros.....	xi
Siglas, abreviaturas e acrónimos	xiii
1. INTRODUÇÃO E OBJECTIVOS	1
1.1. Enquadramento	1
1.2. Objectivos.....	2
1.3. Organização da tese	4
2. GESTÃO PATRIMONIAL DE INFRAESTRUTURAS.....	7
2.1. Introdução	7
2.2. Regime jurídico dos serviços municipais de abastecimento público de água	8
2.3. Entidade Reguladora dos Serviços de Água e Resíduos.....	9
2.4. Iniciativas para a GPI.....	9
2.4.1. Iniciativa nacional para a GPI	9
2.4.2. Iniciativas mundiais para a GPI.....	11
3. SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA À CIDADE DE ÉVORA	13
3.1. Introdução	13
3.2. Importação de água.....	14
3.3. Rede de distribuição de água na cidade de Évora.....	16
4. PROPOSTA DO PLANO ESTRATÉGICO DE GPI PARA OS SERVIÇOS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS DA CME.	23
4.1. Caracterização da entidade gestora.....	23
4.2. Âmbito e horizonte do plano.....	25

4.3.	Missão e visão da entidade gestora.....	25
4.4.	Objetivos, critérios, métricas e metas	25
4.4.1.	Objetivos estratégicos.....	25
4.4.2.	Critérios e métricas.....	25
4.4.3.	Situação em 2012 e metas	27
4.5.	Diagnóstico	41
4.5.1.	Oportunidades de melhoria e principais ameaças.....	41
4.5.2.	Pontos fortes e pontos fracos relevantes.....	42
4.6.	Estratégias para a GPI dos serviços de abastecimento de água e de drenagem de águas residuais.....	43
4.7.	Recursos necessários à implementação do plano estratégico de GPI.....	46
4.7.1.	Recursos humanos	46
4.7.2.	Recursos tecnológicos	46
4.7.3.	Recursos financeiros.....	46
4.8.	Atualização, revisão e avaliação do plano estratégico de GPI.....	46
5.	MODELAÇÃO HIDRÁULICA DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA À CIDADE DE ÉVORA	49
5.1.	Introdução	49
5.2.	Desenvolvimento do modelo hidráulico	49
5.2.1.	Planeamento do modelo hidráulico	49
5.2.2.	Construção do modelo hidráulico.....	52
5.3.	Tratamento dos dados de faturação	54
5.4.	Medições de pressão na rede	57
5.5.	Padrões de consumo.....	67
5.6.	Estruturação de dados para a restante rede de distribuição.....	68
5.7.	Calibração do modelo hidráulico	68
5.7.1.	Bairro de Almeirim.....	68

5.7.2. Zona de São Mamede	76
6. ABORDAGEM PRELIMINAR DE UM MODELO DE GPI PARA O SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA A ÉVORA.....	85
6.1. Introdução	85
6.2. Dados de entrada no modelo de GPI	86
6.3. Dados de saída do modelo de GPI.....	86
7. APLICAÇÃO DO MODELO DE GPI À REDE DE DISTRIBUIÇÃO DO BAIRRO DE ALMEIRIM.....	91
7.2. Caso de aplicação.....	91
7.3. Conclusões do caso de aplicação	95
8. CONCLUSÕES	97
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	99

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Localização do concelho de Évora.	13
Figura 2 – Subsistema de abastecimento de água de Monte Novo.	14
Figura 3 – Obra de captação de água de Monte Novo.....	15
Figura 4 – Rede de distribuição de água à cidade de Évora.	16
Figura 5 – Distribuição dos materiais das principais condutas da rede de distribuição de água.....	17
Figura 6 - Gama de diâmetros das principais condutas da rede de distribuição de água.	17
Figura 7 – Distribuição dos materiais por gama de diâmetros para a rede de distribuição de água a Évora.	18
Figura 8 – Localização das gamas de diâmetros da rede de distribuição de água a Évora.	18
Figura 9 – Localização dos reservatórios de distribuição à cidade de Évora.	20
Figura 10 – Localização da zona baixa e da zona alta da rede de distribuição.	21
Figura 11 - Localização da estação elevatória e implantação da conduta elevatória entre os reservatórios da zona baixa e zona alta.	22
Figura 12 - Localizações das zonas de análise.	50
Figura 13 – Manómetro com <i>Datalogger</i> para medição de pressão e exemplo de aplicação. .	52
Figura 14 – Localização das ruas analisadas para a faturação de clientes na zona de São Mamede.	56
Figura 15 – Bairro de Almeirim e os locais das medições de pressão.	57
Figura 16 – Medição no local n.º1, registado entre as 11h35 de 08/07/2013 e as 10h00 de 09/07/2013.	58
Figura 17 – Medição no local n.º2, registado entre as 11h05 de 10/07/2013 e as 10h00 de 11/07/2013.	58
Figura 18 – Medição no local n.º3, registado entre as 11h05 de 09/07/2013 e as 10h00 de 10/07/2013.	59
Figura 19 – Medição no local n.º4, registado entre as 11h05 de 11/07/2013 e as 10h00 de 12/07/2013.	59
Figura 20 – Medição no local n.º5, registado entre as 15h05 de 15/07/2013 e as 14h00 de 16/07/2013.	60
Figura 21 – Medição no local n.º6, registado entre as 15h35 de 16/07/2013 e as 14h00 de 17/07/2013.	60

Figura 22 – Medição no local n.º7, registado entre as 15h55 de 23/07/2013 e as 14h30 de 24/07/2013.....	61
Figura 23 – Medição no local n.º8, registado entre as 15h45 de 18/07/2013 e as 14h30 de 19/07/2013.....	61
Figura 24 – Medição no local n.º9, registado entre as 15h05 de 17/07/2013 e as 14h00 de 18/07/2013.....	62
Figura 25 - Localizações das medições de pressão na zona de São Mamede.....	63
Figura 26 – Medição no local n.º10, registado entre as 15h50 de 24/07/2013 e as 14h45 de 25/07/2013.....	64
Figura 27 – Medição no local n.º11, registado entre as 10h35 de 01/08/2013 e as 09h30 de 02/08/2013.....	64
Figura 28 – Medição no local n.º12, registado entre as 12h35 de 14/08/2013 e as 12h30 de 15/08/2013.....	65
Figura 29 – Medição no local n.º13, registado entre as 13h05 de 19/08/2013 e as 10h30 de 20/08/2013.....	65
Figura 30 – Medição no local n.º14, registado entre as 11h15 de 21/08/2013 e as 10h10 de 22/08/2013.....	66
Figura 31 – Medição no local n.º15, registado entre as 12h00 de 22/08/2013 e as 10h45 de 23/08/2013.....	66
Figura 32 – Padrão de consumo relativo ao Bairro de Almeirim.....	67
Figura 33 – Padrão de consumo relativo à zona de São Mamede.....	68
Figura 34 – Localização do Bairro de Almeirim na cidade de Évora.....	69
Figura 35 – Localização pormenorizada do Bairro de Almeirim.....	69
Figura 36 – Traçado e materiais das condutas principais no Bairro de Almeirim (a cor vermelha).....	70
Figura 37 – Cotas topográficas atribuídas aos nós no Bairro de Almeirim.....	70
Figura 38 – Rugosidades atribuídas às condutas no Bairro de Almeirim.....	71
Figura 39 – Comprimentos das condutas no Bairro de Almeirim.....	71
Figura 40 – Diâmetros das condutas no Bairro de Almeirim.....	72
Figura 41 – Consumos-base atribuídos aos nós no Bairro de Almeirim.....	72
Figura 42 – Pressão nos nós e localização da entrada de água no Bairro de Almeirim.....	73
Figura 43 – Locais de medição das pressões e identificação dos nós no Bairro de Almeirim.....	73
Figura 44 – Relatório de calibração para o Bairro de Almeirim.....	74

Figura 45 – Aumento de rugosidades a montante do Bairro de Almeirim.....	75
Figura 46 – Relatório final de calibração para o Bairro de Almeirim.	75
Figura 47 – Localização da zona de São Mamede na cidade de Évora.....	76
Figura 48 – Localização pormenorizada da zona de São Mamede.	76
Figura 49 – Traçado e materiais das condutas principais na zona de São Mamede (a cor vermelha).	77
Figura 50 – Cotas topográficas atribuídas aos nós na zona de São Mamede.	77
Figura 51 – Rugosidades das condutas na zona de São Mamede.....	78
Figura 52 – Comprimentos das condutas na zona de São Mamede.	78
Figura 53 – Diâmetros das condutas na zona de São Mamede.	79
Figura 54 – Consumos-base atribuídos aos nós na zona de São Mamede.	79
Figura 55 – Pressões obtidas pelo modelo EPANET nos nós na zona de São Mamede.	80
Figura 56 – Locais de medição das pressões e identificação dos nós na zona de São Mamede.	81
Figura 57 – Relatório de calibração para a zona de São Mamede (I).....	81
Figura 58 – Aumento de rugosidades a montante de São Mamede.....	82
Figura 59 – Relatório de calibração para São Mamede (II).	83
Figura 60 – Relatório final de calibração para São Mamede.	83
Figura 61 – Visualização em 2D da rede de distribuição de água à cidade de Évora, com o apoio de <i>Google Earth</i>	87
Figura 62 – Visualização em 3D da zona do Templo Romano, com o apoio de <i>Google Earth</i>	87
Figura 63 – Visualização em 3D da Praça do Giraldo, com o apoio de <i>Google Earth</i>	88
Figura 64 – Resultado da posição de alternativa para um determinado sistema.	88
Figura 65 – Resultado do índice de pressão máxima para a rede de distribuição da cidade de Évora.....	89
Figura 66 – Resultado do cálculo da importância de cada conduta da rede de distribuição da cidade de Évora.	89
Figura 67 - Resultado dos IVI para as condutas da rede de distribuição de água na cidade de Évora.....	90
Figura 68 – Resultados das pressões em Bairro de Almeirim, <i>Status Quo</i>	91
Figura 69 – Localização da VRP.....	92
Figura 70 – Comparação da situação de <i>Status Quo</i> e da alternativa de intervenção.	93

Figura 71 – Comparação do índice de pressão máxima no Bairro de Almeirim (em cima) e no resultado global (em baixo).	94
Figura 72 – Resultados das pressões em Bairro de Almeirim após a instalação da VRP.	94

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 - Rugosidades atribuídas às condutas em funcionamento.	20
Quadro 3 – Perfil da entidade gestora sobre o serviço de AA em 2012.	23
Quadro 4 – Perfil do sistema sobre o serviço de AA em 2012.	23
Quadro 5 – Perfil da entidade gestora sobre o serviço de AR em 2012.	24
Quadro 6 – Perfil do sistema sobre o serviço de AR em 2012.	24
Quadro 7 – Critérios de avaliação e métricas para o sistema de AA.	26
Quadro 8 – Critérios de avaliação e métricas para o sistema de AR.	27
Quadro 9 – Situação em 2012 e metas para o serviço de AA.	28
Quadro 10 – Propostas de metas para a acessibilidade física do serviço de AA.	29
Quadro 11 – Propostas de metas para a ocorrência de falhas no abastecimento no serviço de AA.	29
Quadro 12 – Propostas de metas para a resposta a reclamações e sugestões no serviço de AA.	30
Quadro 13 – Propostas de metas para a adesão ao serviço de AA.	30
Quadro 14 – Propostas de metas para a água não faturada sobre o serviço de AA.	31
Quadro 15 – Propostas de metas para a adequação da capacidade de tratamento no serviço de AA.	31
Quadro 16 – Propostas de metas para a reabilitação em condutas de AA.	32
Quadro 17 – Propostas de metas para a ocorrência de avarias em condutas no serviço de AA.	32
Quadro 18 – Propostas de metas para a adequação dos recursos humanos no serviço de AA.	33
Quadro 19 – Propostas de metas para as perdas reais de água no serviço de AA.	33
Quadro 20 – Propostas de metas para o cumprimento do licenciamento das captações no serviço de AA.	34
Quadro 21 – Propostas de metas para a eficiência energética de instalações elevatórias no serviço de AA.	34
Quadro 22 – Propostas de metas para o destino de lamas do tratamento no serviço de AA.	35
Quadro 23 – Avaliação da situação atual para o serviço de AR.	36
Quadro 24 – Propostas de metas para a acessibilidade física do serviço no serviço de drenagem de AR.	37

Quadro 25 – Propostas de metas para a ocorrência de inundações no serviço de drenagem de AR.....	37
Quadro 26 – Propostas de metas para a resposta a reclamações e sugestões no serviço de drenagem de AR.	38
Quadro 27 – Propostas de metas para a adesão ao serviço de drenagem de AR.....	38
Quadro 28 – Propostas de metas para a reabilitação de coletores no serviço de drenagem de AR.....	39
Quadro 29 – Propostas de metas para a ocorrência de colapsos estruturais em coletores no serviço de drenagem de AR.....	39
Quadro 30 – Propostas de metas para a adequação dos recursos humanos no serviço de drenagem de AR.	40
Quadro 31 – Propostas de metas para o destino adequado de águas residuais recolhidas no serviço de drenagem de AR.....	40
Quadro 32 – Correspondência das estratégias e métricas.	45
Quadro 33 – Faturação no Bairro de Almeirim.....	55
Quadro 34 – Registos de faturação na zona de São Mamede.....	56

SIGLAS, ABREVIATURAS E ACRÓNIMOS

AA	Abastecimento de água
AR	Águas residuais
AWARE-P	<i>Advanced Water Assets Rehabilitation - Portugal</i>
CAD	<i>Computer-Aided Design</i>
CARE-W	<i>Computer Aided Rehabilitation of Water Networks</i>
CME	Câmara Municipal de Évora
DASPH	Divisão de Águas, Saneamento e Higiene Pública
EEM	Entidade Empresarial Municipal
ERSAR	Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos
ETA	Estação de tratamento de água
FIB	Fibrocimento
FF	Ferro fundido
GPI	Gestão Patrimonial de Infraestruturas
iGPI	Iniciativa Nacional para a Gestão Patrimonial de Infraestruturas
IVI	<i>Infrastructure Value Index</i>
LNEC	Laboratório Nacional de Engenharia Civil
NA	Não se aplica
PAS	<i>Publicly Available Specification</i>
PDCA	<i>Plan-Do-Check-Act</i>
PEAASAR	Plano Estratégico de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais
PEAD	Polietileno de alta densidade
PVC	Policloreto de Vinilo
SA	Sociedade Anónima
SMAS	Serviços Municipalizados de Água e Saneamento
SNIRH	Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos
SWMM	<i>Storm Water Management Model</i>
USEPA	<i>U.S. Environmental Protection Agency</i>
VRP	Válvula redutora de pressão

1. INTRODUÇÃO E OBJECTIVOS

1.1. Enquadramento

Desde 1993 até 2010, foram investidos em Portugal mais de 8 mil milhões de euros em sistemas de abastecimento de água, saneamento de águas residuais e gestão de resíduos urbanos, com a participação de fundos comunitários em mais de dois terços dos investimentos (Alegre e Covas, 2010). Ocorreu, deste modo, uma evolução significativa da prestação adequada destes serviços, do ponto de vista das infraestruturas. Considerando este contexto e as previsões para o futuro, depara-se com uma situação em que os recursos financeiros e os novos financiamentos comunitários tendem a ser cada vez mais escassos (Alegre e Covas, 2010).

A Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos (ERSAR) tem vindo a alertar sobre a necessidade das entidades gestoras alcançarem serviços mais eficientes e sustentáveis, notando-se um aumento das exigências de desempenho em termos de eficiência, de qualidade do serviço prestado aos utilizadores e da necessidade de racionalização dos investimentos.

A principal ameaça sobre a qualidade do serviço prestado aos utilizadores é a degradação das infraestruturas. As principais causas de degradação dos sistemas de abastecimento de água estão associadas ao envelhecimento natural dos componentes, às alterações das solicitações de serviço, às deficiências no fabrico dos materiais e dos equipamentos e à insuficiência de manutenção. A degradação dos componentes implica a diminuição da vida útil técnica¹ das infraestruturas, o aumento dos custos futuros em reabilitação e manutenção, o aumento da ocorrência de falhas e avarias e a redução da qualidade do serviço prestado à população. Relativamente à sustentabilidade do serviço, a degradação das infraestruturas conduz ao aumento da percentagem de água não faturada, perdas reais de água e à utilização ineficiente dos recursos hídricos e energéticos.

Reconhecendo que as infraestruturas de abastecimento de água asseguram a prestação de um serviço essencial às populações, é indispensável direccionar esforços para uma adequada gestão do património existente, aplicando-se medidas de manutenção preventiva, atividades de conservação e reabilitação.

¹ Entende-se como vida útil técnica, o período após a instalação da infraestrutura durante o qual o componente cumpre com eficiência a função a que se destina (Alegre e Covas, 2010).

O facto de as infraestruturas de abastecimento de água serem maioritariamente enterradas, dificulta a aplicação e ponderação destas medidas.

Deste modo, será útil disponibilizar métodos indiretos de apoio à decisão, que ponderem medidas de manutenção, de conservação e de reabilitação a aplicar a um determinado sistema de abastecimento de água com base na identificação de anomalias² e envolvendo diferentes níveis de decisão.

A solução para estas necessidades materializa-se através da Gestão Patrimonial de Infraestruturas (GPI) urbanas de água. Entende-se como GPI, a gestão das infraestruturas existentes, de modo estratégico e sustentável, assegurando a longo prazo o equilíbrio entre as dimensões de desempenho, de risco e de custo (Alegre e Covas, 2010).

As entidades gestoras de abastecimento de água que pretendam implementar uma estratégia de GPI deverão elaborar um planeamento a diferentes níveis de decisão: estratégico, tático e operacional. A importância de um planeamento estratégico, a longo prazo, é permitir o estabelecimento de objetivos estratégicos e metas, que suportarão o planeamento dos seguintes níveis de decisão.

Esta contribuição torna-se oportuna com a entrada em vigor do Decreto-Lei N.º 194/2009 de 20 de agosto, que no seu Artigo 8.º requer que as entidades gestoras que sirvam mais do que 30 000 habitantes promovam e mantenham um Sistema de Gestão Patrimonial de Infraestruturas. Decreta que as entidades gestoras devem dispor de informação sobre a situação atual e projetada das infraestruturas, a sua caracterização, a avaliação do seu estado funcional e de conservação, assim como, assegurar a melhoria da qualidade do serviço, da eficiência económica e promover a atualização tecnológica dos sistemas, quando daí resulte uma melhoria da eficiência técnica e da qualidade ambiental.

1.2. Objetivos

No presente trabalho, apresenta-se uma proposta do Plano Estratégico de GPI para o serviço de distribuição de água e de drenagem de águas residuais do concelho de Évora. Os principais resultados são a definição de estratégias que suportem o desenvolvimento do sistema de GPI e o processo de decisão da entidade gestora Câmara Municipal de Évora. Pretende-se aplicar uma metodologia de GPI que identifique e trate os fatores-chave que afetam a atividade da organização.

² Compreende-se como anomalia, a redução do desempenho previsto (Alegre e Covas, 2010).

O sistema de GPI inclui a aplicação de um modelo hidráulico e de qualidade da água à rede de distribuição de água à cidade de Évora e de um modelo de suporte à decisão de reabilitação, representando uma aplicação direta das estratégias propostas pelo Plano Estratégico de GPI. Para este efeito foram utilizados os programas computacionais EPANET 2.0 e AWARE-P. Os dois *softwares* são de utilização livre.

Foi criado o modelo hidráulico da rede de distribuição de água da cidade de Évora com a aplicação do programa computacional EPANET 2.0. O modelo foi calibrado para duas áreas de análise consideradas representativas de bairros periféricos e do centro da cidade, nomeadamente, o Bairro de Almeirim situado na periferia da cidade de Évora e a zona de São Mamede no centro histórico.

Para a realização de um diagnóstico e comparação de alternativas a aplicar na reabilitação do sistema de abastecimento de água, tomando em consideração as dimensões a nível de desempenho, de risco e de custo, utilizou-se o programa computacional AWARE-P. Este programa permite importar a rede de distribuição modelada no EPANET.

Os objetivos do presente trabalho, são os seguintes:

- Contribuição para a definição da metodologia a aplicar na recolha dos dados necessários ao cálculo dos indicadores de desempenho definidos pela ERSAR;
- Proposta do Plano Estratégico de GPI para o serviço de abastecimento de água e de drenagem de águas residuais do concelho de Évora;
- Contribuição para o desenvolvimento do Sistema de Gestão Patrimonial de Infraestruturas do serviço de abastecimento de água da cidade Évora:
 - Modelo hidráulico e de qualidade da água, com a aplicação do *software* EPANET 2.0, do sistema de distribuição de água da cidade de Évora;
 - Registos de pressão em duas áreas de análise da rede de distribuição de água e validação do modelo hidráulico aplicado a essas áreas;
 - Plano de validação das restantes áreas da rede de abastecimento de água;
 - Contribuição para a criação de um cadastro de medições de pressões na rede de abastecimento de água;

- Modelo de tomada de decisão de reabilitação, com a aplicação do *software* AWARE-P, para o sistema de abastecimento de água da cidade de Évora;
- Contribuição para caracterização do estado atual das infraestruturas existentes, avaliação do estado funcional e de conservação das infraestruturas das áreas de análise;
- Contribuição para a avaliação do índice de valor das infraestruturas³;
- Contribuição para a identificação dos componentes mais críticos das áreas de análise, de modo a assegurar um desempenho sustentável e estabelecimento de medidas mitigadoras de risco;
- Contribuição para a identificação de componentes que requerem uma intervenção prioritária em termos de reabilitação.
- Promoção da utilização de equipamentos que auxiliem a deteção de ruturas nas condutas da rede de distribuição de água.

1.3. Organização da tese

O texto está estruturado em 8 capítulos. No capítulo 1 é apresentado o enquadramento geral do tema, a importância e os objetivos do trabalho.

No capítulo 2 é apresentado o estado da arte sobre a temática da GPI, o regime jurídico dos serviços municipais de abastecimento público e a entidade reguladora dos serviços de água e resíduos. Expõem-se, também, vários exemplos de iniciativas nacionais e mundiais para a GPI.

No capítulo 3 é apresentada uma descrição do sistema de distribuição de água à cidade de Évora e as informações relativas à importação de água.

O capítulo 4 é reservado à proposta do Plano Estratégico de GPI aplicado ao serviço de abastecimento de água e de drenagem de águas residuais do concelho de Évora, englobando os objetivos estratégicos, os critérios de avaliação, as medidas de desempenho e as metas.

No capítulo 5 são apresentados o planeamento e a construção do modelo hidráulico da rede de distribuição de água à cidade de Évora, com a aplicação do *software* EPANET 2.0. Apresenta-se, ainda, o tratamento dos dados de faturação afetos às áreas de análise, correspondentes ao

³ O índice de valor das infraestruturas é dado pela razão entre o valor atual da infraestrutura e o valor de uma infraestrutura equivalente num estado novo.

ano de 2012, para criação dos padrões de consumo, o registo das medições de pressão efetuadas e a calibração do modelo hidráulico.

No capítulo 6 apresenta-se uma abordagem preliminar de um modelo de GPI para o sistema de abastecimento de água a Évora, com a aplicação do programa computacional AWARE-P, destacando as suas principais vantagens e potencialidades.

No capítulo 7 faz-se a aplicação do modelo de GPI à rede de distribuição de água da cidade de Évora e são apresentadas propostas de medidas de intervenção nas áreas em análise.

No capítulo 8 são apresentadas as conclusões do presente trabalho.

2. GESTÃO PATRIMONIAL DE INFRAESTRUTURAS

2.1. Introdução

As infraestruturas de abastecimento de água sustentam a prestação de serviços públicos de suporte de vida e comodidade das populações. Englobam uma porção significativa do património público das sociedades e influenciam a economia geral. Estas infraestruturas devem ser geridas de modo sustentável, se quisermos assegurar a prestação a longo prazo de serviços de qualidade, de acordo com o desenvolvimento das sociedades e a proteção do ambiente (Alegre e Covas, 2010).

A nível europeu, parte significativa das redes de distribuição de água foram construídas após a 2.^a guerra mundial, assumindo-se que os seus componentes se encontrem no final das suas vidas úteis, no eventual caso de negligência em medidas de manutenção, conservação e reabilitação. Embora a maioria das redes de distribuição de água em Portugal sejam mais recentes, encontram-se na mesma situação.

A nível nacional, registam-se valores elevados de perdas reais e perdas aparentes de água nos sistemas públicos de abastecimento. Os principais fatores que influenciam as perdas reais de água são o estado das componentes das infraestruturas, os seus materiais, a frequência de fugas e de roturas, a densidade e comprimento médio de ramais e a pressão de serviço média. As elevadas perdas aparentes de água devem-se a ligações ilícitas, ao uso fraudulento das boca-de-incêndio e a eventuais erros de medição. Em 2005 estimou-se que o total das perdas reais e aparentes de água em Portugal, em média rondavam os 40%, afetando significativamente a economia do país (Alegre *et al.*, 2005). Entretanto, têm sido desenvolvidas ações de controlo de perdas por algumas entidades gestoras nacionais, pelo que se estima que este valor tenha reduzido. No entanto, mantém-se elevado o potencial de redução de perdas em muitos sistemas de abastecimento de água. O sistema de distribuição de água a Évora é um exemplo de elevado potencial de redução de perdas.

2.2. Regime jurídico dos serviços municipais de abastecimento público de água

O Decreto-Lei n.º 194/2009, de 20 de agosto entrou em vigor no dia 1 de janeiro de 2010 e estabelece o regime jurídico dos serviços municipais de abastecimento público de água.

A entidade gestora do serviço de distribuição de água ao concelho de Évora segue um modelo de gestão de prestação direta do serviço.

De acordo com o decreto-lei 194/2009, os deveres das entidades gestoras de serviços urbanos de águas, são:

- Dispor de informação sobre a situação atual e projetada das infraestruturas, a sua caracterização e a avaliação do seu estado funcional e de conservação;
- Garantir a melhoria da qualidade do serviço e da eficiência económica, promovendo a atualização tecnológica dos sistemas, nomeadamente quando daí resulte um aumento da eficiência técnica e da qualidade ambiental.

No seu n.º 5 do artigo 8.º, o citado decreto-lei contempla que as entidades gestoras que sirvam mais de **30 000 habitantes**, situação da cidade de Évora, devem promover e manter:

- Um sistema de garantia de qualidade do serviço prestado aos utilizadores (modelos de sistema de análise de desempenho, elaborados pela entidade reguladora ERSAR);
As entidades gestoras devem enviar anualmente à ERSAR, a informação resultante do sistema de análise de desempenho, responsabilizando-se por analisar o desempenho das entidades gestoras e proceder à competente divulgação pública;
- Um sistema de gestão patrimonial de infraestruturas;
- Um sistema de gestão de segurança;
- Um sistema de gestão ambiental;
- Um sistema de gestão de segurança e saúde no trabalho.

Os sistemas referidos anteriormente devem ser implementados no prazo de três anos a contar da entrada em vigor do presente decreto-lei, no que respeita às entidades gestoras existentes. Deste modo, o prazo de implementação seria de 1 de janeiro de 2013.

A entidade gestora Câmara Municipal de Évora apresenta dificuldades na implementação dos sistemas decretados.

2.3. Entidade Reguladora dos Serviços de Água e Resíduos

Atualmente, a ERSAR tem vindo a alertar as entidades gestoras para a necessidade de eficiência dos serviços, garantindo a sua sustentabilidade, destacando a GPI como uma estratégia para o equilíbrio financeiro das mesmas e a prestação de serviços de qualidade com níveis de risco confiáveis.

Tendo em conta os resultados dos indicadores de desempenho relacionados com a GPI, nomeadamente a “Ocorrência de avarias em condutas”, “Perdas reais de água”, “Eficiência energética de instalações elevatórias”, “Reabilitação de condutas” e “Índice de conhecimento infraestrutural e de gestão patrimonial”, fornecidos pelas entidades gestoras do País relativos ao ano 2011, a ERSAR destacou que grande parte das entidades gestoras possui dificuldade em responder à avaliação exigida. Os resultados destes indicadores de desempenho, publicados pela ERSAR, revelam que a maioria das entidades gestoras possui um desempenho insatisfatório (ERSAR, 2013).

2.4. Iniciativas para a GPI

2.4.1. Iniciativa nacional para a GPI

A Iniciativa Nacional para a Gestão Patrimonial de Infraestruturas (iGPI) foi um projeto com objetivo de capacitar as entidades gestoras de serviços urbanos de água a desenvolver e implementar um Plano de Gestão Patrimonial de Infraestruturas, com base na aplicação de metodologias e ferramentas de GPI e na criação de uma rede efetiva de partilha de resultados e experiências entre os responsáveis das entidades gestoras.

A ideia deste projeto surgiu do LNEC em colaboração com o IST e a Addition (empresa de *software*, com sede em Lisboa) e participaram 19 entidades gestoras portuguesas de abastecimento de água e/ou drenagem de águas residuais. A aplicação deste projeto teve uma duração de 17 meses, tendo tido início em abril de 2012. O projeto foi organizado em 5 fases e em cada uma destas fases decorreram reuniões de grupo, englobando o reporte e a discussão de resultados, por cada entidade gestora participante. Coexistiu também em todas as fases a assistência do LNEC a cada entidade gestora participante (LNEC, 2013).

Em paralelo com este projeto, foi desenvolvido o programa computacional AWARE-P, que se encontra em contínuo melhoramento e é inteiramente desenvolvido em Portugal, sob a responsabilidade do LNEC.

O AWARE-P (Advanced Water Assets Rehabilitation – Portugal) é um programa computacional de GPI, onde são analisadas e comparadas alternativas de planeamento e é tomada a decisão com base em parâmetros de desempenho, de risco e de custo.

Algumas das entidades gestoras participantes na iGPI são: a Águas de Coimbra E.E.M., a entidade gestora do Município do Sabugal, a Águas da Região de Aveiro S.A. e os SMAS (Serviços Municipalizados de Água e Saneamento) de Oeiras e Amadora.

As entidades gestoras participantes apresentaram no Fórum iGPI, que decorreu no LNEC em março de 2013, as principais conclusões da iniciativa:

- a importância do diagnóstico de desempenho dos sistemas e condições operacionais;
- a necessidade de analisar as infraestruturas como um todo;
- o planeamento e análise de cenários alternativos;
- a consciência da importância da tecnologia de modelação para a GPI;
- a consciência da necessidade de atualização das informações de cadastro, de dados operacionais, de dados de solicitações e de dados contabilísticos;
- o potencial de melhoria da sustentabilidade infraestrutural dos sistemas geridos;
- o potencial de melhoria da sustentabilidade económica das entidades gestoras e ambiental;
- a possibilidade de priorização de investimentos;
- a otimização de custos;
- a possibilidade de tomadas de decisão, analisando horizontes a curto, médio e longo prazo.

Os resultados obtidos pelas entidades gestoras foram considerados bastante compensatórios. A possibilidade de diagnosticar os desempenhos dos sistemas e de analisar as infraestruturas como um todo, transmitem a sensação de aumento do controlo sobre o património infraestrutural.

As principais dificuldades observadas e destacadas pelas entidades gestoras, foram:

- o surgimento de erros de cadastro;

- a possibilidade das condições de operação em projeto serem distintas da realidade;
- a dificuldade em motivar os diferentes executivos para a GPI;
- a carência de dados disponíveis e a dificuldade no acesso a informações necessárias;
- a definição de métricas e metas para os planos estratégicos;
- a necessidade de formação dos colaboradores para o desenvolvimento das atividades.

Os obstáculos destacados podem ser ultrapassados pela motivação em contribuir para a melhoria da sustentabilidade económica do País e do ambiente. O desenvolvimento das atividades de GPI obrigam a requisitar um esforço contínuo aos colaboradores que, com resultados gratificantes e enriquecimento das competências, consideraram ser uma oportunidade valiosa para os próprios e para a entidade gestora.

2.4.2. Iniciativas mundiais para a GPI

A Austrália e a Nova Zelândia foram pioneiras na sensibilização da GPI. A realização de *workshops*, casos de aplicação, planos de GPI auditados (no caso da Nova Zelândia), o foco no serviço aos clientes e o planeamento contínuo, são exemplos de iniciativas adotadas por estes países (Alegre, 2009).

A Inglaterra elaborou a especificação *Publicly Available Specification* (PAS 55), pelo *Institute of Asset Management* e pelo *British Standards Institute*, que segue os princípios *Plan-Do-Check-Act* (PDCA) alinhados com a ISO 9000. É aplicável a qualquer organização que se proponha atingir metas sobre os seus serviços e onde os ativos físicos sejam fatores-chaves para os objetivos da organização. O processo de GPI segue a aplicação de 21 requisitos com o auxílio de um guia e tem vindo a ser adotado por diversas organizações exteriores ao Reino Unido (Alegre, 2009).

O projeto *CARE-W* (*Computer Aided REhabilitation of Water Networks*) iniciado em 2001 com a participação de centros de investigação de 8 países: Portugal (LNEC), França, Reino Unido, Itália, Alemanha, República Checa, Suíça e Noruega, possibilitou a criação de uma rede de partilha de competências, experiências e investigações a nível europeu. Os objetivos principais do projeto foi a melhoria de ferramentas para análise do estado das condutas ou necessidades de reabilitação em infraestruturas de abastecimento de água, através da inclusão de um painel de controlo dos indicadores de desempenho do serviço, de um procedimento

ponderativo da melhor alternativa de planeamento e de um procedimento ponderativo sobre a melhor estratégia a longo prazo (Alegre, 2009).

3. SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA À CIDADE DE ÉVORA

3.1. Introdução

A cidade de Évora é a capital de distrito, está localizada na região do Alentejo e sub-região do Alentejo Central. O município de Évora possui cerca de 60 000 habitantes segundo os Censos de 2011 e uma densidade populacional de 43,67 hab/km².

A Câmara Municipal de Évora presta serviços públicos na área de distribuição de água e de drenagem de águas residuais, adotando para o efeito, um modelo de gestão direta municipal.

A entidade gestora presta serviço a todo o concelho de Évora.

Na figura é apresentada a localização do concelho de Évora.



Figura 1 - Localização do concelho de Évora.

3.2. Importação de água

A empresa Águas do Centro Alentejo S.A. presta o serviço de captação, tratamento, adução e entrega de água, desde a Barragem de Monte Novo até aos reservatórios de distribuição que abastecem a cidade de Évora. O modelo de gestão sobre o qual se rege é de concessão do serviço.

O subsistema de abastecimento de Monte Novo insere-se no sistema multimunicipal de abastecimento de água do Centro Alentejo. Apresenta-se na seguinte figura o subsistema de abastecimento de Monte Novo, sendo assinalada a localização da respetiva estação de tratamento de água (ETA).

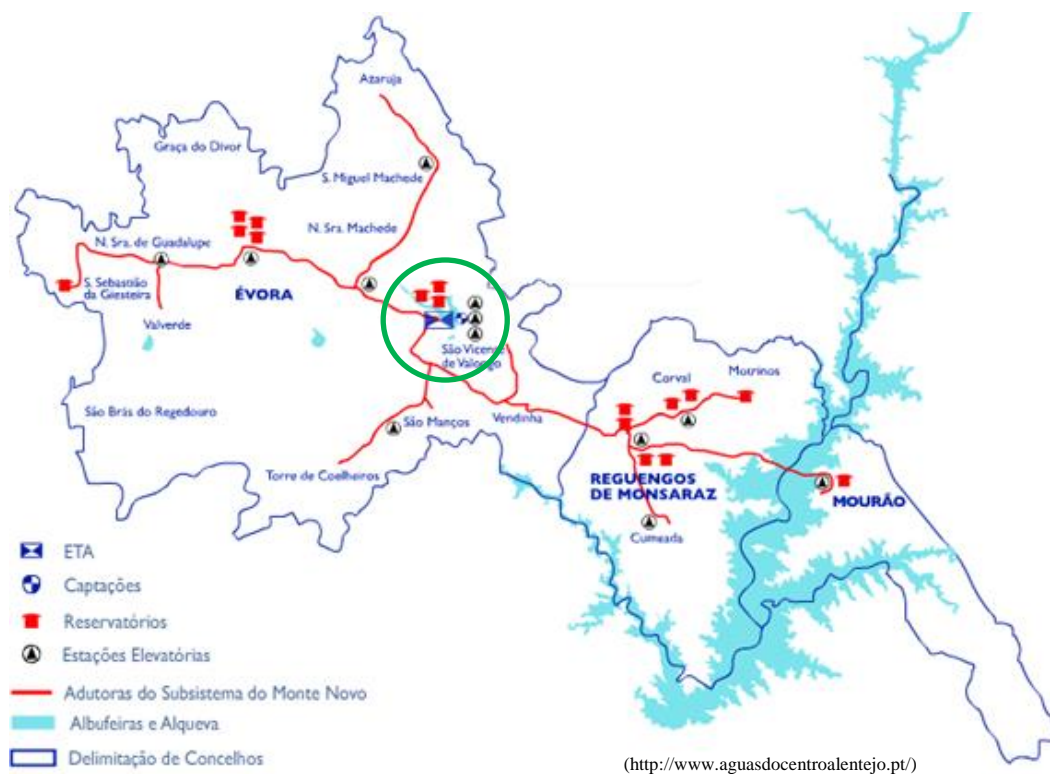


Figura 2 – Subsistema de abastecimento de água de Monte Novo.

Os dados técnicos do subsistema de Monte Novo são:

- Caudal máximo: 1 100 m³/h;
- N.º de estações de tratamento de água (ETA): 1;
- Comprimento de condutas: 182 km.

Apresenta-se na Figura 3, fotografias da estação de tratamento de água de Monte Novo.



Figura 3 – Obra de captação de água de Monte Novo.

O reservatório de armazenamento de água tratada localizado na ETA de Monte Novo possui as seguintes características:

- Número de células: 2;
- Cotas de soleira: 205 e 208 m;
- Diâmetros equivalentes⁴: 25 m e 11 m;
- Altura máxima de água: 2,85 m e 4,7 m;
- Volumes de cada célula: 1 400 m³ e 450 m³.

A estação elevatória, que aduz água desde o reservatório de Monte Novo até aos reservatórios que distribuem água à cidade de Évora, possui 3 bombas de funcionamento alternado, com as seguintes características:

- Caudal: 200 L/s, 200 L/s e 139 L/s;
- Altura manométrica: 175 m, 175 m e 152,4 m.

A cota da superfície livre na albufeira de Monte Novo nos meses de julho e agosto de 2013, em que a cota é mínima, variou entre 193,97 e 193,33 (SNIRH, 2013), deste modo considerou-se o valor de 194 m para a carga na albufeira.

⁴ Para reservatórios cilíndricos, corresponde ao diâmetro corrente. Para reservatórios quadrados ou retangulares, corresponde ao diâmetro equivalente a um reservatório cilíndrico.

3.3. Rede de distribuição de água na cidade de Évora

A rede de distribuição de água na cidade de Évora possui cerca de 269,49 km de condutas. Na Figura 4, é apresentado o seu traçado.

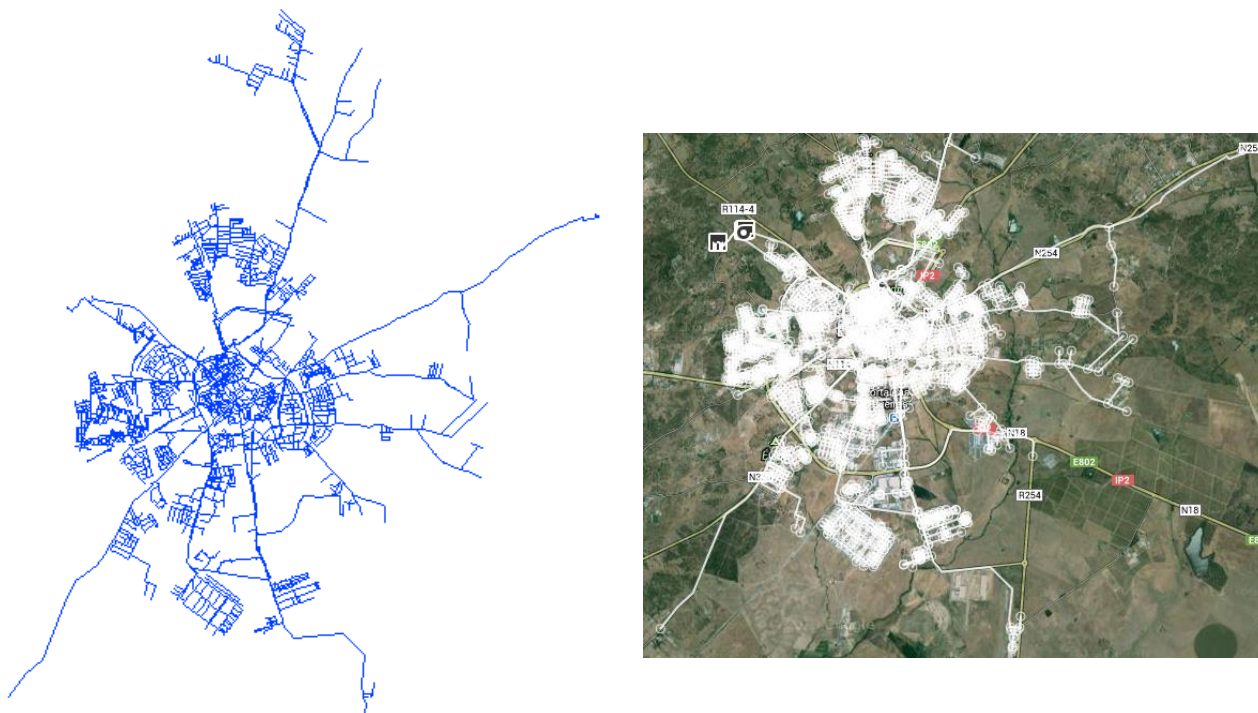


Figura 4 – Rede de distribuição de água à cidade de Évora.

As condutas da rede são em diferentes materiais: fibrocimento (FIB), ferro fundido (FF), policloreto de vinilo (PVC) e polietileno de alta densidade (PEAD), correspondendo a épocas diferentes de construção.

A distribuição dos materiais das principais condutas da rede é apresentada na próxima figura.

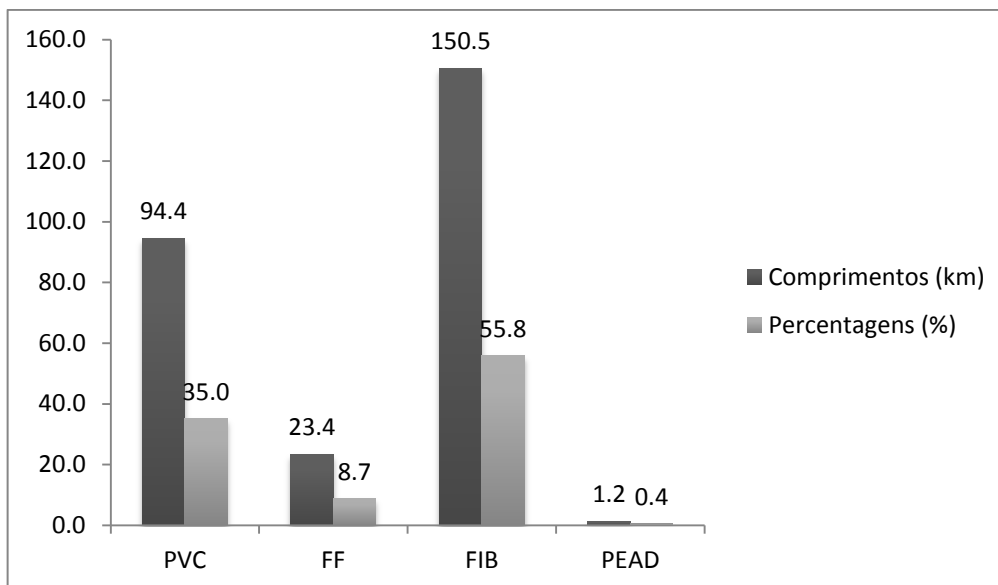


Figura 5 – Distribuição dos materiais das principais condutas da rede de distribuição de água.

A gama de diâmetros das principais condutas da rede de distribuição de água é apresentada na Figura 6.

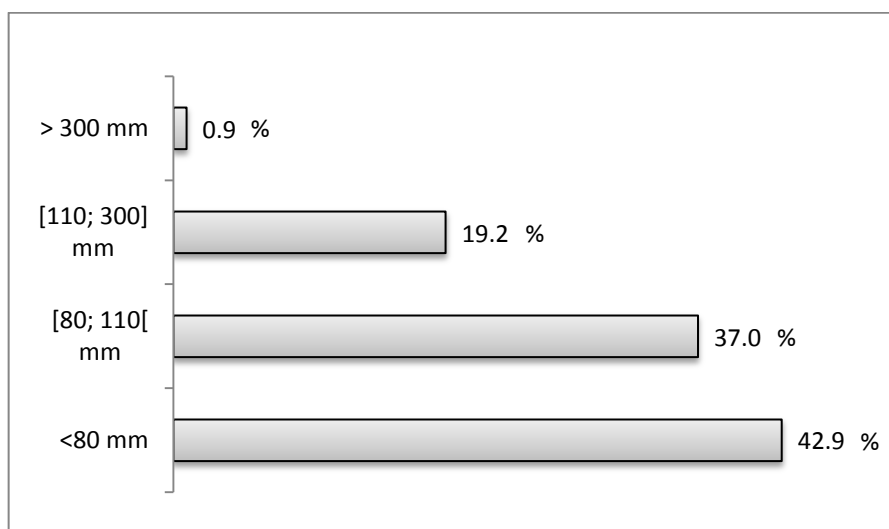


Figura 6 - Gama de diâmetros das principais condutas da rede de distribuição de água.

Apresenta-se a distribuição dos materiais por gama de diâmetro para a rede de distribuição de água na próxima figura.

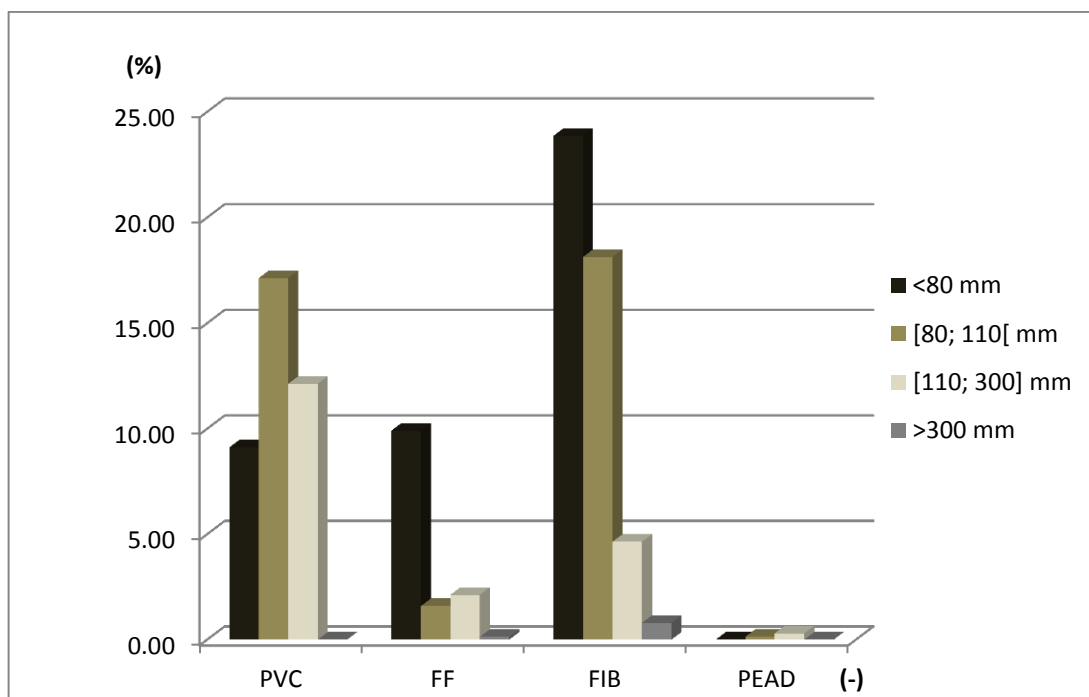


Figura 7 – Distribuição dos materiais por gama de diâmetros para a rede de distribuição de água a Évora.

Apresenta-se na Figura 8, a localização das diferentes gamas de diâmetros da rede de distribuição.



Figura 8 – Localização das gamas de diâmetros da rede de distribuição de água a Évora.

A informação apresentada sobre a distribuição dos materiais, dos diâmetros e do comprimento das condutas da rede de distribuição de água não inclui os ramais de ligação, apenas as condutas principais da rede, devido ao facto da entidade gestora Câmara Municipal de Évora não possuir em cadastro a apresentação total dos ramais.

Os diferentes materiais da rede de distribuição de água relacionam-se com diferentes épocas de construção. As condutas de FF foram instaladas aproximadamente na década de 1960, sendo que a vida útil técnica média assumida em Portugal destas infraestruturas seja de 40 anos. A distribuição deste material na rede é cerca de 8,7%, representando 23,4 km de condutas, como se pode ver na Figura 5.

Estima-se que a maioria das condutas em FIB tenha sido instalada aproximadamente na década de 1970 e a respetiva vida útil técnica média assumida em Portugal é de 30 anos. A distribuição deste material na rede é cerca de 55,8 %, representando 150,5 km de condutas, como se pode ver na Figura 5. A gama de diâmetros inferiores a 80 mm e superiores a 300 mm são maioritariamente em fibrocimento, como se pode ver na Figura 7.

A instalação de condutas em PVC terá sido iniciada aproximadamente a partir do ano de 2000 sendo, atualmente, o material utilizado na substituição de condutas da rede de distribuição. A distribuição deste material na rede é cerca de 35 % e representa aproximadamente 94,4 km de condutas, apresentado na Figura 5. A vida útil técnica média assumida em Portugal deste material é cerca de 45 anos.

A utilização de condutas em PEAD é pouco comum, representando apenas 0,4 % da distribuição de materiais na rede e 1,2 km de condutas, apresentado na Figura 5. Estima-se que a sua instalação tenha sido iniciada em 2007, sendo a sua vida útil técnica média assumida em Portugal de 45 anos.

Por falta de conhecimento do estado das condutas, foram estimadas as rugosidades dos materiais das condutas com base nos valores tabelados para a rugosidade em condutas novas (Quintela, 2009), com um agravamento considerado aceitável e de acordo com a idade das condutas. As rugosidades relativas a condutas novas foram multiplicadas por fatores diferentes, devido às diferentes épocas de construção associadas a cada tipo de material. Aos materiais mais antigos corresponderão rugosidades superiores, associadas ao envelhecimento natural das condutas e à deposição de substâncias ou espécies químicas existentes na água, que podem ocorrer em qualquer tipo de material (Alegre e Covas, 2010). Deste modo, os fatores de multiplicação para materiais mais antigos serão superiores em comparação com os materiais mais recentes, como se pode ver no Quadro 1.

Quadro 1 - Rugosidades atribuídas às condutas em funcionamento.

Material	Rugosidade
FF	$0,25 \text{ mm} \times 15 = 3,75 \text{ mm}$
FIB	$0,02 \text{ mm} \times 10 = 0,20 \text{ mm}$
PVC	$0,005 \text{ mm} \times 40 = 0,20 \text{ m}$
PEAD	$0,003 \text{ mm} \times 2 = 0,006 \text{ mm}$

Tendo em conta que as condutas de água foram implantadas aproximadamente a 1 m de profundidade da superfície do terreno, as cotas topográficas adotadas relativamente às condutas foram 1 m inferior às cotas topográficas do terreno.

Apresenta-se na Figura 9 a localização dos reservatórios de distribuição de água à cidade de Évora.



Figura 9 – Localização dos reservatórios de distribuição à cidade de Évora.

A rede de distribuição de água é abastecida por 2 reservatórios (5 células) localizados na zona de São Bento. Um reservatório abastece a zona alta da cidade (zona com cotas topográficas mais elevadas) e o outro reservatório abastece a zona baixa da cidade (zona com cotas topográficas menores), como se pode observar na Figura 10.

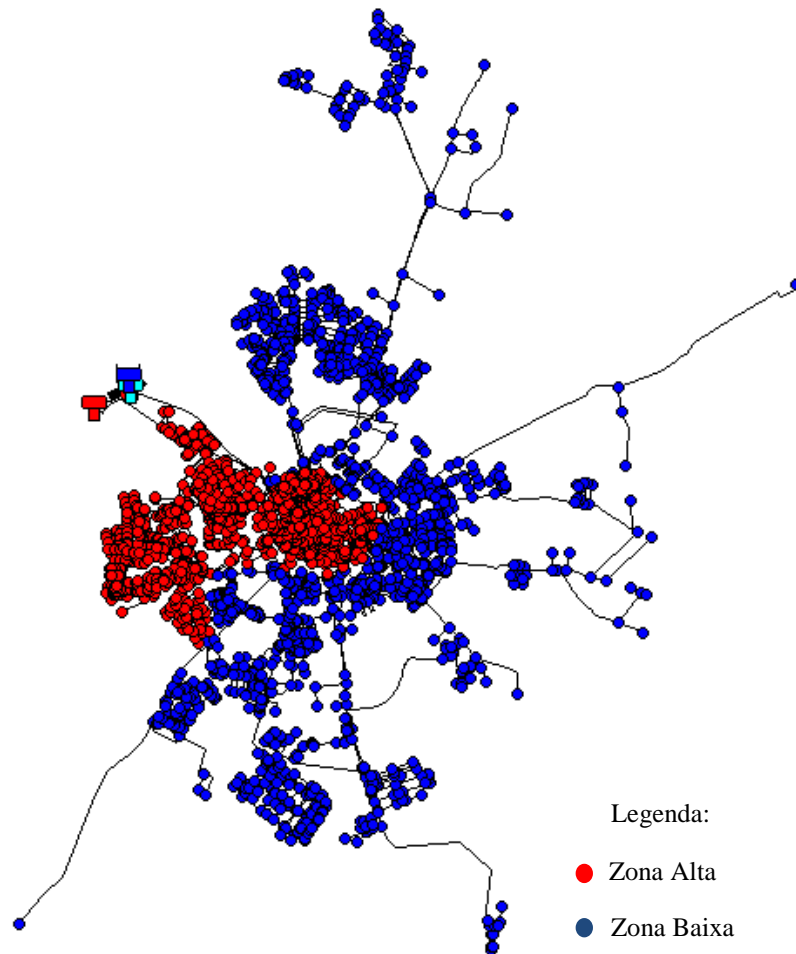


Figura 10 – Localização da zona baixa e da zona alta da rede de distribuição.

O reservatório que abastece a zona baixa da cidade de Évora possui as seguintes características:

- Número de células: 3;
- Cotas de soleira: 310 m;
- Diâmetros equivalentes das células: 57 m, 40 m e 18 m;
- Altura máxima de água: 4 m;
- Volumes das células: 10 000 m³, 5 000 m³ e 1 000 m³.

O reservatório que abastece a zona alta da cidade de Évora possui as seguintes características:

- Número de células: 2;
- Cotas de soleira: 345 m;
- Diâmetros equivalentes: 28 m;
- Altura máxima de água: 4 m;
- Volumes: 2 500 m³.

O reservatório da zona alta é abastecido pelo reservatório da zona baixa, como se vê na Figura 11. Na estação elevatória existente encontram-se duas bombas com funcionamento alternado e com as seguintes características:

- Caudal: 275 m³/h;
- Altura manométrica: 36 m;
- Potência: 37 kW.



Figura 11 - Localização da estação elevatória e implantação da conduta elevatória entre os reservatórios da zona baixa e zona alta.

No ano de 2012 o caudal máximo instantâneo registado na adutora foi de aproximadamente 1150 m³/h e o volume diário máximo consumido foi de aproximadamente 14 684 m³/dia, tendo ocorrido no dia 20 de agosto.

4. PROPOSTA DO PLANO ESTRATÉGICO DE GPI PARA OS SERVIÇOS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS DA CME

4.1. Caracterização da entidade gestora

A caracterização sumária da entidade gestora, do serviço de abastecimento de água e do serviço de drenagem de águas residuais é apresentada nos Quadros 2 a 5.

SERVIÇO DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

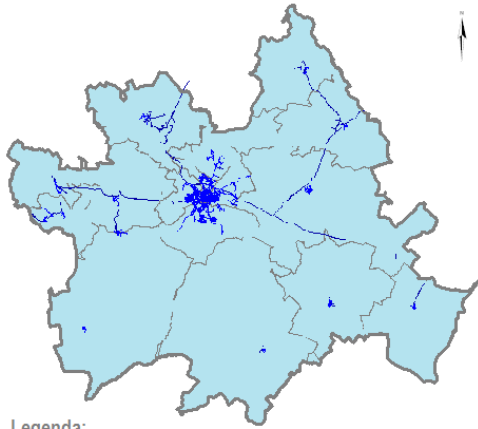
Quadro 2 – Perfil da entidade gestora sobre o serviço de AA em 2012.

▪ Perfil da entidade gestora

<i>Identificação da entidade gestora</i>	Câmara Municipal de Évora
<i>Modelo de gestão</i>	Gestão direta municipal
<i>Alojamentos servidos</i>	26 571
<i>Volume da atividade</i>	$3,2 \times 10^6$ m ³ de água faturada
<i>Tipologia da área de intervenção</i> ⁵	Predominantemente rural

Quadro 3 – Perfil do sistema sobre o serviço de AA em 2012.

▪ Perfil do sistema

<i>N.º de captações de água superficial</i>	0	 <p>Legenda: Município Freguesias</p>
<i>N.º de captações de água subterrânea</i>	7	
<i>N.º de estações de tratamento</i>	0	
<i>Comprimento da rede</i>	323,8 km	
<i>Densidade de ramais</i> ⁶	54 ramais/km	
<i>N.º de estações elevatórias</i>	3	
<i>N.º de reservatórios</i>	15	

⁵ A tipologia da área de intervenção é calculada através do número total da população residente no concelho e a densidade populacional (hab/km²) (ERSAR e LNEC, 2013). A classificação de Predominantemente Rural deve-se ao facto do concelho de Évora ser extenso e com baixa densidade populacional.

⁶ Valor estimado.

SERVIÇO DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS


Quadro 4 – Perfil da entidade gestora sobre o serviço de AR em 2012.

▪ **Perfil da entidade gestora**

<i>Identificação da entidade gestora</i>	Câmara Municipal de Évora
<i>Modelo de gestão</i>	Gestão direta municipal
<i>Alojamentos servidos</i>	26 276
<i>Volume da atividade</i>	Não medido
<i>Tipologia da área de intervenção</i>	Predominantemente rural

Quadro 5 – Perfil do sistema sobre o serviço de AR em 2012.

▪ **Perfil do sistema**

<i>N.º de estações de tratamento de águas residuais</i>	0	 <p>Legenda: Município Freguesias</p>
<i>Comprimento total de coletores</i>	230 km	
<i>Densidade de ramais⁷</i>	75 ramais/km	
<i>N.º de estações elevatórias</i>	0	

⁷ Valor estimado.

4.2. Âmbito e horizonte do plano

O plano estratégico de gestão patrimonial de infraestruturas (GPI) estabelece os objetivos estratégicos, os critérios, as métricas e as metas de avaliação, abrangendo toda a organização e área geográfica servida. O presente plano é uma proposta da minha autoria e possui um horizonte temporal de 20 anos.

4.3. Missão e visão da entidade gestora

- **Missão:** Garantir o abastecimento público de água e drenagem de águas residuais, atual e futuro, aos consumidores, com qualidade de serviço.
- **Visão:** Satisfazer as necessidades do consumidor, garantindo a sustentabilidade da entidade gestora e a sustentabilidade ambiental.

4.4. Objetivos, critérios, métricas e metas

4.4.1. Objetivos estratégicos

Os objetivos estratégicos são os seguintes:

- Adequação da interface com o utilizador;
- Sustentabilidade da gestão do serviço;
- Sustentabilidade ambiental.

4.4.2. Critérios e métricas

Os critérios de avaliação e as métricas do plano estratégico para os serviços de abastecimento de água e de águas residuais apresentam-se nos Quadros 6 e 7, de acordo com a 2.ª geração do sistema de avaliação proposto pela ERSAR (ERSAR e LNEC, 2013).

SERVIÇO DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Quadro 6 – Critérios de avaliação e métricas para o sistema de AA.

Objetivos estratégicos	Critérios de avaliação	Métricas
Adequação da interface com o utilizador	Acessibilidade do serviço aos utilizadores	Acessibilidade física do serviço (%)
	Qualidade do serviço prestado aos utilizadores	Ocorrência de falhas no abastecimento [n.º/(1000 ramais·ano)]
		Resposta a reclamações e sugestões (%)
Sustentabilidade da gestão do serviço	Sustentabilidade económica	Adesão ao serviço (%)
		Água não faturada (%)
	Sustentabilidade infraestrutural	Adequação da capacidade de tratamento (%)
		Reabilitação de condutas (%/ano)
		Ocorrência de avarias em condutas [n.º/(100 km·ano)]
Produtividade física dos recursos humanos	Adequação dos recursos humanos (n.º/1000 ramais)	
Sustentabilidade ambiental	Eficiência na utilização de recursos ambientais	Perdas reais de água [l/(ramal.dia)]
		Cumprimento do licenciamento das captações (%)
		Eficiência energética de instalações elevatórias [kWh/(m ³ ·100m)]
	Eficiência na prevenção da poluição	Destino de lamas do tratamento (%)

SISTEMA DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS

Quadro 7 – Critérios de avaliação e métricas para o sistema de AR.

Objetivos estratégicos	Critérios de avaliação	Métricas
Adequação da interface com o utilizador	Acessibilidade do serviço aos utilizadores	Acessibilidade física do serviço (%)
	Qualidade do serviço prestado aos utilizadores	Ocorrência de inundações [n.º/(1000 ramais·ano)]
		Resposta a reclamações e sugestões (%)
Sustentabilidade da gestão do serviço	Sustentabilidade económica	Adesão ao serviço (%)
	Sustentabilidade infraestrutural	Reabilitação de coletores (%/ano)
		Ocorrência de colapsos estruturais em coletores [n.º/(100 km·ano)]
Produtividade física dos recursos humanos	Adequação dos recursos humanos (n.º/(100 km·ano))	
Sustentabilidade ambiental	Eficiência na prevenção da poluição	Destino adequado de águas residuais recolhidas (%)

4.4.3. Situação em 2012 e metas

Para a aplicação do plano estratégico são definidas metas para cada métrica. As metas propostas são a curto prazo para um horizonte de planeamento de 1 ano, a médio prazo para um horizonte de planeamento de 10 anos e a longo prazo para um horizonte de planeamento de 20 anos.

A definição das metas foi feita com base na análise dos resultados mais recentes das métricas de desempenho para a organização, neste caso, os resultados do ano de 2012.

Apresentam-se os resultados das métricas de desempenho em 2012 e as metas propostas para o ano de 2014, 2023 e 2033, sobre o serviço de abastecimento de água, como se pode ver no Quadro 8. De seguida são justificadas as metas propostas.

SERVIÇO DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Quadro 8 – Situação em 2012 e metas para o serviço de AA.

Métricas	Resultados (2012)	Metas (2014)	Metas (2023)	Metas (2033)
Acessibilidade física do serviço (%)	● 91	● 91	● 91	● 91
Ocorrência de falhas no abastecimento [n.º/(1000 ramais·ano)]	● 0,51	● 0,51	● 0,51	● 0,51
Resposta a reclamações e sugestões (%) ⁸	⬮ 41,00	▲ 89,00	▲ 94,50	● 100
Adesão ao serviço (%)	● 99,60	● 99,60	● 100,00	● 100,00
Água não faturada (%)	▲ 28,5	▲ 28,3	▲ 26,3	▲ 24,3
Adequação da capacidade de tratamento (%)	NR	NA	NA	NA
Reabilitação de condutas (%/ano)	⬮ 0,02	⬮ 0,04	⬮ 0,24	⬮ 0,44
Ocorrência de avarias em condutas [n.º/(100 km·ano)]	▲ 48,0	▲ 47,8	▲ 45,8	▲ 43,8
Adequação dos recursos humanos (n.º/1000 ramais)	⬮ 1,30	⬮ 1,35	▲ 1,85	● 2,35
Perdas reais de água [l/(ramal.dia)] ⁵	▲ 134,0	▲ 133,8	▲ 131,8	▲ 129,8
Cumprimento do licenciamento das captações (%)	⬮ 0	NA	NA	NA
Eficiência energética de instalações elevatórias [kWh/(m ³ ·100m)]	● 0,40	● 0,39	● 0,34	● 0,27
Destino de lamas do tratamento (%)	NR	NA	NA	NA

Legenda: NR: não respondido pela entidade gestora; NA: não se aplica; ● Qualidade do serviço boa; ▲ Qualidade do serviço mediana; ⬮ Qualidade do serviço insatisfatória.

⁸ O resultado atribuído pela ERSAR sobre esta métrica foi de 0 %, sendo necessário contactar a entidade reguladora para a verificação deste lapso ou de alguma incorreção no envio dos dados para o seu cálculo. Para a criação do Plano Estratégico realizou-se o respetivo cálculo, que deverá ser confirmado após a resposta da ERSAR.

Apresentam-se as justificações das metas propostas para o serviço de abastecimento de água, com base nos resultados das métricas de 2012 e as métricas de desempenho propostas pela ERSAR, apresentadas nos Quadros 9 a 21. Os valores de referência apresentados nos seguintes quadros são relativos à classificação de qualidade de serviço boa.

– **Acessibilidade Física do Serviço (%)**

Quadro 9 – Propostas de metas para a acessibilidade física do serviço de AA.

Resultado de 2012	91
Qualidade do serviço de 2012	Boa [80; 100]
Valores de referência	[80; 100]
Proposta de melhoria anual do indicador	NA
Meta proposta para 2014	91
Meta proposta para 2023	91
Meta proposta para 2033	91

Os valores de referência são importantes, porém existem situações de condições especiais, em que um dado valor pode ser ótimo. Em Évora existe uma elevada dispersão dos consumidores, que pode levar à decisão de não abastecer a partir da rede pública. Nestes casos, o valor limite não é de 100 %, mas sim outro inferior. Deste modo, propuseram-se as metas de 91 %, considerando que a qualidade do serviço referente a este indicador é adequada e deverá continuar a manter-se.

– **Ocorrência de Falhas no Abastecimento [n.º/(1000 ramais·ano)]**

Quadro 10 – Propostas de metas para a ocorrência de falhas no abastecimento no serviço de AA.

Resultado de 2012	0,51
Qualidade do serviço de 2012	Boa [0,00; 1,00]
Valores de referência	[0,00; 1,00]
Proposta de melhoria anual do indicador	NA
Meta proposta para 2014	0,51
Meta proposta para 2023	0,51
Meta proposta para 2033	0,51

A realizarem-se investimentos de manutenção, conservação e reabilitação nas infraestruturas da rede de abastecimento de água, estes resultados tenderiam a melhorar. Porém, o envelhecimento natural dos componentes também afetará os resultados. Deste modo, propuseram-se as metas de 0,51 [n.°/(1000 ramais·ano)], considerando que a qualidade do serviço referente a este indicador é adequada e deverá continuar a manter-se.

– **Resposta a Reclamações e Sugestões (%)**

Quadro 11 – Propostas de metas para a resposta a reclamações e sugestões no serviço de AA.

Resultado de 2012	41,00
Qualidade do serviço de 2012	Insatisfatória [0,00; 85,00[
Valores de referência	100
Proposta de melhoria anual do indicador	0,55
Meta proposta para 2014	89,00
Meta proposta para 2023	$89,00 + (0,55 \times 10) = \mathbf{94,50}$
Meta proposta para 2033	$89,00 + (0,55 \times 20) = \mathbf{100,00}$

O resultado atribuído pela ERSAR sobre esta métrica foi de 0 %, sendo necessário contactar a entidade reguladora para a verificação deste lapso ou de alguma incorreção no envio dos dados para o seu cálculo. Para a elaboração do Plano Estratégico realizou-se o respetivo cálculo, que deverá ser confirmado pela ERSAR. Propôs-se a meta de 89 % para 2014 considerado que a organização tem capacidade de melhorar significativamente este resultado. Para as restantes metas propôs-se uma melhoria anual de 0,55 %. As estratégias referentes a este indicador serão apresentadas no subcapítulo 4.6, assinaladas por estratégias **E5** e **E10**.

– **Adesão ao serviço (%)**

Quadro 12 – Propostas de metas para a adesão ao serviço de AA.

Resultado de 2012	99,6
Qualidade do serviço de 2012	Boa [100,0; 95,0]
Valores de referência	[100,0; 95,0]
Proposta de melhoria anual do indicador	NA
Meta proposta para 2014	99,6
Meta proposta para 2023	100
Meta proposta para 2033	100

Propuseram-se as metas de 100 % para 2023 e 2033, considerando que se os consumidores têm a possibilidade de aderir com facilidade à rede pública de abastecimento de água, devem fazê-lo.

– **Água não faturada (%)**

Quadro 13 – Propostas de metas para a água não faturada sobre o serviço de AA.

Resultado de 2012	28,5
Qualidade do serviço de 2012	Mediana]20,0; 30,0]
Valores de referência]0,0; 20,0]
Proposta de melhoria anual do indicador	0,2
Meta proposta para 2014	$28,5 - 0,2 = \mathbf{28,3}$
Meta proposta para 2023	$28,3 - (0,2 \times 10) = \mathbf{26,3}$
Meta proposta para 2033	$28,3 - (0,2 \times 20) = \mathbf{24,3}$

Propôs-se uma melhoria anual de 0,2 % sobre a percentagem de água não faturada, considerando-se que o resultado deste indicador tem capacidade para ser melhorado. As estratégias referentes a este indicador serão apresentadas no subcapítulo 4.6, assinaladas por estratégia: **E6, E7, E9 e E13**.

– **Adequação da capacidade de tratamento (%)**

Quadro 14 – Propostas de metas para a adequação da capacidade de tratamento no serviço de AA.

Resultado de 2012	Não respondido
Qualidade do serviço de 2012	NA
Valores de referência	[90; 100[
Proposta de melhoria anual do indicador	NA
Meta proposta para 2014	NA
Meta proposta para 2023	NA
Meta proposta para 2033	NA

A organização não respondeu a esta métrica devido à insuficiência de dados necessários para o respetivo cálculo. É importante salientar que, a partir de 2014, a Câmara Municipal de

Évora deixará de responder a este indicador, pois deixará de possuir responsabilidade sobre qualquer infraestrutura de tratamento de água.

– **Reabilitação de condutas (%/ano)**

Quadro 15 – Propostas de metas para a reabilitação em condutas de AA.

Resultado de 2012	0,02
Qualidade do serviço de 2012	Insatisfatória [1,00; 4,00[
Valores de referência	[0,00; 0,80[
Proposta de melhoria anual do indicador	0,02
Meta proposta para 2014	$0,02 + 0,02 = \mathbf{0,04}$
Meta proposta para 2023	$0,04 + (0,02 \times 10) = \mathbf{0,24}$
Meta proposta para 2033	$0,04 + (0,02 \times 20) = \mathbf{0,44}$

Propôs-se uma melhoria anual de 0,02 (%/ano) sobre o indicador de reabilitação de condutas, considerando-se que o resultado deste indicador tem capacidade para ser melhorado. As estratégias referentes a este indicador serão apresentadas no subcapítulo 4.6, assinaladas por estratégias: **E2, E3, E4, E5 e E7**.

– **Ocorrência de avarias em condutas [n.º/(100 km·ano)]**

Quadro 16 – Propostas de metas para a ocorrência de avarias em condutas no serviço de AA.

Resultado de 2012	48,0
Qualidade do serviço de 2012	Mediana]30; 60]
Valores de referência]0; 30]
Proposta de melhoria anual do indicador	0,2
Meta proposta para 2014	$48,0 - 0,2 = \mathbf{47,8}$
Meta proposta para 2023	$47,8 - (0,2 \times 10) = \mathbf{45,8}$
Meta proposta para 2033	$47,8 - (0,2 \times 20) = \mathbf{43,8}$

Tomou-se em consideração que o eventual progresso em reabilitação de condutas proporcionará uma melhoria anual sobre o resultado do indicador de ocorrências de avarias em condutas. A estratégia referente a este indicador será apresentada no subcapítulo 4.6, assinalada por estratégia: **E4**.

– **Adequação dos recursos humanos (n.º/1000 ramais)**

Quadro 17 – Propostas de metas para a adequação dos recursos humanos no serviço de AA.

Resultado de 2012	1,30
Qualidade do serviço de 2012	Insatisfatória [0,00; 1,50[
Valores de referência	[2,00; 4,00[
Proposta de melhoria anual do indicador	0,05
Meta proposta para 2014	$1,30 + 0,05 = \mathbf{1,35}$
Meta proposta para 2023	$1,35 + (0,05 \times 10) = \mathbf{1,85}$
Meta proposta para 2033	$1,35 + (0,05 \times 20) = \mathbf{2,35}$

Propôs-se uma melhoria anual de 0,05 (n.º/1000 ramais) sobre o indicador de adequação dos recursos humanos, considerando-se que o resultado deste indicador deveria ser melhorado. A estratégia referente a este indicador será apresentada no subcapítulo 4.6, assinalada por estratégia: **E1**.

– **Perdas reais de água [l/(ramal.dia)]**

Quadro 18 – Propostas de metas para as perdas reais de água no serviço de AA.

Resultado de 2012	134
Qualidade do serviço de 2012	Mediana [100; 150]
Valores de referência	[0; 100]
Proposta de melhoria anual do indicador	0,2
Meta proposta para 2014	$134 - 0,2 = \mathbf{133,8}$
Meta proposta para 2023	$133,8 - (0,2 \times 10) = \mathbf{131,8}$
Meta proposta para 2033	$133,8 - (0,2 \times 20) = \mathbf{129,8}$

O resultado atribuído pela ERSAR sobre esta métrica foi de 0 %, sendo necessário contactar a entidade reguladora para a verificação deste lapso ou de alguma incorreção no envio dos dados para o seu cálculo. Para a elaboração do Plano Estratégico realizou-se o respetivo cálculo, que deverá ser confirmado após a resposta da ERSAR. Propôs-se a meta de 133,8 % para 2014 considerado que a organização tem capacidade de melhorar este resultado. Para as restantes metas propôs-se uma melhoria anual de 0,2 %. As estratégias referentes a este

indicador serão apresentadas no subcapítulo 4.6, assinaladas por estratégias: **E2, E3, E6, E7 e E8.**

– **Cumprimento do licenciamento das captações (%)**

Quadro 19 – Propostas de metas para o cumprimento do licenciamento das captações no serviço de AA.

Resultado de 2012	0
Qualidade do serviço de 2012	Insatisfatória [0; 90[
Valores de referência	100
Proposta de melhoria anual do indicador	NA
Meta proposta para 2014	NA
Meta proposta para 2023	NA
Meta proposta para 2033	NA

É importante salientar que a Câmara Municipal de Évora deixará de ser responsável pela resposta a esta métrica, após a celebração do contrato com a entidade gestora em alta, Águas do Centro Alentejo S.A., permitindo a transferência de toda a responsabilidade do serviço de captação para a entidade em alta. A estratégia referente a este indicador será apresentada no subcapítulo 4.6, assinalada por estratégia: **E11.**

– **Eficiência energética de instalações elevatórias [kWh/(m³·100m)]**

Quadro 20 – Propostas de metas para a eficiência energética de instalações elevatórias no serviço de AA.

Resultado de 2012	0,40
Qualidade do serviço de 2012	Boa [0,27; 0,40]
Valores de referência	[0,27; 0,40]
Proposta de melhoria anual do indicador	0,0062
Meta proposta para 2014	$0,40 - 0,0062 = \mathbf{0,39}$
Meta proposta para 2023	$0,40 - (0,0062 \times 10) = \mathbf{0,34}$
Meta proposta para 2033	$0,40 - (0,0062 \times 20) = \mathbf{0,27}$

Propôs-se uma melhoria anual de 0,0062 [kWh/(m³·100m)] sobre o indicador de eficiência energética de instalações elevatórias, considerando-se que o resultado deste indicador deveria

ser melhorado. A estratégia referente a este indicador será apresentada no subcapítulo 4.6, assinalada por estratégia: **E12**.

– **Destino de lamas do tratamento (%)**

Quadro 21 – Propostas de metas para o destino de lamas do tratamento no serviço de AA.

Resultado de 2012	Não respondido
Qualidade do serviço de 2012	NA
Valores de referência	100
Proposta de melhoria anual do indicador	NA
Meta proposta para 2014	NA
Meta proposta para 2023	NA
Meta proposta para 2033	NA

A organização não respondeu a este indicador de qualidade do serviço devido à insuficiência de dados necessários para o respetivo cálculo. É importante salientar que a partir de 2014 a Câmara Municipal de Évora deixará de ser responsável pela resposta a este indicador.

No Quadro 22, apresentam-se as métricas usadas, os respetivos resultados para 2012 e as respetivas metas para 2014, 2023 e 2033, para o serviço de drenagem de águas residuais.

SERVIÇO DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS

Quadro 22 – Avaliação da situação atual para o serviço de AR.

Métricas	Resultados (2012)	Metas (2014)	Metas (2023)	Metas (2033)
Acessibilidade física do serviço (%)	● 90	● 90	● 90	● 90
Ocorrência de inundações [n.º/(1000 ramais·ano)]	▲ 0,350	▲ 0,345	▲ 0,295	● 0,245
Resposta a reclamações e sugestões (%) ⁹	⬮ 38	▲ 96	▲ 98	● 100
Adesão ao serviço (%)	● 100	● 100	● 100	● 100
Reabilitação de colectores (%/ano)	⬮ 0,10	⬮ 0,15	⬮ 0,65	● 1,20
Ocorrência de colapsos estruturais em colectores [n.º/(100 km·ano)]	● 0	● 0	● 0	● 0
Adequação dos recursos humanos (n.º/(100 km·ano))	● 5,9	● 5,9	● 5,9	● 5,9
Destino adequado de águas residuais recolhidas (%)	● 100	● 100	● 100	● 100

Legenda: ● : Qualidade do serviço boa; ▲ : Qualidade do serviço mediana; ⬮ : Qualidade do serviço insatisfatória.

Nos Quadros 23 a 30 apresentam-se as métricas propostas pela ERSAR para o serviço de drenagem de águas residuais. Para cada indicador é apresentada e justificada a proposta de melhoria anual, assim como, as metas para os anos de 2014, 2023 e 2033.

Os valores de referência apresentados são relativos à classificação de qualidade do serviço boa.

⁹ O resultado atribuído pela ERSAR sobre esta métrica foi de 0 %, sendo necessário contactar a entidade reguladora para a verificação deste lapso ou de alguma incorreção no envio dos dados para o seu cálculo. Para a criação do Plano Estratégico realizou-se o respetivo cálculo, que deverá ser confirmado após a resposta da ERSAR.

SISTEMA DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS

– Acessibilidade Física do Serviço (%)

Quadro 23 – Propostas de metas para a acessibilidade física do serviço no serviço de drenagem de AR.

Resultado de 2012	90
Qualidade do serviço de 2012	Boa [70; 100]
Valores de referência	[70; 100]
Proposta de melhoria anual do indicador	NA
Meta proposta para 2014	90
Meta proposta para 2023	90
Meta proposta para 2033	90

Os valores de referência são importantes, porém existem condições especiais, em que um dado valor pode ser bom. Em Évora existe uma elevada dispersão dos consumidores, que pode levar à decisão de não aderir à rede de drenagem de águas residuais. Nestes casos, o valor limite não é de 100 %, mas sim outro inferior. Deste modo, propuseram-se as metas de 90 %, considerando que a qualidade do serviço referente a este indicador é adequada e deverá continuar a manter-se.

– Ocorrência de inundações [n.º/(1000 ramais·ano)]

Quadro 24 – Propostas de metas para a ocorrência de inundações no serviço de drenagem de AR.

Resultado de 2012	0,350
Qualidade do serviço de 2012	Mediana [0,25; 1,00[
Valores de referência	[0,00; 0,25[
Proposta de melhoria anual do indicador	0,005
Meta proposta para 2014	$0,350 - 0,005 = \mathbf{0,345}$
Meta proposta para 2023	$0,345 - (0,005 \times 10) = \mathbf{0,295}$
Meta proposta para 2033	$0,345 - (0,005 \times 20) = \mathbf{0,245}$

Propôs-se uma melhoria anual de 0,005 [n.º/(1000 ramais·ano)] sobre o indicador de ocorrência de inundações, considerando-se que o resultado deste indicador tem capacidade

para ser melhorado. A estratégia referente a este indicador será apresentada no subcapítulo 4.6, assinalada por estratégia: **E4**.

– **Resposta a reclamações e sugestões (%)**

Quadro 25 – Propostas de metas para a resposta a reclamações e sugestões no serviço de drenagem de AR.

Resultado de 2012	38
Qualidade do serviço de 2012	Insatisfatória [0; 85[
Valores de referência	100
Proposta de melhoria anual do indicador	0,2
Meta proposta para 2014	96
Meta proposta para 2023	$96 + (0,2 \times 10) = \mathbf{98}$
Meta proposta para 2033	$96 + (0,2 \times 20) = \mathbf{100}$

O resultado atribuído pela ERSAR sobre esta métrica foi de 0 %, sendo necessário contactar a entidade reguladora para a verificação deste lapso ou de alguma incorreção no envio dos dados para o seu cálculo. Para a criação do Plano Estratégico realizou-se o respetivo cálculo, que deverá ser confirmado após a resposta da ERSAR. Propôs-se a meta de 96 % para 2014 considerado que a organização tem capacidade de melhorar significativamente este resultado. Para as restantes metas propôs-se uma melhoria anual de 0,2 %. As estratégias referentes a este indicador serão apresentadas no subcapítulo 4.6, assinaladas por estratégias: **E5** e **E10**.

– **Adesão ao serviço (%)**

Quadro 26 – Propostas de metas para a adesão ao serviço de drenagem de AR.

Resultado de 2012	100
Qualidade do serviço de 2012	Boa [100; 95]
Valores de referência	[100; 95]
Proposta de melhoria anual do indicador	NA
Meta proposta para 2014	100
Meta proposta para 2023	100
Meta proposta para 2033	100

Propuseram-se as metas de 100 %, verificando que o resultado do indicador é o melhor possível e deverá continuar a sê-lo.

– **Reabilitação de coletores (%/ano)**

Quadro 27 – Propostas de metas para a reabilitação de coletores no serviço de drenagem de AR.

Resultado de 2012	0,1
Qualidade do serviço de 2012	Insatisfatória [0,0; 0,8[
Valores de referência	[1,0; 4,0[
Proposta de melhoria anual do indicador	0,05
Meta proposta para 2014	$0,1 + 0,05 = \mathbf{0,15}$
Meta proposta para 2023	$0,15 + (0,05 \times 10) = \mathbf{0,65}$
Meta proposta para 2033	$0,2 + (0,05 \times 20) = \mathbf{1,20}$

Propôs-se uma melhoria anual de 0,05 (%/ano) sobre o indicador de reabilitação de coletores, considerando-se que o resultado deste indicador tem capacidade para ser melhorado. As estratégias referentes a este indicador serão apresentadas no subcapítulo 4.6, assinaladas por estratégias: **E2**, **E4** e **E5**.

– **Ocorrência de colapsos estruturais em coletores [n.º/(100 km·ano)]**

Quadro 28 – Propostas de metas para a ocorrência de colapsos estruturais em coletores no serviço de drenagem de AR.

Resultado de 2012	0
Qualidade do serviço de 2012	Boa (0)
Valores de referência	0
Proposta de melhoria anual do indicador	NA
Meta proposta para 2014	0
Meta proposta para 2023	0
Meta proposta para 2033	0

Propuseram-se as metas de 0 [n.º/(100 km·ano)], verificando que o resultado do indicador é o melhor possível e se existirem trabalho de reabilitação dos coletores, deverá continuar a sê-lo.

– **Adequação dos recursos humanos (n.º/(100 km·ano)**

Quadro 29 – Propostas de metas para a adequação dos recursos humanos no serviço de drenagem de AR.

Resultado de 2012	5,9
Qualidade do serviço de 2012	Boa [5,0; 12,0]
Valores de referência	[5,0; 12,0]
Proposta de melhoria anual do indicador	NA
Meta proposta para 2014	5,9
Meta proposta para 2023	5,9
Meta proposta para 2033	5,9

Propuseram-se as metas de 5,9 (n.º/(100 km·ano), considerando que a qualidade do serviço referente a este indicador é boa e deverá continuar a manter-se.

– **Destino adequado de águas residuais recolhidas (%)**

Quadro 30 – Propostas de metas para o destino adequado de águas residuais recolhidas no serviço de drenagem de AR.

Resultado de 2012	100
Qualidade do serviço de 2012	Boa (100)
Valores de referência	100
Proposta de melhoria anual do indicador	-
Meta proposta para 2014	100
Meta proposta para 2023	100
Meta proposta para 2033	100

Propuseram-se as metas de 100 %, considerando que a qualidade do serviço referente a este indicador é boa e deverá continuar a manter-se.

4.5. Diagnóstico

O diagnóstico identifica as oportunidades e as ameaças, os pontos fortes e fracos, tendo em conta os objetivos estratégicos definidos.

Foram promovidas e realizadas reuniões informais com os engenheiros técnicos da DASPH (Divisão de Águas, Saneamento e Higiene Pública) da Câmara Municipal de Évora, para o desenvolvimento desta fase do planeamento, assim como para a definição das estratégias a propor.

4.5.1. Oportunidades de melhoria e principais ameaças

A avaliação da informação de contexto externo permite identificar as oportunidades de melhoria e as principais ameaças, face aos objetivos estratégicos estabelecidos.

Apresentam-se as oportunidades e ameaças relevantes:

- Oportunidades de melhoria:
 - Existência de metodologias e tecnologias de modelação hidráulica de aplicação livre (EPANET e SWMM);
 - Existência de metodologias e tecnologias, desenvolvidas recentemente e dominadas por especialistas nacionais, com potencial aplicação no contexto da GPI (AWARE-P);
 - Entrega da gestão das captações de água à Águas do Centro Alentejo, S.A.;
 - Aumento das tarifas, no caso de serem inferiores em comparação com outros municípios;
 - Disponibilização da Universidade de Évora para colaboração no planeamento e gestão dos sistemas públicos de água.

- Principais ameaças:
 - Redução de financiamento, o que dificultará a capacidade de investimentos em manutenção, conservação e reabilitação das infraestruturas dos serviços de abastecimento de água e drenagem de águas residuais (terminaram os PEASAR);

- Política de despedimentos da função pública, reduzindo a capacidade de admissão de operadores ou outros funcionários.

4.5.2. Pontos fortes e pontos fracos relevantes

A avaliação da informação de contexto interno permite identificar pontos fortes e pontos fracos da organização face aos objetivos estratégicos estabelecidos.

Apresentam-se os pontos fortes e pontos fracos relevantes:

- Pontos fortes:

- A organização tem a capacidade de melhorar a integração entre os dados de faturação, cadastro e modelo hidráulico;
- A organização tem capacidade de melhorar o registo relativo às ordens de serviço, que permitirá o enriquecimento do cadastro atual;
- Seria interessante realizar a comparação das tarifas atuais aplicadas com outros municípios e ponderar a sua aplicação.

- Pontos fracos:

- Redes de distribuição de água e de drenagem de águas residuais envelhecidas;
- Elevada quantidade de componentes principais e secundários das infraestruturas de abastecimento de água e de drenagem de águas residuais com um estado insatisfatório de conservação;
- Cadastro georreferenciado incompleto;
- Insuficiência de recursos humanos afetos aos serviços (*e.g.*: operários, operadores de máquinas);
- Planeamento insatisfatório da distribuição dos dias de férias dos operários, dificultado pela insuficiência de recursos humanos;
- Indisponibilidade de materiais, equipamentos e maquinaria;
- Serviços de gestão de contratação pública e de faturação de clientes ineficientes;

- Utilização de sistemas de informação não adequados, tornando-se difícil e moroso o cruzamento de informação;
- Elevada percentagem de água não faturada e de perdas reais de água, afetando a capacidade de sustentabilidade da organização.

4.6. Estratégias para a GPI dos serviços de abastecimento de água e de drenagem de águas residuais

De acordo com o diagnóstico realizado, são definidas pela minha autoria as seguintes estratégias que permitem contribuir para a concretização dos objetivos estratégicos previamente definidos.

E1 – Incremento de recursos humanos, nomeadamente de engenheiros técnicos, operários e operadores de maquinaria;

E2 – Incremento da disponibilidade de materiais, equipamentos e maquinaria;

E3 – Criação de um modelo hidráulico da rede de distribuição de água a Évora e utilização dos programas computacionais EPANET e SWMM para o planeamento de reabilitações;

E4 – Realização de intervenções de reabilitação faseadas em infraestruturas de abastecimento de água e de drenagem de águas residuais com base na aplicação do AWARE-P, tendo em consideração os parâmetros de desempenho, risco e custo;

E5 – Integração dos dados de faturação, de cadastro e de modelação hidráulica, para um sistema mais funcional e produtivo. Atualização do cadastro sempre que ocorra uma intervenção. Alteração do programa computacional de faturação dos clientes que tem sido bastante criticado pelos operadores;

E6 – Utilização de equipamentos para deteção de ruturas, a transmissão das vibrações nas infraestruturas de abastecimento de água permite detetar fugas na rede. A análise dos consumos noturnos também permite a deteção de fugas na rede;

E7 – Promoção do controlo de perdas de água através de medições de pressão e de caudal no período da noite e por deteção de fugas. Permite a capacidade de avaliar as perdas de água e calibração do modelo hidráulico;

E8 – Diminuição da entrada de água no sistema através do controlo de caudalímetros existentes para a rega de zonas verdes e definição de limites de caudais adequados, que promovam a sustentabilidade da entidade gestora e a sustentabilidade ambiental. Utilização de plantas que necessitem de menor disponibilidade hídrica;

E9 – Diminuição da água não faturada pela implementação de políticas de multa ou de corte de abastecimento de água, sobre consumidores que atualmente não paguem a água consumida;

E10 – Seria benéfico a melhoria sobre os resultados da percentagem de respostas a reclamações e sugestões, realizando-se um controlo do prazo de todas as reclamações e sugestões através da criação de uma estrutura que alerta-se os operadores sobre a aproximação do final do prazo de resposta;

E11 – Celebração e aplicação do contrato com a entidade gestora em alta, Águas do Centro Alentejo S.A., que permitirá a correta transferência da responsabilidade do serviço de captação para a entidade em alta;

E12 – Promoção da eficiência energética de instalações elevatórias através da redução do consumo de energia por m³ de água bombeada.

E13 – Combate aos erros de medição com manutenção ou substituição de contadores, para o controlo de perdas aparentes.

Apresenta-se no Quadro 31 a correspondência das estratégias definidas com as métricas, para os serviços de abastecimento de água e de drenagem de águas residuais.

Quadro 31 – Correspondência das estratégias e métricas.

Estratégias	Métricas
E1	Adequação dos recursos humanos (n.º/1000 ramais)
E2	Reabilitação de condutas (%/ano)
	Perdas reais de água [l/(ramal.dia)]
	Reabilitação de coletores (%/ano)
E3	Reabilitação de condutas (%/ano)
	Perdas reais de água [l/(ramal.dia)]
E4	Reabilitação de condutas (%/ano)
	Reabilitação de coletores (%/ano)
	Ocorrência de avarias em condutas [n.º/(100 km·ano)]
	Ocorrência de inundações [n.º/(1000 ramais·ano)]
E5	Resposta a reclamações e sugestões (%)
	Reabilitação de condutas (%/ano)
	Reabilitação de coletores (%/ano)
E6	Perdas reais de água [l/(ramal.dia)]
	Água não faturada (%)
E7	Perdas reais de água [l/(ramal.dia)]
	Água não faturada (%)
	Reabilitação de condutas (%/ano)
E8	Perdas reais de água [l/(ramal.dia)]
E9	Água não faturada (%)
E10	Resposta a reclamações e sugestões (%)
E11	Cumprimento do licenciamento das captações (%)
E12	Eficiência energética de instalações elevatórias [kWh/(m ³ ·100m)]
E13	Água não faturada (%)

4.7. Recursos necessários à implementação do plano estratégico de GPI

Apresenta-se a informação sobre os recursos humanos, tecnológicos e financeiros necessários à implementação deste instrumento de planeamento.

4.7.1. Recursos humanos

Alocação de recursos humanos para o planeamento estratégico:

- Identificação da equipa responsável pela implementação, monitorização e revisão do plano estratégico.

4.7.2. Recursos tecnológicos

Alocação de recursos tecnológicos para o planeamento estratégico:

- Utilização de instrumentos de modelação hidráulica (EPANET 2.0, SWMM);
- Utilização do programa computacional AWARE-P.

4.7.3. Recursos financeiros

Alocação de recursos financeiros para o planeamento estratégico:

- Desenvolvimento de planos táticos de reabilitação em infraestruturas de abastecimento de água e de drenagem de águas residuais.

4.8. Atualização, revisão e avaliação do plano estratégico de GPI

A implementação do Plano Estratégico consiste no desenvolvimento de Planos Táticos e Planos Operacionais. O horizonte do Plano Estratégico é a longo prazo, porém recomenda-se que o documento seja atualizado com uma frequência inferior a 5 anos, através da

comparação dos resultados das métricas de desempenho para todos os objetivos estratégicos e as respectivas metas.

A revisão do Plano Estratégico faz-se através da análise dos resultados da atualização, da identificação das razões dos desvios ocorridos e da ponderação das estratégias definidas.

Recomenda-se que a revisão seja efetuada com uma frequência inferior a 5 anos.

A avaliação do plano estratégico tem como objetivo analisar o cumprimento das medidas e estratégias sugeridas para a GPI.

5. MODELAÇÃO HIDRÁULICA DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA À CIDADE DE ÉVORA

5.1. Introdução

A modelação hidráulica de uma rede de distribuição de água engloba inúmeras vantagens, destacando-se a oportunidade de simular alternativas ao funcionamento da rede de distribuição que possam traduzir um desempenho superior, de analisar a sensibilidade da rede a variações de solicitações e de avaliar o desempenho das condições hidráulicas da rede. Destaca-se, ainda, a análise do desempenho da rede através da simulação de falhas em componentes críticos.

A modelação da qualidade da água permite simular a concentração de cloro residual e o seu tempo de percurso.

A modelação hidráulica da rede de distribuição de água foi desenvolvida com a aplicação do *software* EPANET 2.0. O EPANET foi desenvolvido pela *U.S. Environmental Protection Agency* (USEPA) e a versão portuguesa está amplamente difundida no meio nacional (LNEC, 2002). O uso deste programa é recomendado pela ERSAR e adequa-se às necessidades de simulação hidráulica dos sistemas de distribuição de água. É de utilização gratuita, com referências de fiabilidade e reconhecido a nível mundial (Alegre e Covas, 2010).

5.2. Desenvolvimento do modelo hidráulico

5.2.1. Planeamento do modelo hidráulico

A primeira fase de desenvolvimento do modelo e o seu planeamento é a identificação do sistema de distribuição de água a analisar, que neste caso se trata do sistema de distribuição de água da cidade de Évora.

Devido à extensão da rede de distribuição de água e à dificuldade de calibração do modelo hidráulico, por falta de equipamento de medição e registo de caudal e pressão, é recomendada a divisão da rede em áreas de análise. Neste trabalho, optou-se por analisar duas áreas com características diferentes. O Bairro de Almeirim, situado na periferia da cidade de Évora, com condutas maioritariamente em fibrocimento e cotas topográficas menores, motivado pelo interesse da Divisão de Águas e Saneamento e Higiene Pública (DASHP) da Câmara

Municipal de Évora, devido a queixas de pressão elevada por parte dos moradores deste bairro. A área de São Mamede, situada no centro da cidade de Évora, com condutas antigas e maioritariamente em ferro fundido, onde as cotas topográficas são superiores. Apresenta-se a localização das áreas de análise na Figura 12.



Figura 12 - Localizações das zonas de análise.

Os dados necessários para a modelação hidráulica da rede de distribuição de água da cidade de Évora são:

Dados de Cadastro:

- **Nós da rede:** localização e cotas topográficas (altimetria);
- **Condutas:** localização, comprimentos, diâmetros, materiais, e época de instalação das condutas;
- **Reservatórios:** localização, capacidade, n.º de células, cotas de soleira, alturas máxima de água e geometria (forma geométrica e diâmetro equivalente);
- **Estações Elevatórias:** localização, n.º de grupos, potência, caudal nominal, altura de elevação, origem e destino da água;

- **Órgãos de Manobra e Controle:** localização, diâmetro, subtipo, pressão de regulação (informação relativa a válvulas redutoras de pressão);
- **Equipamento de Monitorização:** localização, diâmetro e subtipo (informação relativa a medidores de caudal);

Medições:

- Registos de pressão na rede;
- Não foram realizadas medições de caudais na rede por falta de equipamento para o efeito, porém é recomendada a sua realização.

Para o diagnóstico das áreas de análise e calibração do modelo hidráulico é necessário realizar medições de pressão. As medições de pressão devem ter em consideração a localização dos nós de consumo no modelo em EPANET. Por isso, foram realizadas medições de pressão em locais coincidentes com nós de consumo do modelo em EPANET.

Para a medição da pressão, utilizou-se um dispositivo portátil incluindo um *datalogger*, e recomenda-se o registo da pressão ao longo de 24 horas com intervalo de 5 minutos. Deve ser solicitado, aos moradores das áreas de análise, a instalação do dispositivo numa das suas torneiras. Neste caso para a instalação do medidor de pressão foi necessário uma torneira roscada, que em muitos casos é difícil de localizar devido à sua pouca necessidade a nível doméstico. Os moradores do Bairro de Almeirim possuem bastantes quintais, aumentando a possibilidade de existência de torneiras roscadas para o uso de mangueiras de rega. Apresenta-se na Figura 13 o equipamento de medição usado.



Figura 13 – Manómetro com *Datalogger* para medição de pressão e exemplo de aplicação.

Dados de faturação:

- Consumos mensais e anuais de água de todos os clientes da área em análise.

Para a estimativa dos consumos nas áreas de análise, recolheram-se os dados de faturação correspondentes ao ano de 2012 de todos os clientes das principais ruas das respetivas áreas. Para a fiabilidade dos valores recolhidos teve-se em consideração os ciclos de leitura nos contadores de água dos clientes, evitando a contabilização dos ciclos de estimativa dos consumos de água.

5.2.2. Construção do modelo hidráulico

Os procedimentos tidos em conta na construção do modelo hidráulico da rede foram os seguintes:

- Atualização da rede de distribuição em AutoCAD. Verificação se todas as alterações efetuadas na rede foram adicionadas ou corrigidas no ficheiro computacional. É

importante garantir a atualização constante de todas as alterações no cadastro da rede de distribuição;

- Importação do traçado da rede de distribuição em AutoCAD para EPANET (os comprimentos das condutas e a localização prévia dos nós de consumo são automaticamente inseridos em EPANET). Utilização do programa computacional EpaCAD que permitirá a conversão dos desenhos em AutoCAD em formatos que poderão ser compatíveis com o programa EPANET;
- Verificação do traçado da rede em EPANET e correção da localização dos nós de consumo. Esta verificação é muito importante, devido ao facto de a localização dos nós da rede corresponderem às localizações das extremidades das linhas (*polylines*) nos desenhos em AutoCAD. Verificou-se que em diversos casos os nós da rede em EPANET encontraram-se desconectados entre si, tendo sido necessário a verificação e correção de todas estas falhas observadas;
- Estruturação dos restantes dados necessários para o carregamento no modelo;
- Introdução de todos os valores dos diâmetros das condutas em EPANET;
- Introdução de todos os valores das rugosidades nos traçados das condutas em EPANET de acordo com os diferentes materiais, épocas de instalação das condutas e fatores multiplicativos para agravamento das rugosidades;
- Introdução de todos os valores das cotas topográficas nos nós de consumo em EPANET;
- Introdução dos reservatórios em EPANET, valores das cotas de soleira, dos diâmetros equivalentes e das alturas máximas de água;
- Introdução das estações elevatórias em EPANET e criação das curvas características das bombas, de acordo com os valores de caudais e alturas manométricas correspondentes;
- Introdução dos acessórios relevantes em EPANET. Neste caso, os únicos acessórios considerados relevantes foram as válvulas de seccionamento, permitindo a possibilidade de fechar ou abrir determinado troço de condutas para a simulação de falhas em componentes críticos do sistema. O programa EPANET possui a possibilidade de fechar ou abrir qualquer conduta e, deste modo, não foi necessário a aplicação de nenhum acessório específico;
- Recolha e síntese dos dados de faturação dos clientes das áreas em análise e tratamento dos dados a nível mensal e anual, apresentado no subcapítulo 5.3;

- Realização de medições de pressão nas zonas de análise, para a calibração do modelo e o diagnóstico do sistema de distribuição de água, apresentado no subcapítulo 5.4;
- Estimativa dos consumos nos nós. Os consumos na rede são aplicados nos nós e para cada troço de conduta, o consumo é dividido igualmente por cada nó localizado nas extremidades do mesmo troço;
- Criação de padrões de consumo, apresentado no subcapítulo 5.5;
- A introdução de toda a informação anterior foi verificada em EPANET e qualquer lapso observado foi completado;
- Calibração iterativa do modelo por comparação com os resultados medidos na rede. Simularam-se as pressões na rede de distribuição em EPANET e compararam-se os valores de pressão simulados nos nós com os valores de pressão medidos, apresentado no subcapítulo 5.6.

5.3. Tratamento dos dados de faturação

Para a estimativa dos consumos no Bairro de Almeirim, recolheram-se os dados de faturação de todos os clientes das ruas principais do bairro:

- Rua de Santo António a Almeirim;
- Rua Maria Auxiliadora;
- Rua São João Bosco.

Para a fiabilidade dos valores recolhidos tomaram-se em consideração os ciclos de leitura nos contadores de água dos clientes, evitando a contabilização dos ciclos de estimativa dos consumos de água no Quadro 32. Apresenta-se o registo de faturação total entre dezembro de 2011 a novembro de 2012 e os resultados de faturação entre os intervalos de medição, entre dezembro de 2011 a março de 2012, entre março a julho de 2012, entre julho a setembro de 2012 e entre setembro a novembro de 2012, para o Bairro de Almeirim, Quadro 32.

Quadro 32 – Faturação no Bairro de Almeirim.

Ruas do Bairro de Almeirim	Consumo (m³)				
	mar-12	jul-12	set-12	nov-12	Total (m ³)
Santo António	1100	2419	1167	1105	6033
Maria Auxiliadora	1198	2924	1579	1236	6937
São João Bosco	986	2009	1617	1221	6196

No Quadro 32 pode observar-se que no período entre o mês de março e o mês de julho os consumos registados são superiores. Os resultados totais para as três ruas são semelhantes, comprovando-se que os hábitos de consumos dos clientes no Bairro de Almeirim são semelhantes.

Numa rede de distribuição de água, os consumos estão distribuídos ao longo das condutas. Porém, no modelo hidráulico, os consumos são concentrados nos nós. Assim, é necessário atribuir a cada nó um caudal de consumo específico, denominado por consumo-base, resultante do somatório dos consumos de percurso dos semi-comprimentos das condutas que contribuem para o nó.

Os consumos-base foram calculados para os meses de maior consumo. No Bairro de Almeirim, foi calculado o consumo diário médio entre os meses de julho e agosto, períodos mensais de maior consumo, para cada uma das três ruas apresentadas no Quadro 32. Assumindo a distribuição uniforme de percurso do caudal em cada uma das ruas, a concentração nos nós de extremidade de metade do consumo num dado troço, foram calculados os consumos-base nos nós.

Para as restantes ruas do bairro, onde não se avaliaram os registos de faturação, foram atribuídos os mesmos caudais de percurso unitário e calculados os consumos-base nos nós, aplicando a mesma metodologia.

Para a estimativa dos consumos na zona de São Mamede, recolheram-se os dados de faturação de todos os clientes de duas ruas principais adjacentes à zona de São Mamede:

- Rua de Aviz;
- Rua do Cano.

A Rua de Aviz e a Rua do Cano encontram-se fora da área de análise. Esta situação justifica-se pelo facto de se considerar que estas ruas representam de modo satisfatório as características de consumo na área estudada em São Mamede. Na Figura 14 são localizadas as ruas de Aviz e do Cano e a zona de São Mamede.



Figura 14 – Localização das ruas analisadas para a faturação de clientes na zona de São Mamede.

No Quadro 33 apresenta-se a faturação total entre dezembro de 2011 a novembro de 2012 e os resultados de faturação entre os intervalos de medição, nomeadamente entre dezembro de 2011 a março de 2012, entre março a julho de 2012, entre julho a setembro de 2012 e entre setembro a novembro de 2012, para a zona de São Mamede.

Quadro 33 – Registos de faturação na zona de São Mamede.

Ruas de São Mamede	Consumo (m ³)				Total (m ³)
	mar-12	jul-12	set-12	nov-12	
Rua de Aviz	1337	2059	2465	1533	7394
Rua do Cano	347	540	616	422	1925

Notou-se a presença significativa de locais de comércio tanto na Rua de Aviz como na Rua do Cano. Os consumos para a Rua do Cano são bastantes inferiores em comparação aos anteriores. Durante o processo de tratamentos dos dados de faturação relativos à Rua do Cano, observou-se que bastantes habitações domésticas registaram consumos nulos ou praticamente nulos, eventualmente por estarem desabitadas.

Para a definição dos consumos-base na zona de São Mamede utilizou-se a mesma metodologia aplicada ao Bairro de Almeirim.

5.4. Medições de pressão na rede

As medições de pressão no Bairro de Almeirim localizaram-se nas:

- Rua Maria Auxiliadora;
- Rua de Santo António a Almeirim;
- Rua de São João Bosco.

Realizaram-se três medições por cada rua, ou seja, 9 medições no total, em zonas coincidentes com os nós do modelo em EPANET. Na Figura 15, apresenta-se a localização dos pontos de medição de pressão no Bairro de Almeirim.



Apresentam-se os resultados das medições de pressão no Bairro de Almeirim nas Figuras 16 a 24.

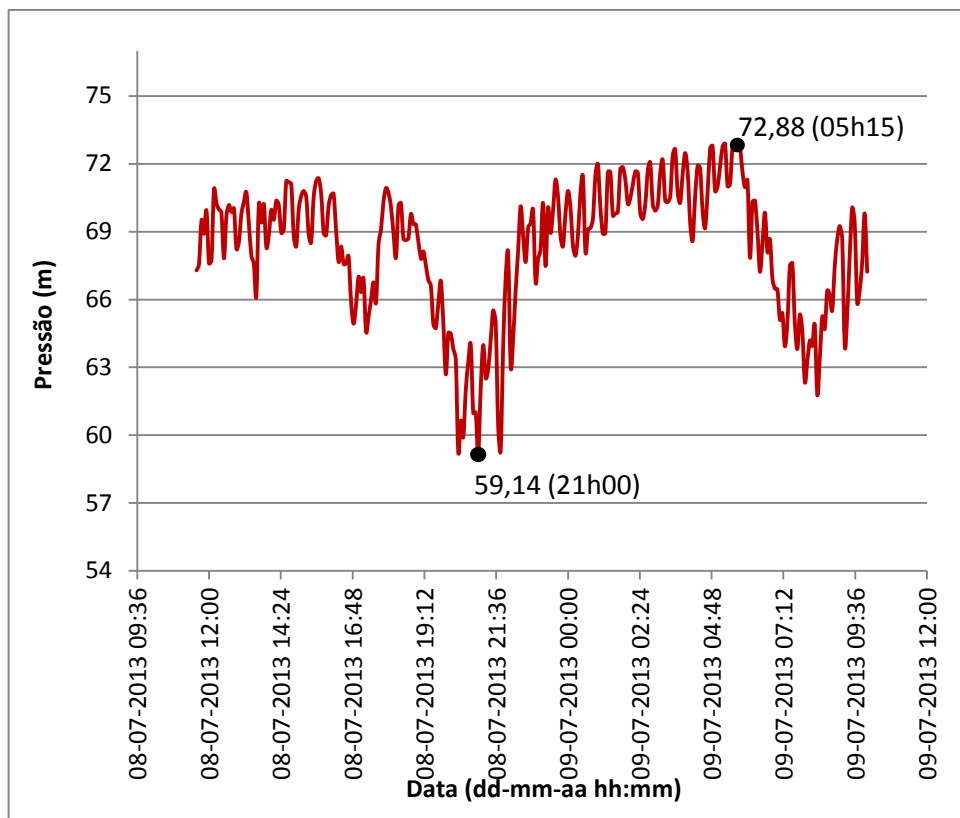


Figura 16 – Medição no local n.º1, registado entre as 11h35 de 08/07/2013 e as 10h00 de 09/07/2013.

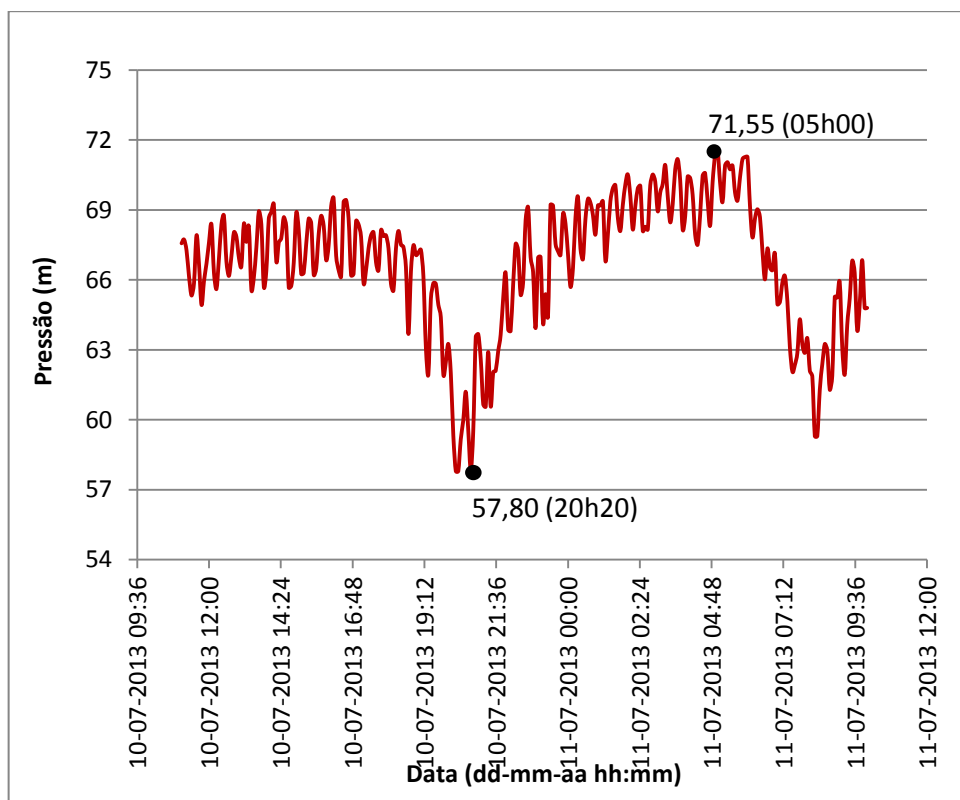


Figura 17 – Medição no local n.º2, registado entre as 11h05 de 10/07/2013 e as 10h00 de 11/07/2013.

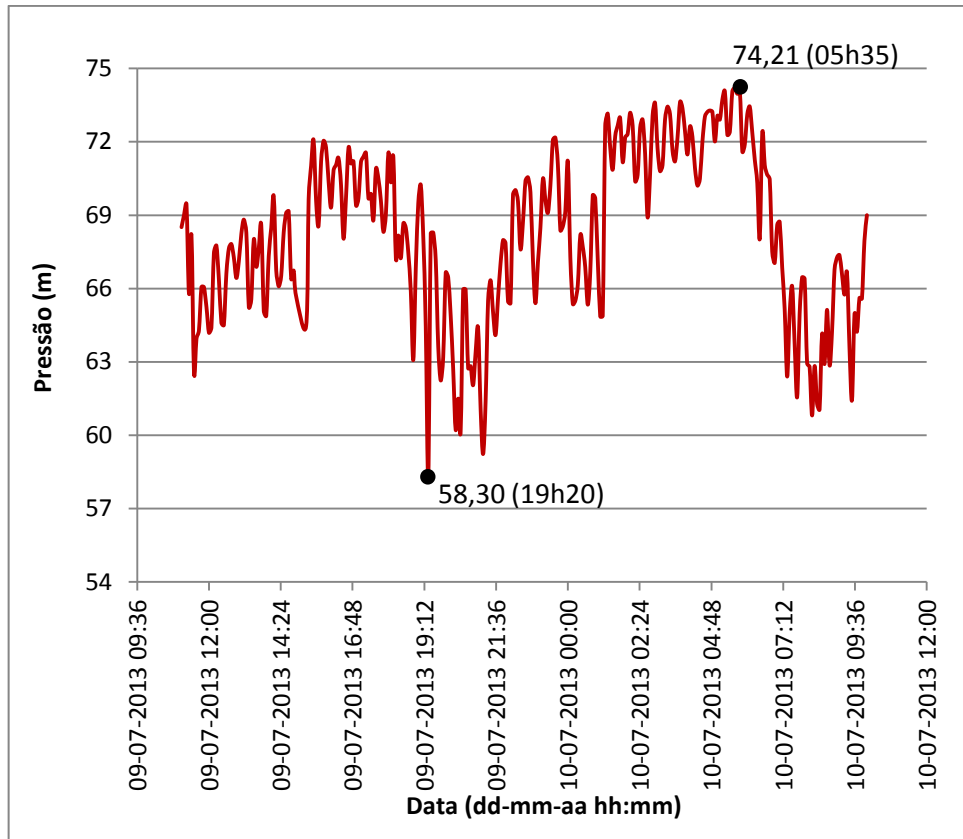


Figura 18 – Medição no local n.º3, registado entre as 11h05 de 09/07/2013 e as 10h00 de 10/07/2013.

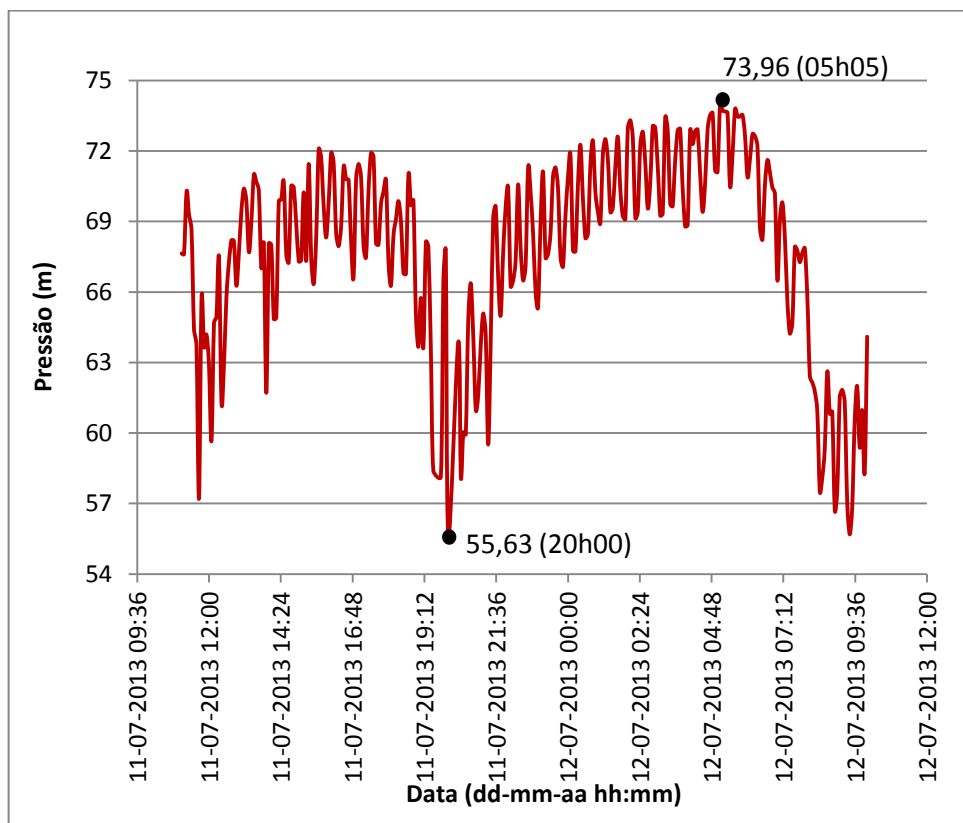


Figura 19 – Medição no local n.º4, registado entre as 11h05 de 11/07/2013 e as 10h00 de 12/07/2013.

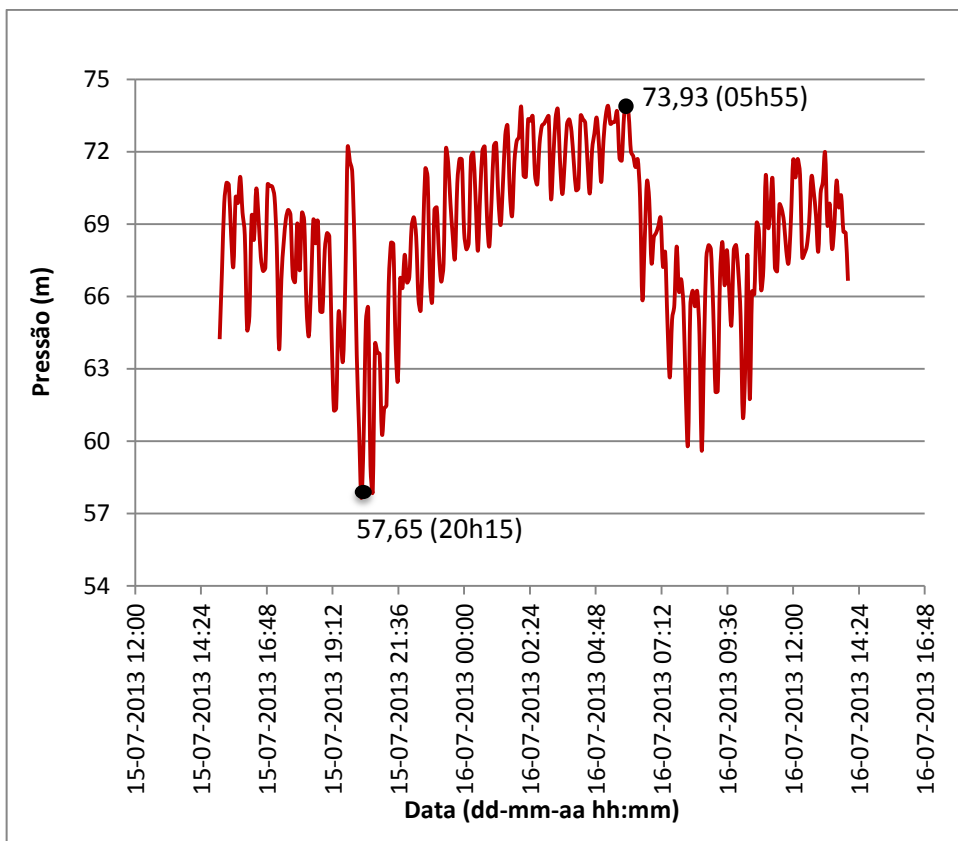


Figura 20 – Medição no local n.º5, registado entre as 15h05 de 15/07/2013 e as 14h00 de 16/07/2013.

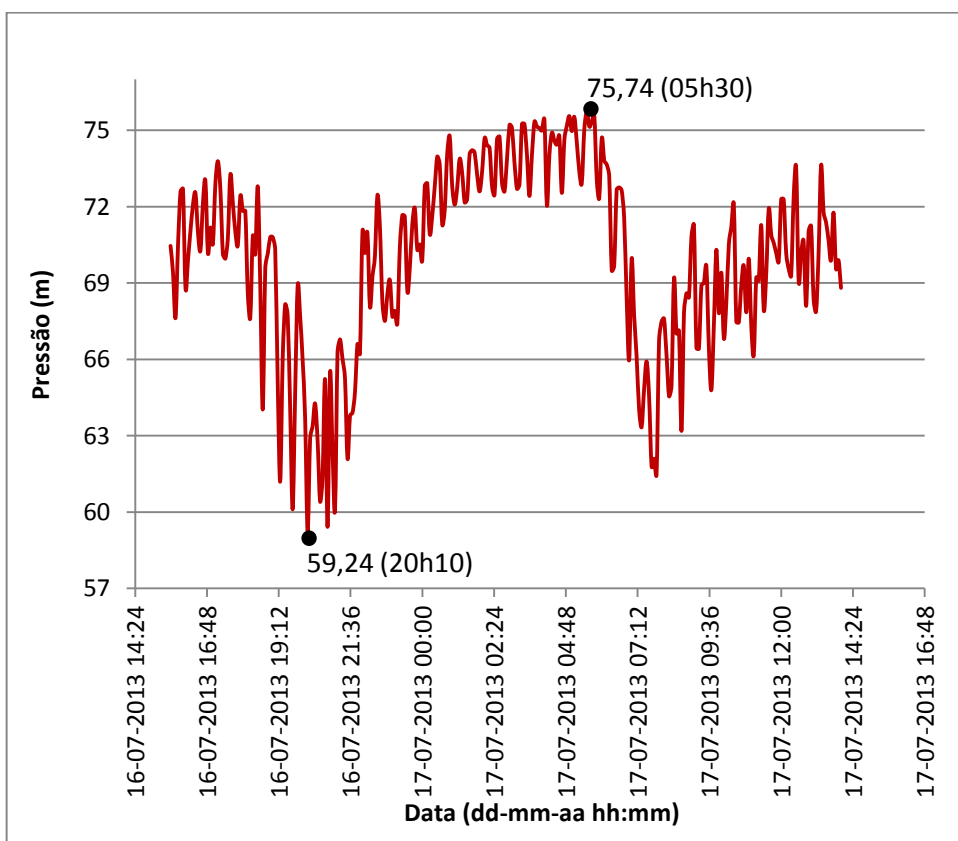


Figura 21 – Medição no local n.º6, registado entre as 15h35 de 16/07/2013 e as 14h00 de 17/07/2013.

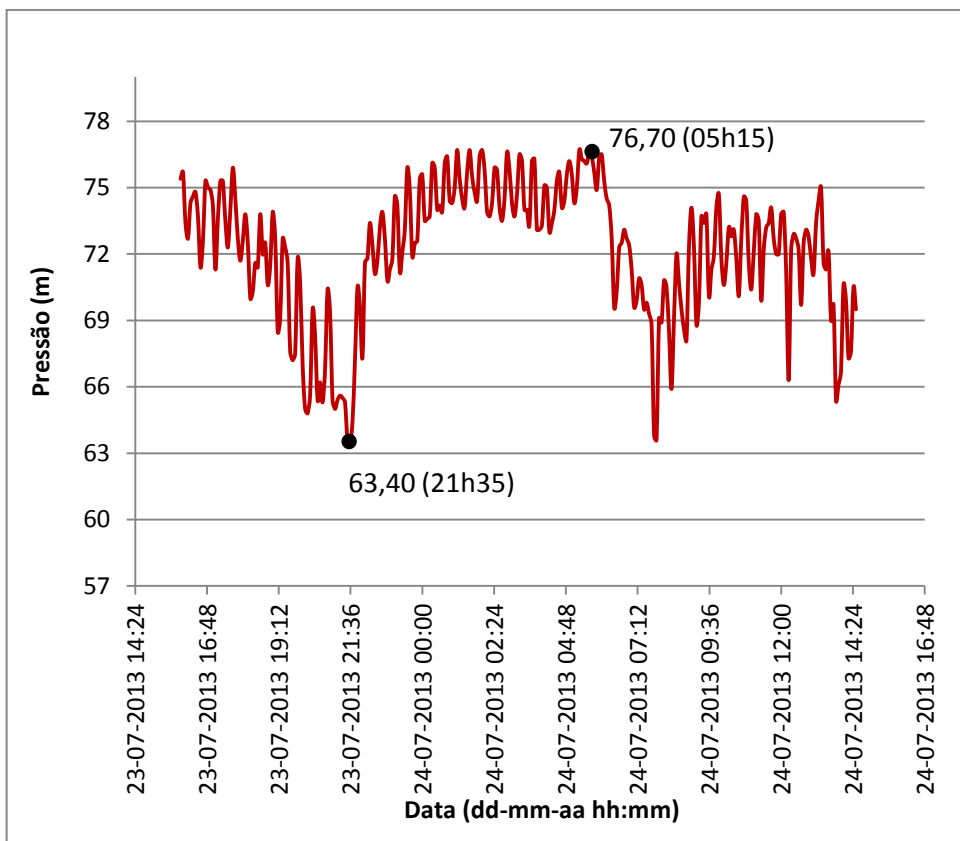


Figura 22 – Medição no local n.º7, registado entre as 15h55 de 23/07/2013 e as 14h30 de 24/07/2013.

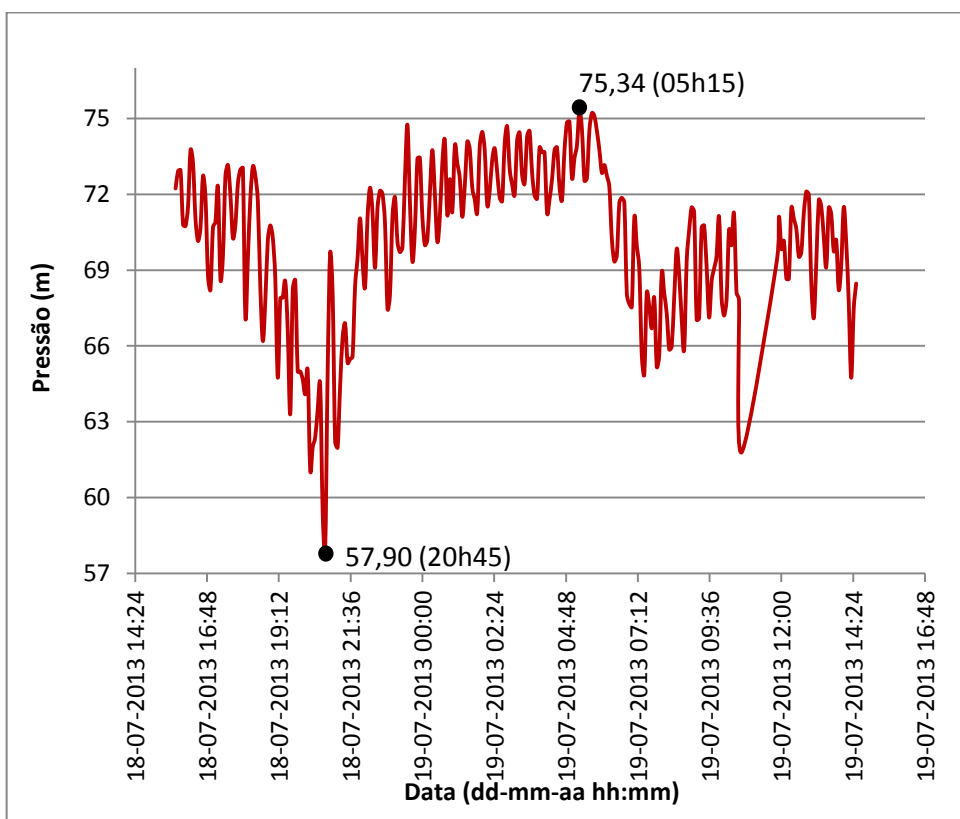


Figura 23 – Medição no local n.º8, registado entre as 15h45 de 18/07/2013 e as 14h30 de 19/07/2013.

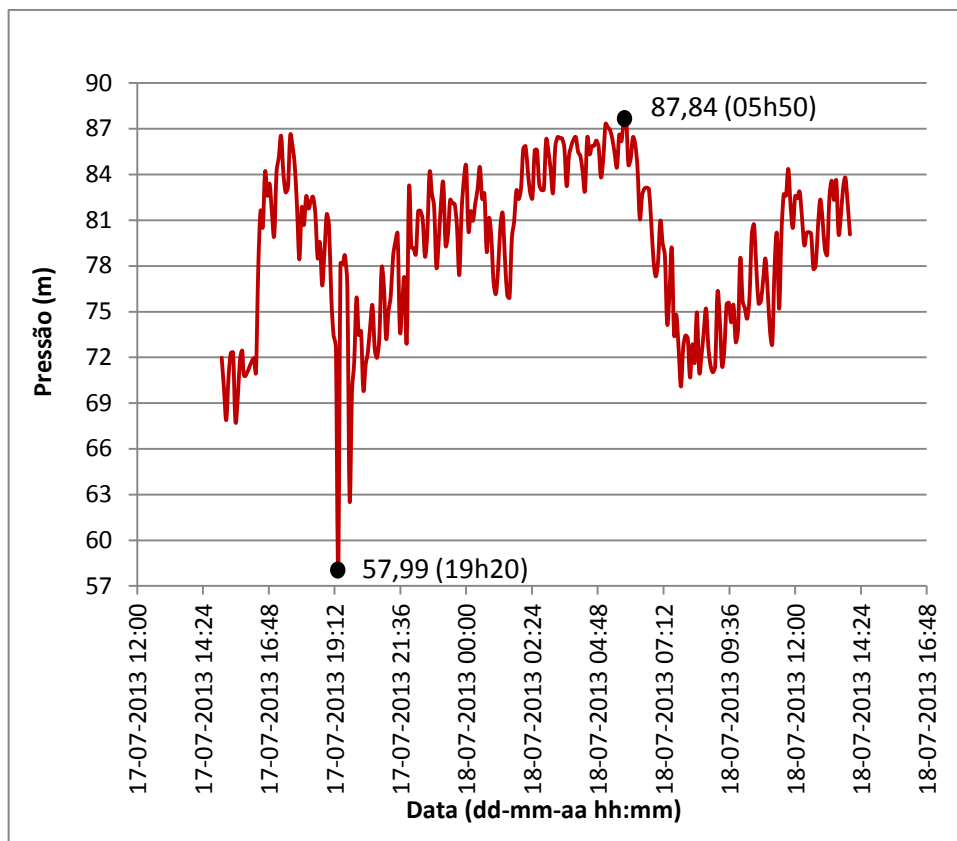


Figura 24 – Medição no local n.º9, registado entre as 15h05 de 17/07/2013 e as 14h00 de 18/07/2013.

O valor máximo registado foi de 87,84 m.c.a. às 05h50 do dia 18/07/2013, e o valor mínimo registado foi de 55,63 m.c.a., às 20h00 do dia 11/07/2013. Tendo em conta que a pressão máxima regulamentada é de 60 m.c.a., pode concluir-se que a grande maioria dos valores registados estão acima da pressão máxima regulamentada. Considerando a pressão mínima de 18 m.c.a., pode concluir-se que todos os valores registados se encontram claramente acima do valor mínimo considerado.

O período de menor consumo ocorre entre as 05h00 e as 06h00 e o período de maior consumo ocorre entre as 20h00 e as 21h00.

Para a criação do padrão de consumo do Bairro de Almeirim, analisaram-se as pressões registadas, identificando os períodos de maior pressão associados a menor consumo e os períodos de menor pressão associados a consumos maiores.

As medições de pressão na zona de São Mamede decorreram nos seguintes locais:

- Largo de São Mamede;
- Rua de Aviz;
- Rua do Amauriz;
- Rua do Menino Jesus;
- Rua das Alcaçarias.

Realizaram-se 6 medições no total, em zonas coincidentes com os nós do modelo em EPANET. Apresenta-se a localização pormenorizada da zona de São Mamede e os locais das medições de pressão na Figura 25.



Figura 25 - Localizações das medições de pressão na zona de São Mamede.

Os resultados das medições de pressão na zona de São Mamede são apresentados nas Figuras 26 a 31.

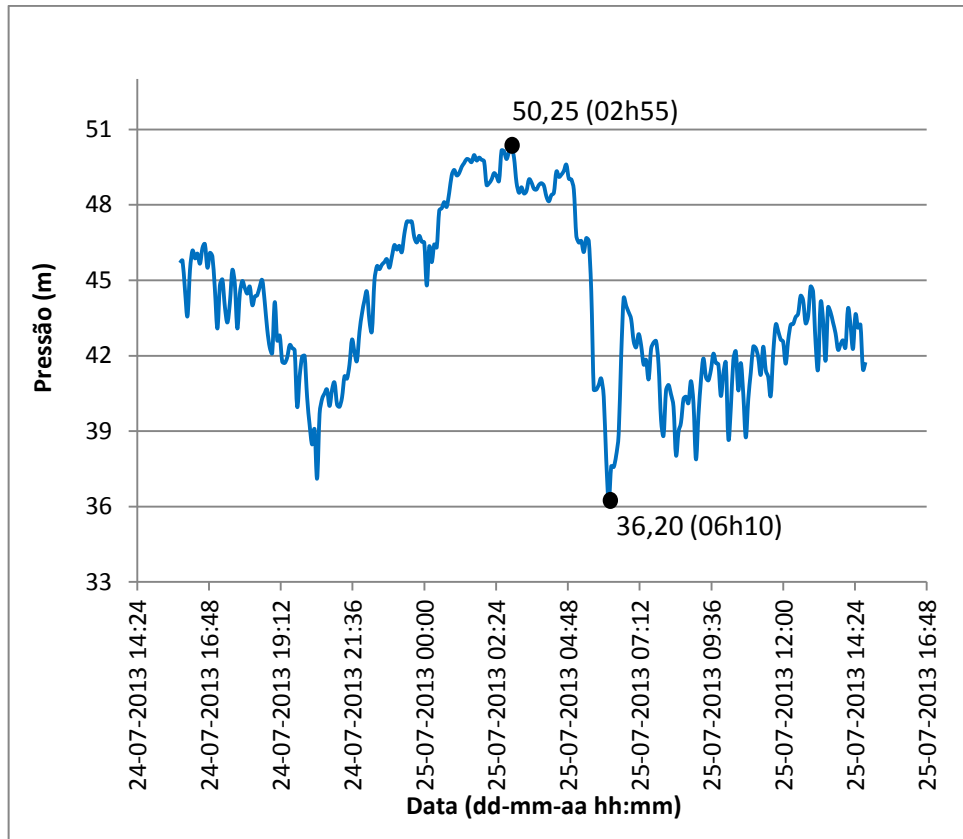


Figura 26 – Medição no local n.º10, registado entre as 15h50 de 24/07/2013 e as 14h45 de 25/07/2013.

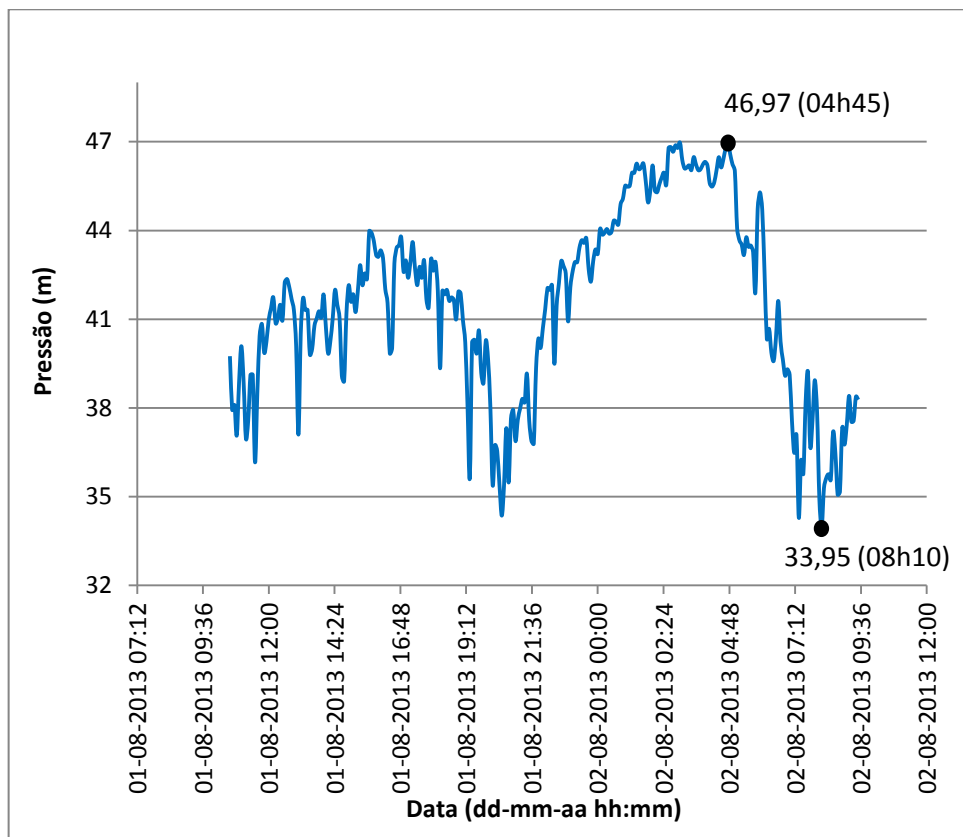


Figura 27 – Medição no local n.º11, registado entre as 10h35 de 01/08/2013 e as 09h30 de 02/08/2013.

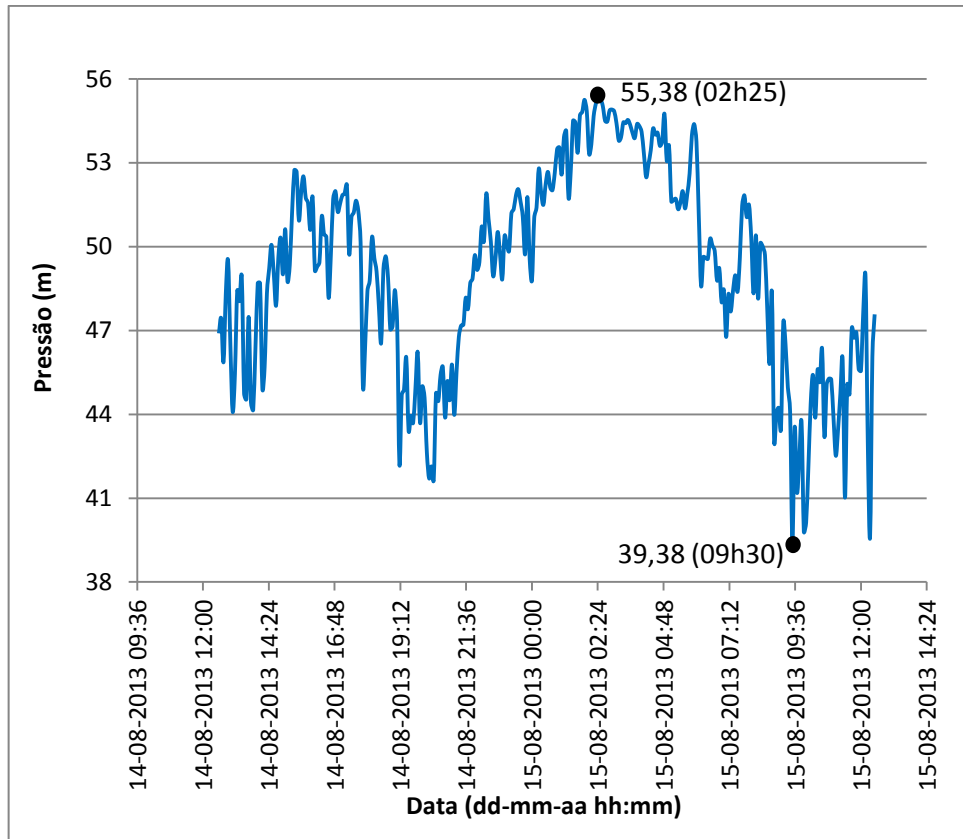


Figura 28 – Medição no local n.º12, registado entre as 12h35 de 14/08/2013 e as 12h30 de 15/08/2013.

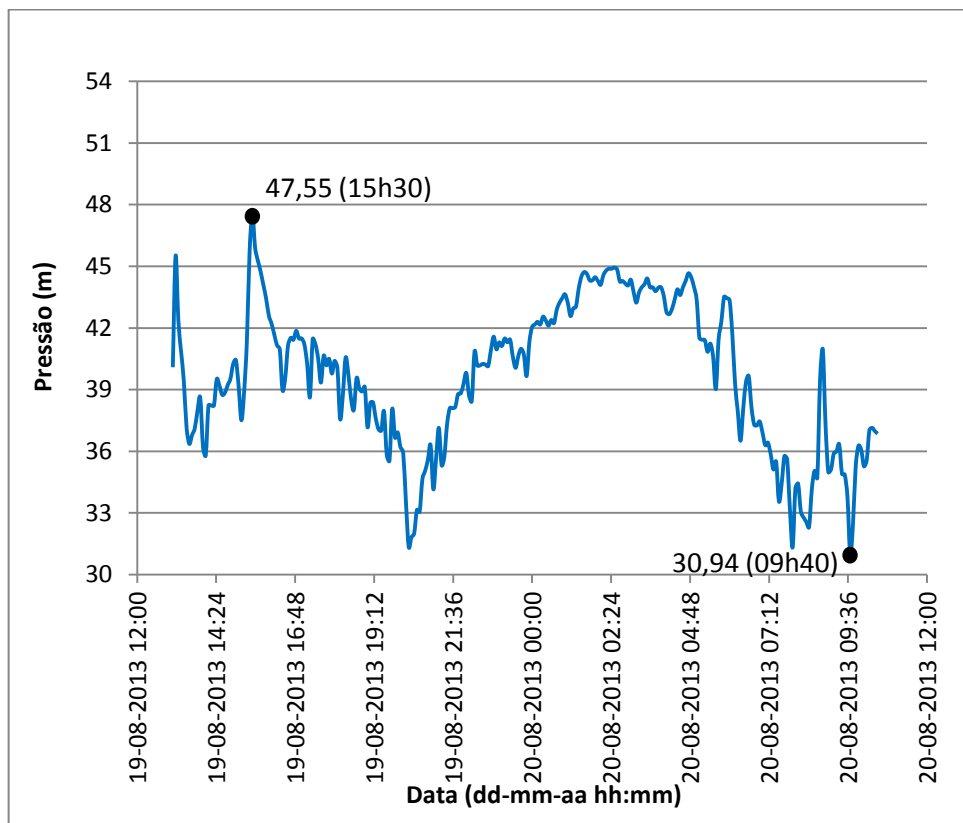


Figura 29 – Medição no local n.º13, registado entre as 13h05 de 19/08/2013 e as 10h30 de 20/08/2013.

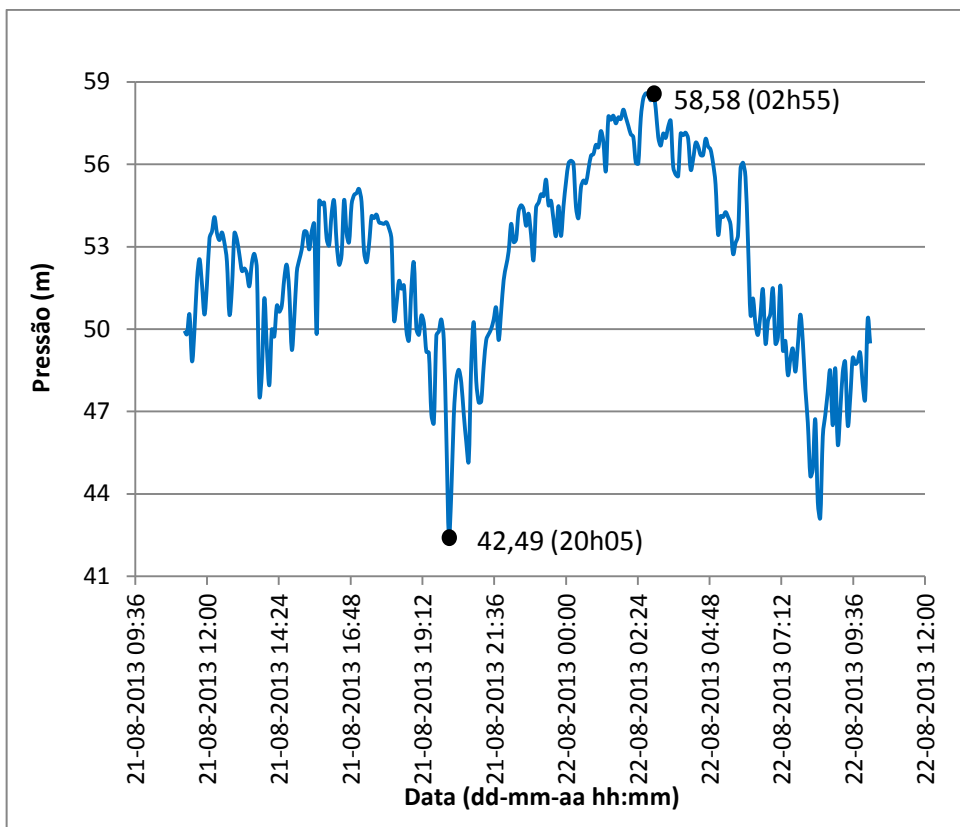


Figura 30 – Medição no local n.º14, registado entre as 11h15 de 21/08/2013 e as 10h10 de 22/08/2013.

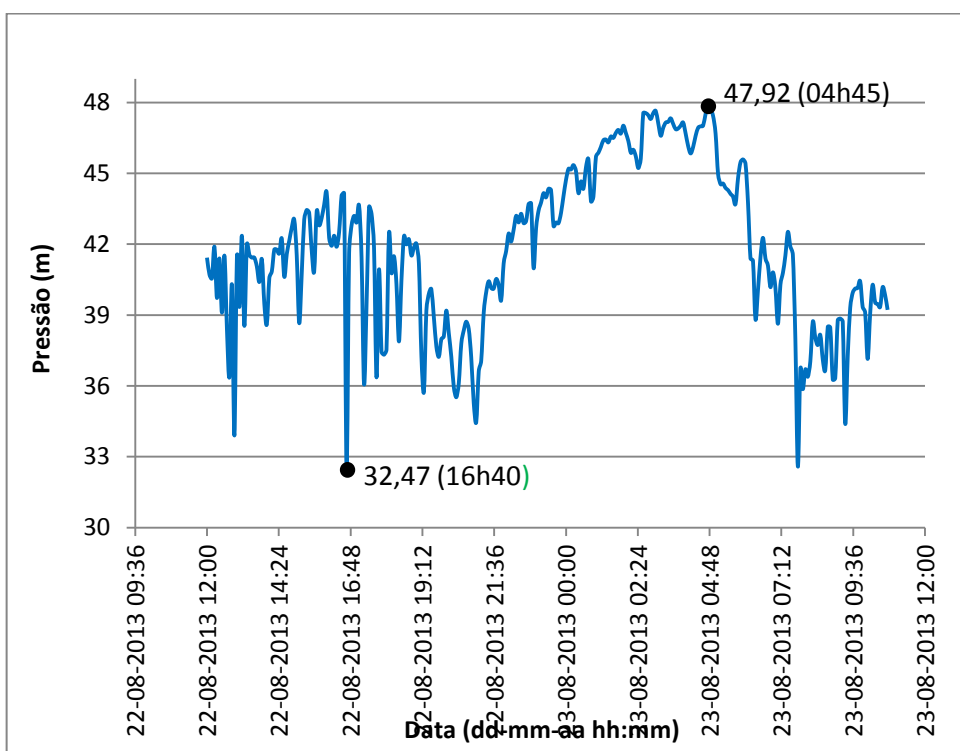


Figura 31 – Medição no local n.º15, registado entre as 12h00 de 22/08/2013 e as 10h45 de 23/08/2013.

O valor máximo registado foi de 58,58 m.c.a., às 02h55 do dia 22/08/2013, e o valor mínimo registado foi de 30,94 m.c.a., às 09h40 do dia 20/08/2013. Tendo em conta que a pressão máxima regulamentada é de 60 m.c.a., todas as pressões medidas situam-se abaixo do valor máximo regulamentado. Considerando a pressão mínima de 18 m.c.a., todos os valores registados se encontram muito acima do valor mínimo considerado.

O período de menor consumo ocorre entre as 03h00 e as 05h00 e o período de maior consumo ocorre entre as 08h00 e as 09h00.

Para a criação do padrão de consumo da zona de São Mamede, analisaram-se as medições registadas, analisando a relação entre o aumento das pressões e a redução de consumo.

5.5. Padrões de consumo

Os padrões de consumo do Bairro de Almeirim e da zona de São Mamede foram definidos através da semelhança dos registos das pressões, são de 24 horas e possuem um passo de tempo de 1 hora.

Ao passo de tempo adicionou-se um fator multiplicativo que tem em conta a distribuição do consumo ao longo do dia e que é multiplicado pela consumo-base aplicado em cada nó em EPANET. A multiplicação dos fatores multiplicativos pela totalidade dos passos de tempo terá como resultado 1, significando que o valor total do consumo estimado será atingido no final da simulação de 24 horas.

Apresenta-se nas Figuras 32 e 33 os padrões de consumos para as duas áreas em análise.

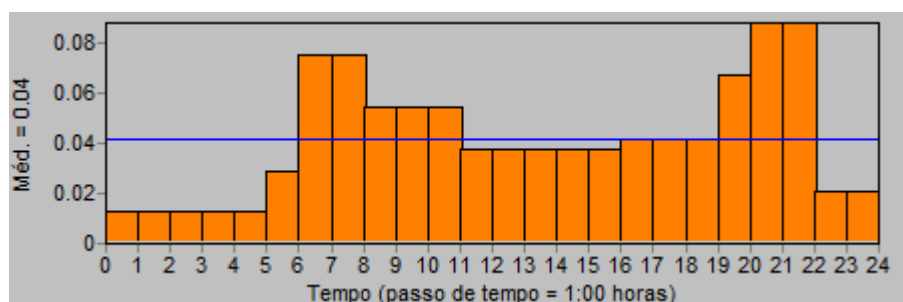


Figura 32 – Padrão de consumo relativo ao Bairro de Almeirim.

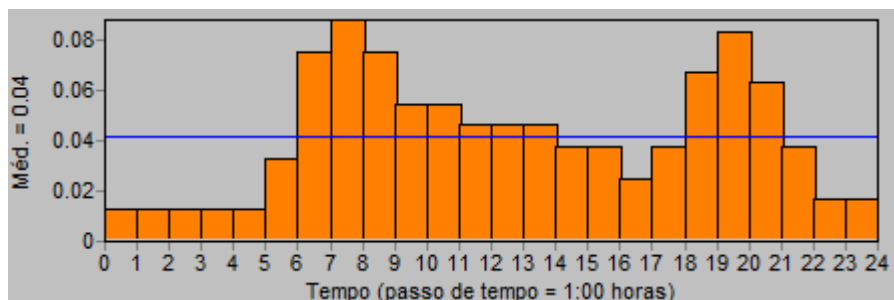


Figura 33 – Padrão de consumo relativo à zona de São Mamede.

5.6. Estruturação de dados para a restante rede de distribuição

Devido ao facto de apenas se possuírem os dados de faturação de duas zonas de análise, aplicou-se a média dos consumos-base específicos por unidade de comprimento do Bairro de Almeirim para as restantes zonas da periferia da cidade de Évora. Do mesmo modo, aplicou-se a média dos consumos-base específicos por unidade de comprimento da zona de São Mamede, para as restantes zonas do centro da cidade.

Os padrões de consumo criados para o Bairro de Almeirim e para a zona de São Mamede foram aplicados à restante rede de distribuição de água, considerando que as zonas periféricas da cidade possuem os mesmos hábitos e um padrão de consumo semelhante ao do Bairro de Almeirim e que as zonas do centro da cidade possuem os mesmos hábitos e um padrão de consumo semelhante ao da zona de São Mamede.

5.7. Calibração do modelo hidráulico

5.7.1. Bairro de Almeirim

Escolheu-se para área de análise na cidade de Évora o Bairro de Almeirim e a zona de São Mamede. Apresenta-se a localização do Bairro de Almeirim nas Figuras 34 e 35.



Figura 34 – Localização do Bairro de Almeirim na cidade de Évora.



Figura 35 – Localização pormenorizada do Bairro de Almeirim.

Apresenta-se a rede de distribuição detalhada do Bairro de Almeirim nas Figuras 36 a 41.

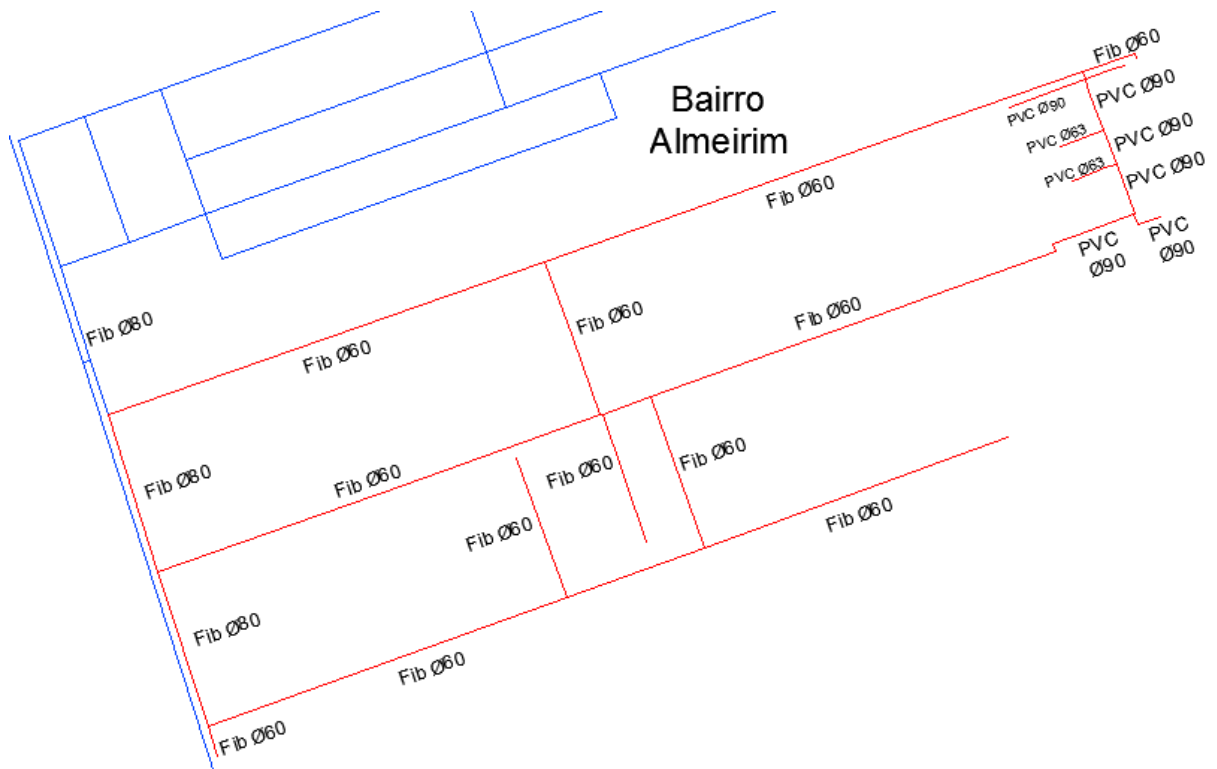


Figura 36 – Traçado e materiais das condutas principais no Bairro de Almeirim (a cor vermelha).

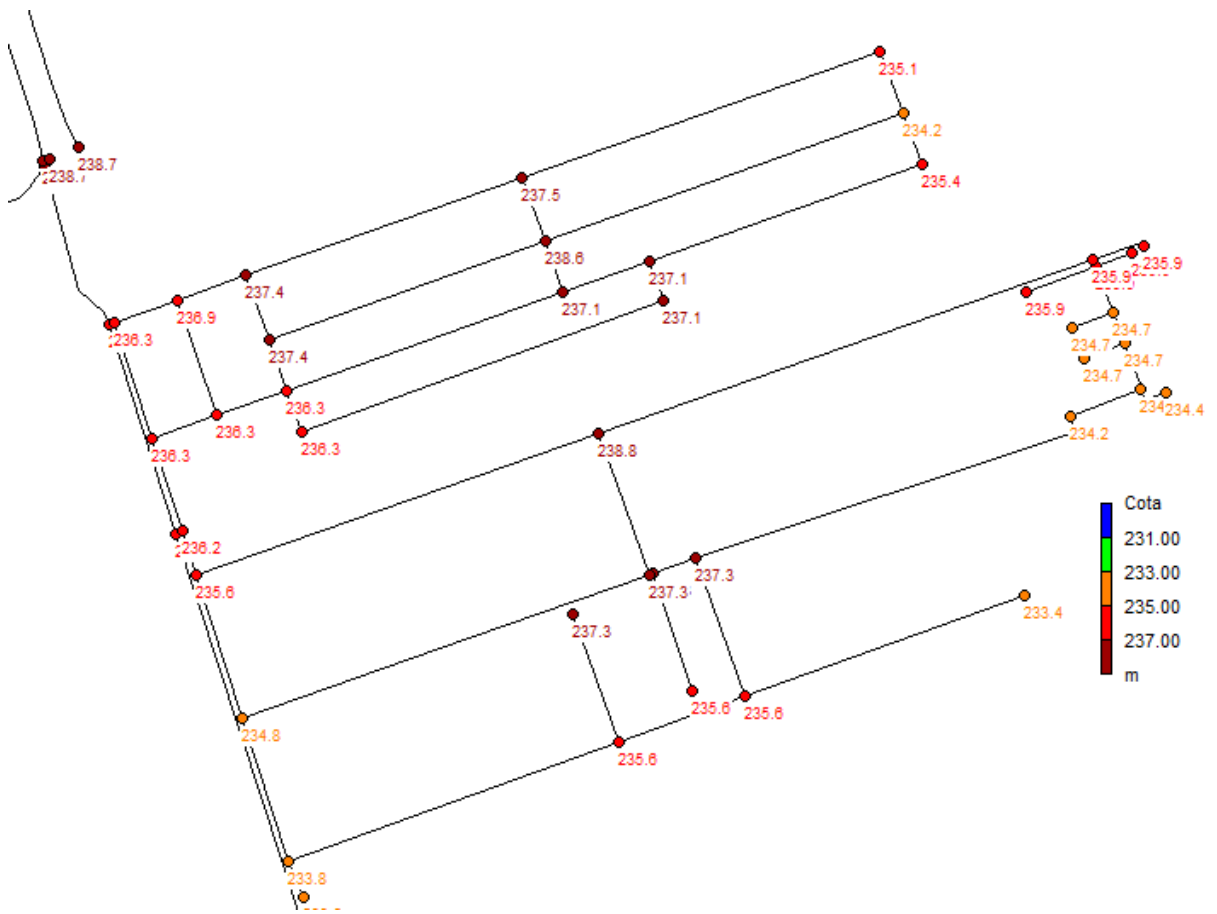


Figura 37 – Cotas topográficas atribuídas aos nós no Bairro de Almeirim.

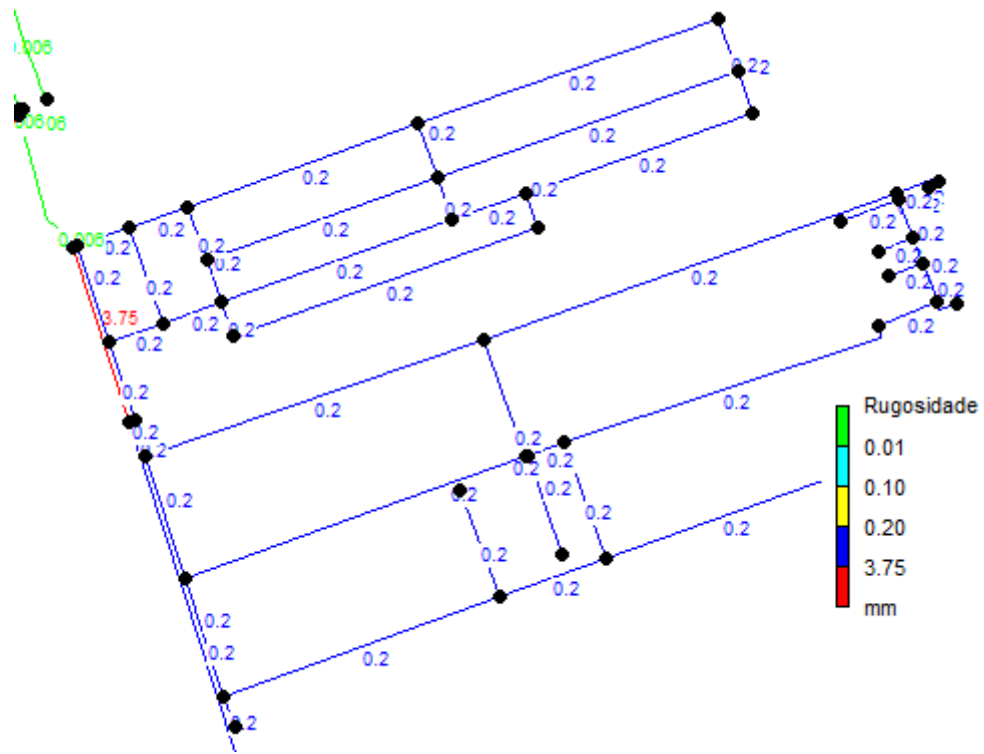


Figura 38 – Rugosidades atribuídas às condutas no Bairro de Almeirim.

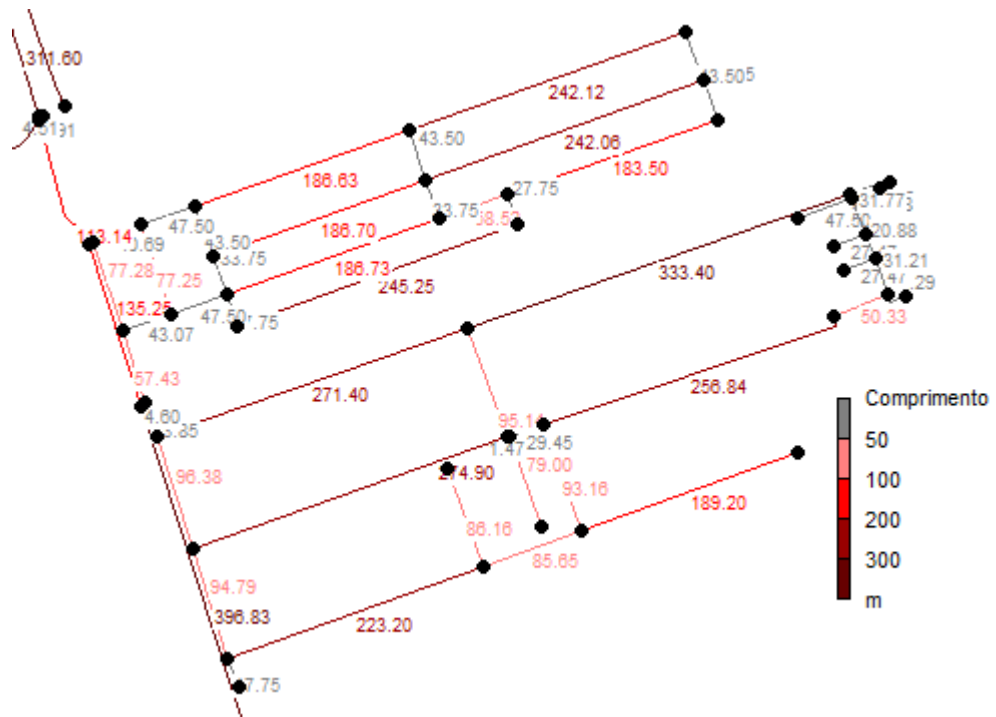


Figura 39 – Comprimentos das condutas no Bairro de Almeirim.

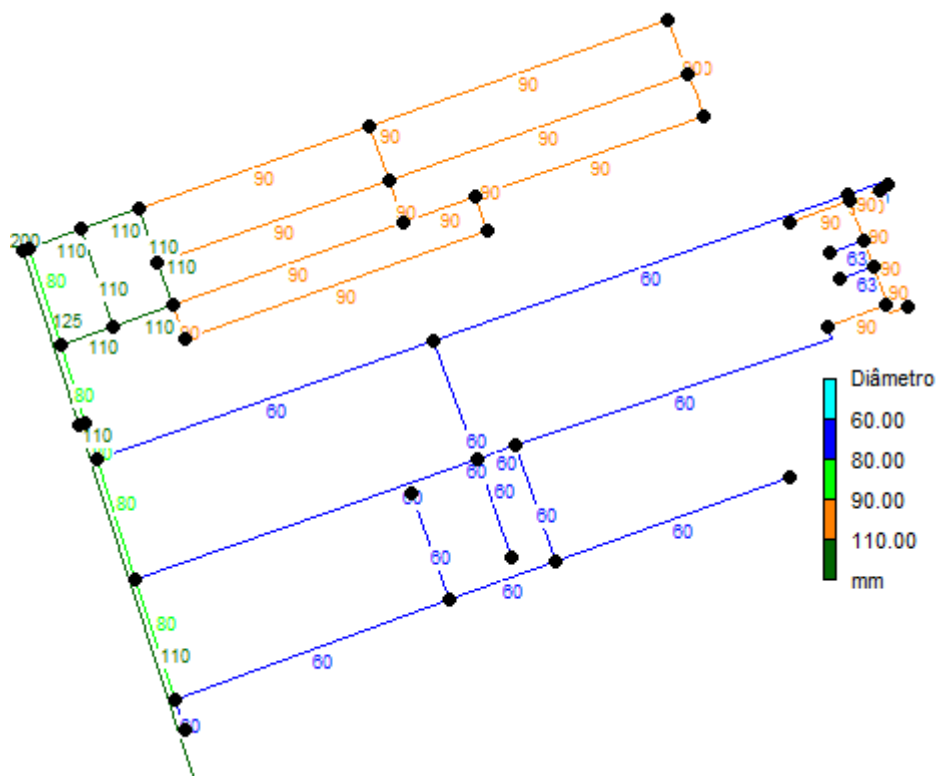


Figura 40 – Diâmetros das condutas no Bairro de Almeirim.

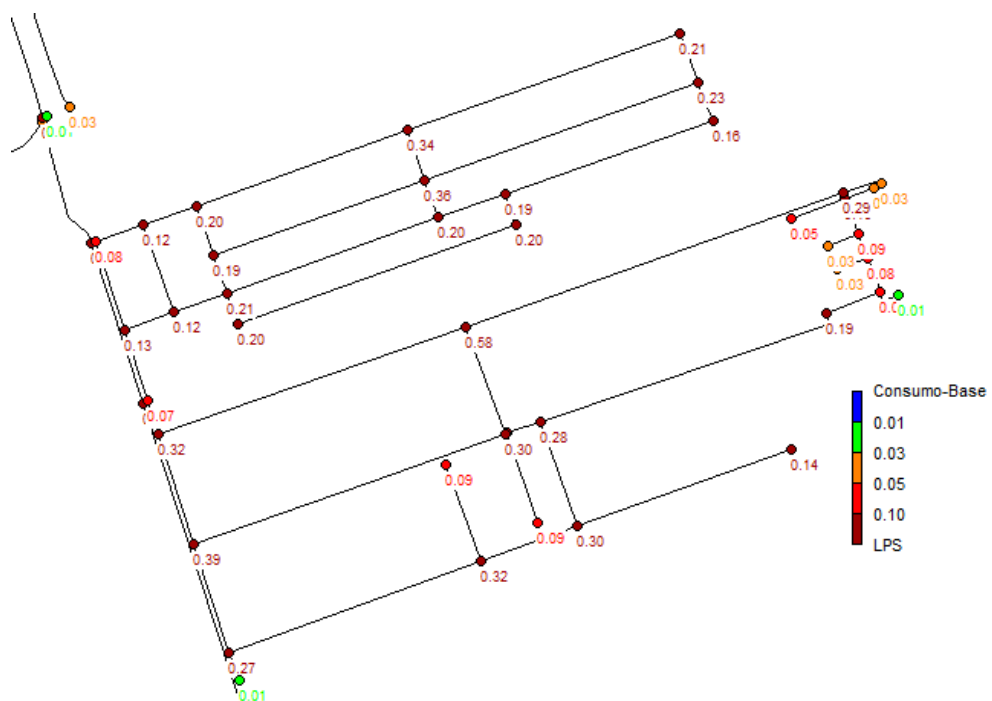


Figura 41 – Consumos-base atribuídos aos nós no Bairro de Almeirim.

Nas Figuras 42 e 43, apresenta-se o resultado da pressão nos nós e a localização das medições de pressão no Bairro de Almeirim.

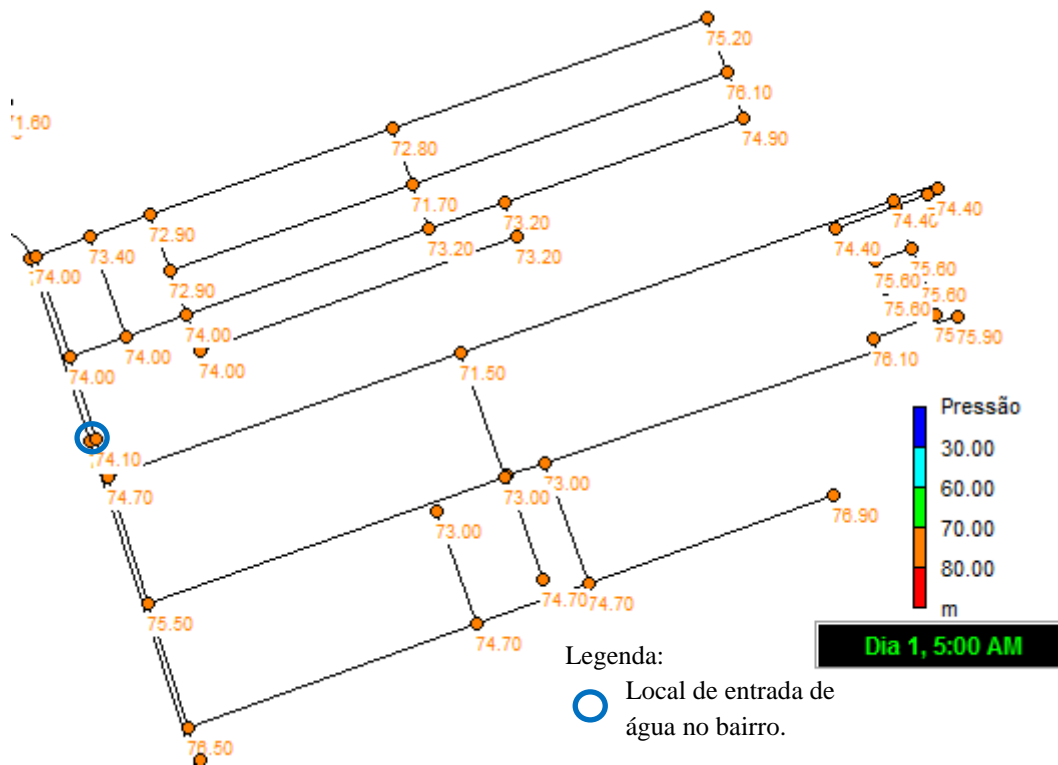


Figura 42 – Pressão nos nós e localização da entrada de água no Bairro de Almeirim.

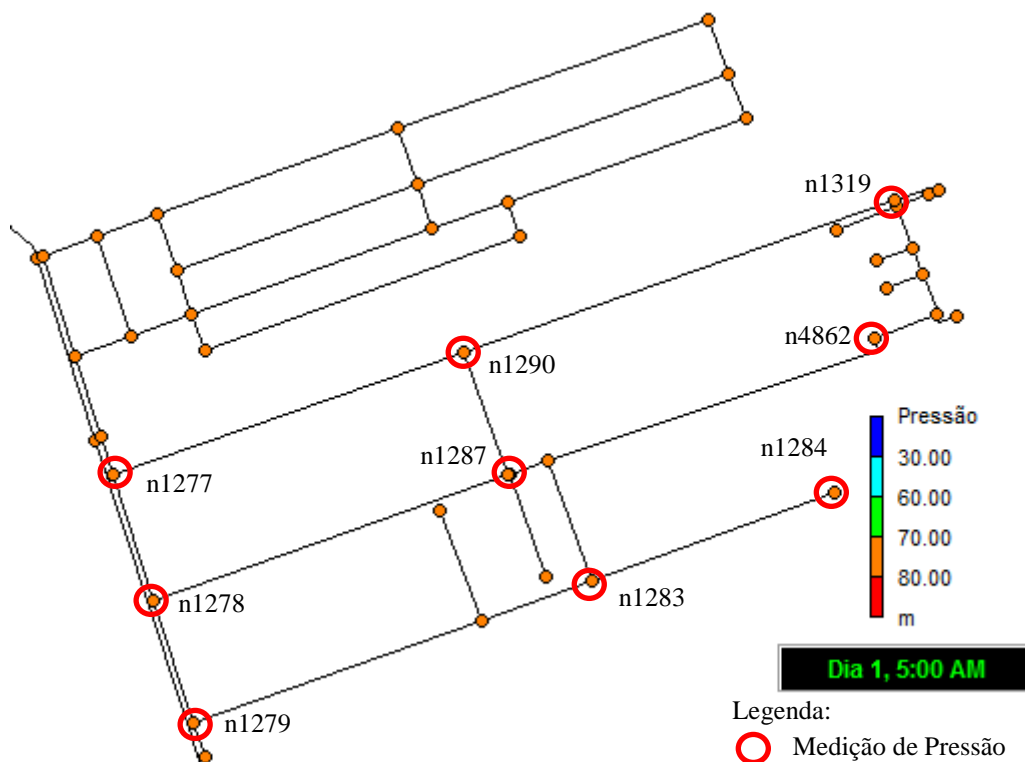


Figura 43 – Locais de medição das pressões e identificação dos nós no Bairro de Almeirim.

Apresenta-se na Figura 44, o relatório de calibração efetuado em EPANET, comparando os valores de pressão obtidos pelo modelo hidráulico com os valores de pressão medidos.

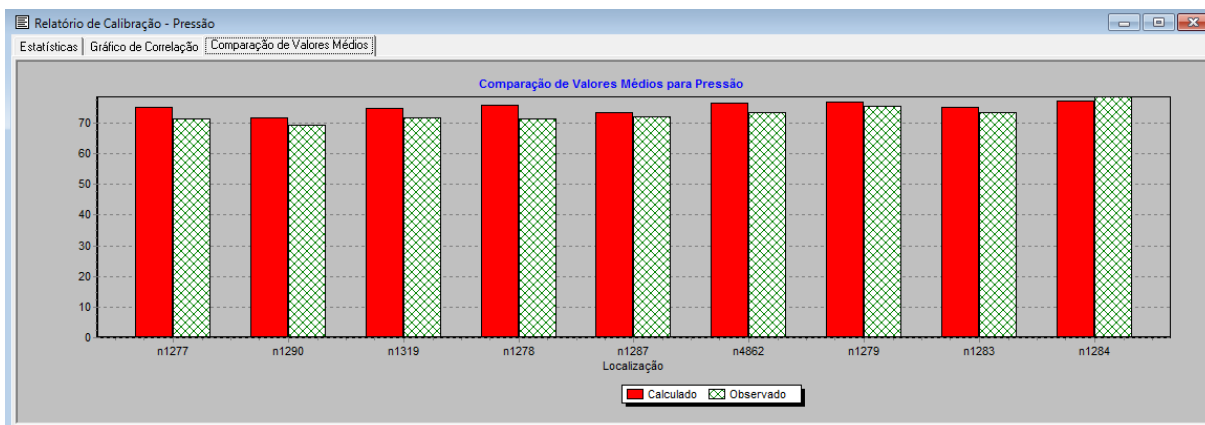


Figura 44 – Relatório de calibração para o Bairro de Almeirim.

A diferença média entre as pressões obtidas pela simulação e os valores de medição é cerca de 3 m.c.a., para o Bairro de Almeirim. Observa-se que, na maioria dos casos, os valores calculados ou simulados, são ligeiramente superiores aos valores medidos, à exceção do último nó da Figura 44.

Tendo em conta os resultados preliminares apresentados na Figura 44, conclui-se que deverão ser alteradas as características hidráulicas do sistema de forma a diminuir as pressões simuladas, de modo a que seja melhorado o ajustamento aos valores observados. Os parâmetros estimados foram os consumos-base aplicados nos nós e as rugosidades absoluta equivalente dos materiais das tubagens.

Para a realização da calibração decidiu-se aumentar as rugosidades das tubagens a montante do bairro, na tentativa de aumentar as perdas de carga e diminuir as pressões no Bairro de Almeirim. Aumentou-se a rugosidade de uma tubagem de ferro fundido de 3,75 mm para 3,85 mm e a rugosidade de 4 tubagens de PEAD de 0,006 mm para 0,012 mm, como se pode ver na Figura 45.

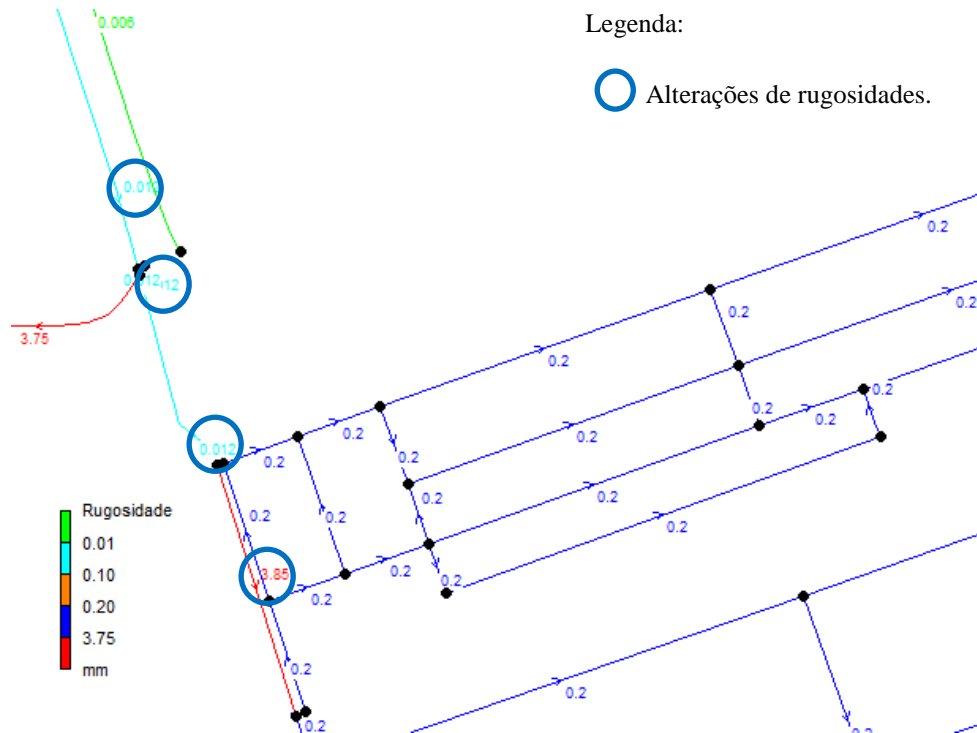


Figura 45 – Aumento de rugosidades a montante do Bairro de Almeirim.

A diferença entre os valores simulados e medidos da pressão reduziram de 3,053 para 2,898. O facto de esta diferença ser bastante pequena deve-se às baixas velocidades nas condutas da zona do Bairro de Almeirim, o que proporcionam baixas perdas de carga.

De modo a melhorar os resultados de calibração, decidiu-se aumentar os consumos-base dos nós envolventes e presentes no Bairro de Almeirim. Tendo em consideração que o aumento dos consumos proporcionará uma diminuição das pressões nos nós, multiplicaram-se os consumos-base atribuídos aos nós por um fator multiplicativo de 1,5.

O resultado desta calibração melhorou a variação média de 2,89 para 2,67 e considerou-se que este resultado já é aceitável, como se pode ver na Figura 46.

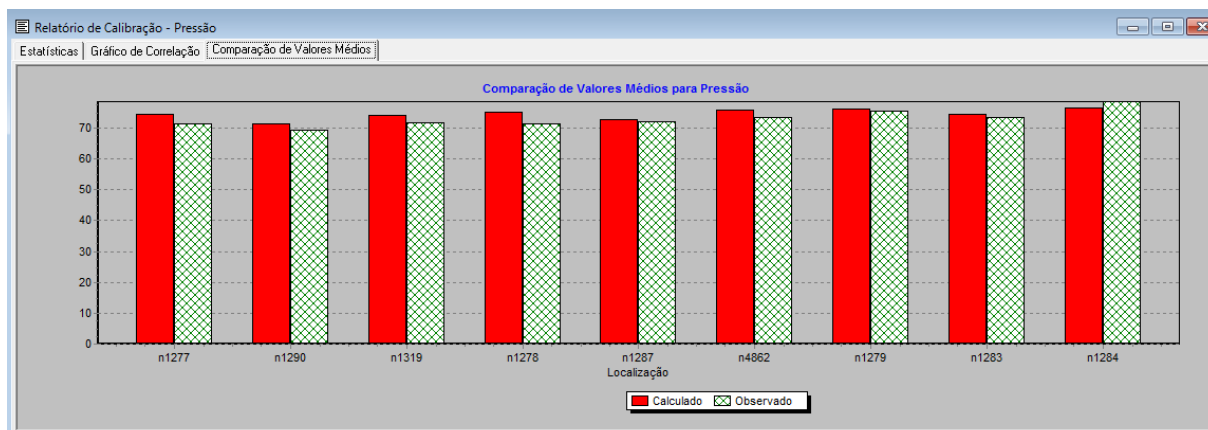


Figura 46 – Relatório final de calibração para o Bairro de Almeirim.

5.7.2. Zona de São Mamede

Escolheu-se para área de análise na cidade de Évora a zona de São Mamede. Esta área pertence à antiga freguesia de São Mamede, atualmente designada por União das Freguesias de Évora (São Mamede, Sé, São Pedro e Santo Antão). Apresenta-se a sua localização nas Figuras 47 e 48.



Figura 47 – Localização da zona de São Mamede na cidade de Évora.



Figura 48 – Localização pormenorizada da zona de São Mamede.

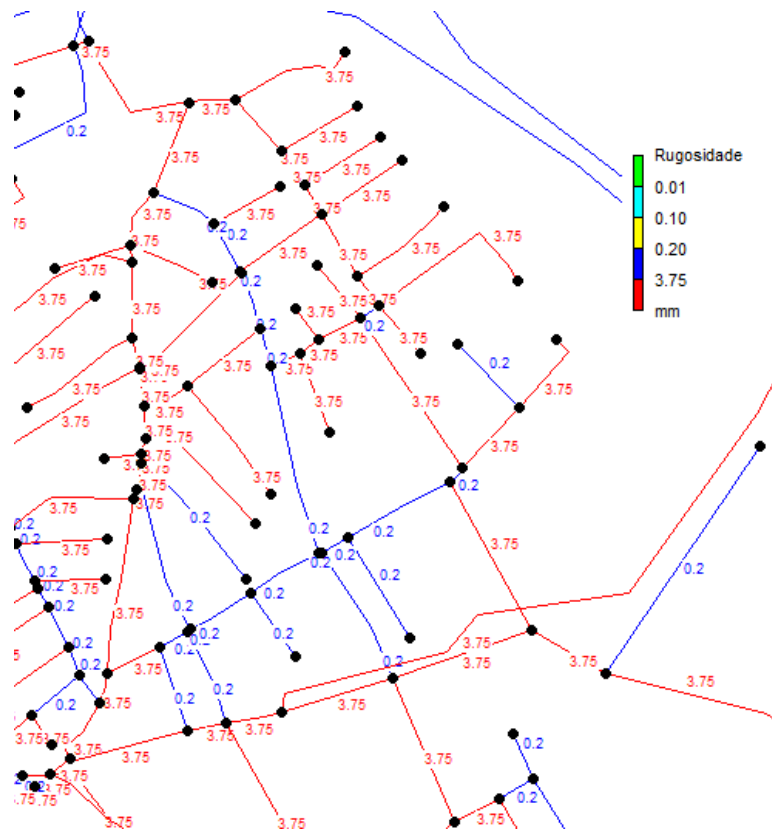


Figura 51 – Rugosidades das condutas na zona de São Mamede.

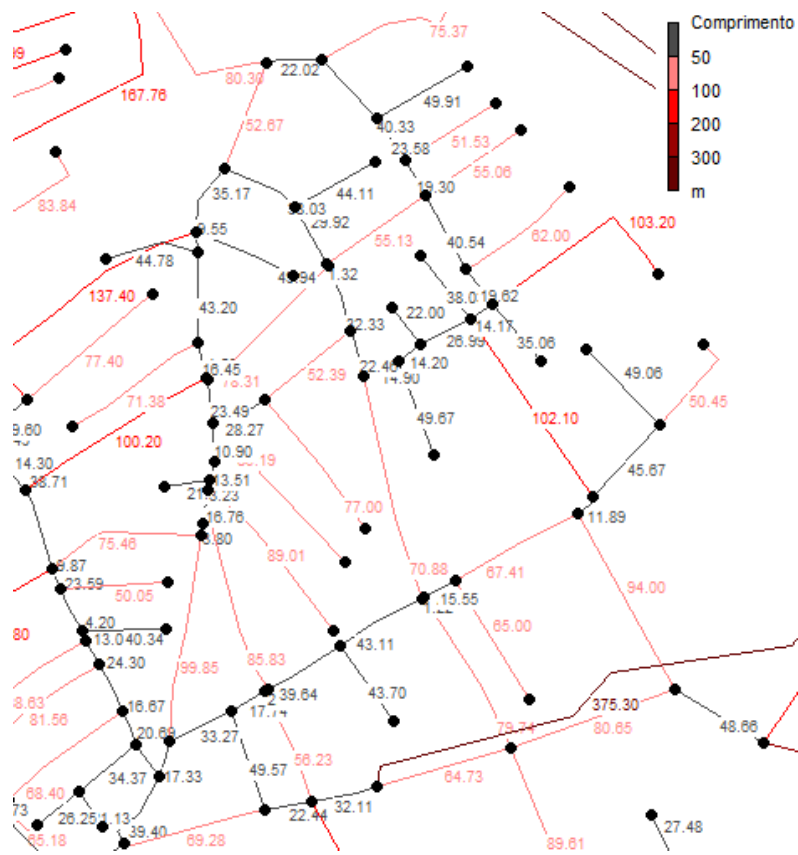


Figura 52 – Comprimentos das condutas na zona de São Mamede.

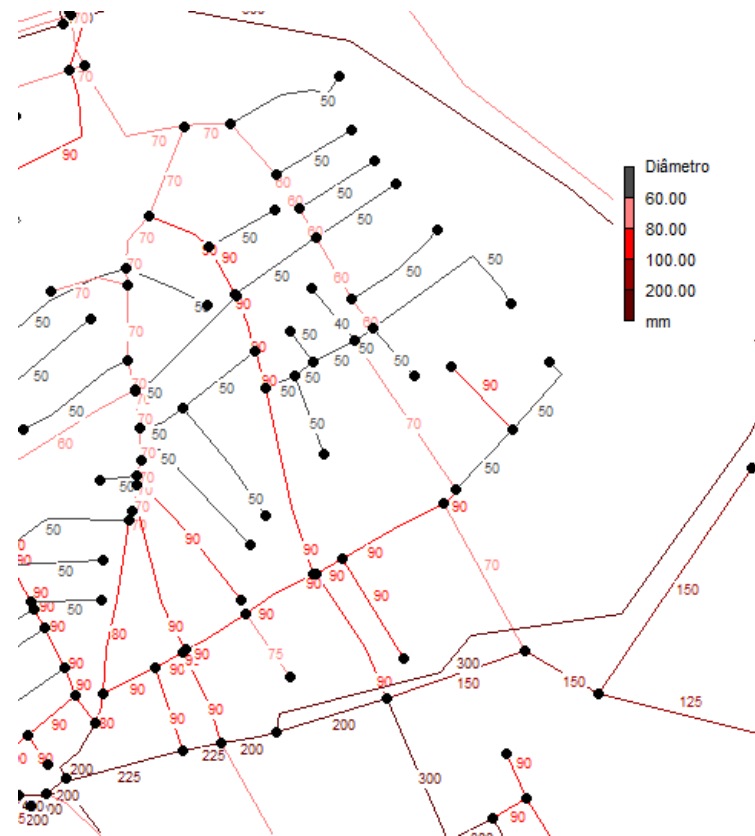


Figura 53 – Diâmetros das condutas na zona de São Mamede.

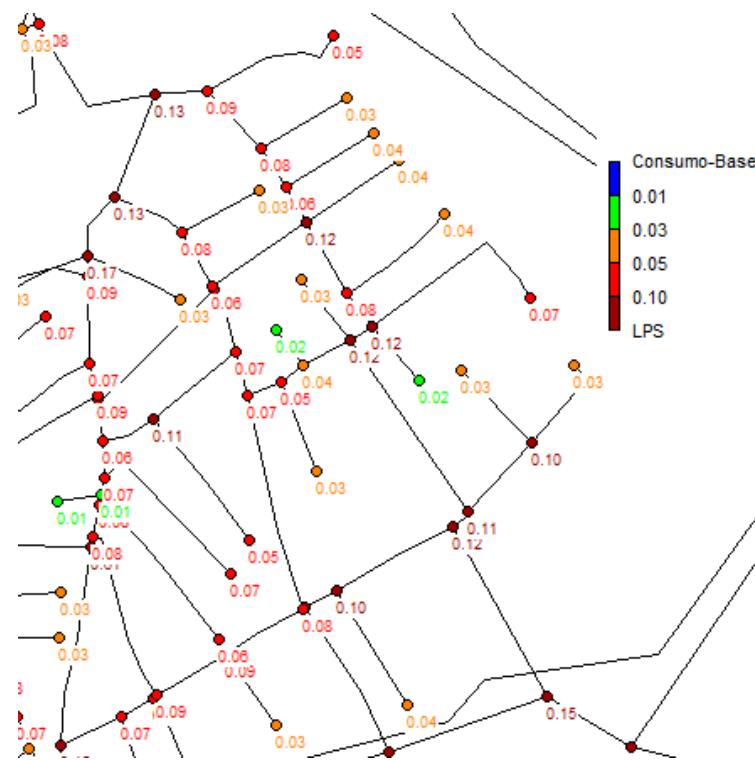


Figura 54 – Consumos-base atribuídos aos nós na zona de São Mamede.

Nas Figuras 55 e 56, apresentam-se respetivamente, as pressões nos nós obtidos pelo modelo EPANET e os locais de medição de pressão na zona de São Mamede.

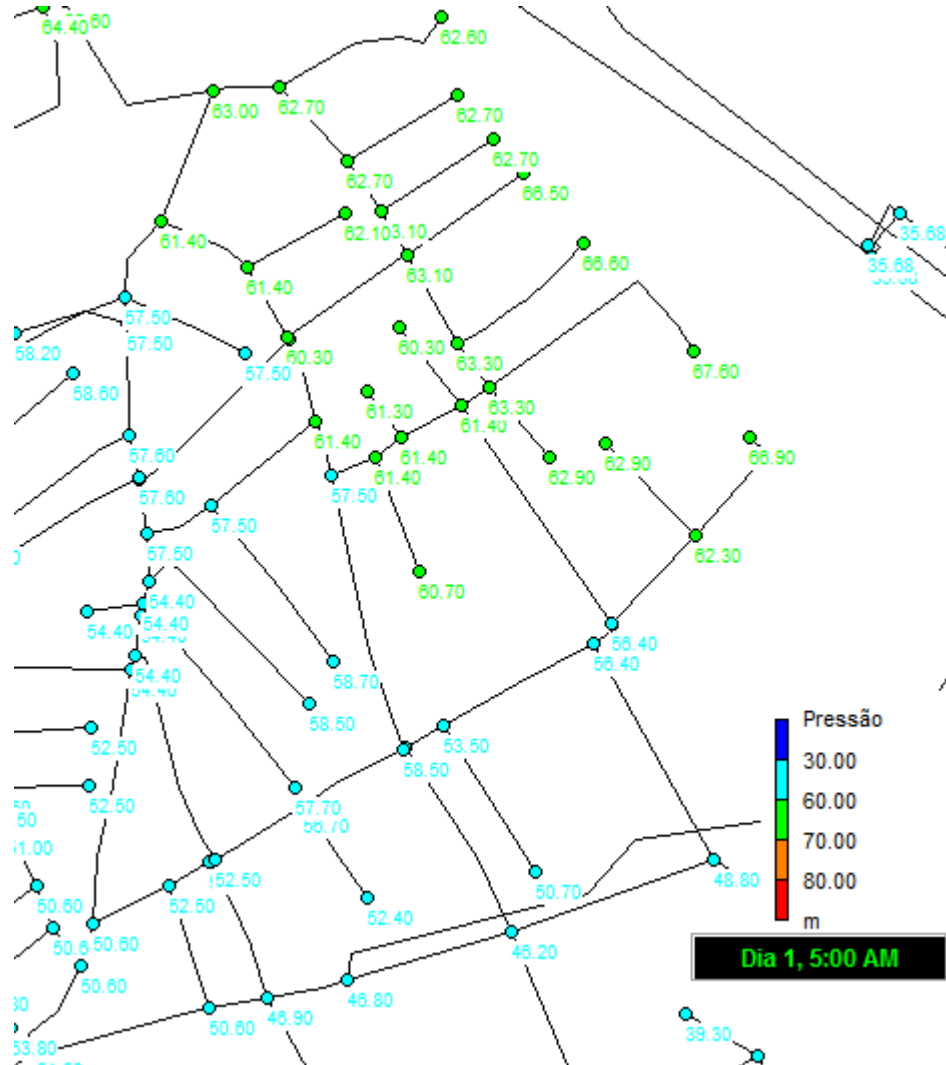


Figura 55 – Pressões obtidas pelo modelo EPANET nos nós na zona de São Mamede.

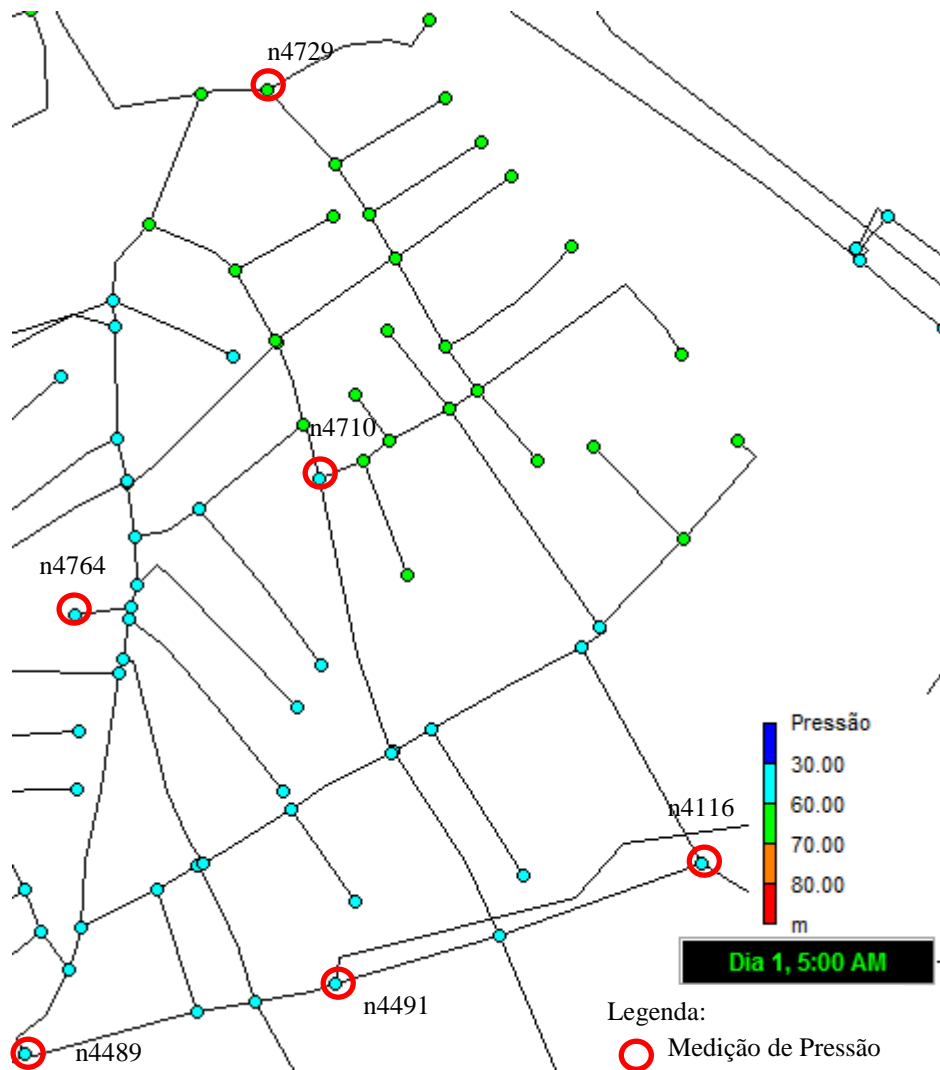


Figura 56 – Locais de medição das pressões e identificação dos nós na zona de São Mamede.

Apresenta-se na Figura 57 o relatório de calibração efetuado em EPANET, comparando os valores de pressão simulados com os valores de pressão medidos.

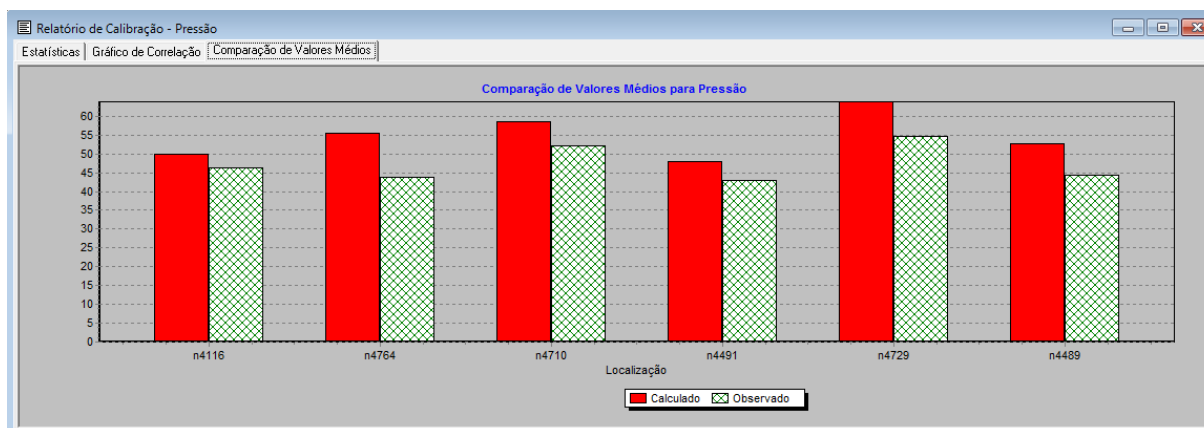


Figura 57 – Relatório de calibração para a zona de São Mamede (I).

A diferença entre as pressões obtidas pela simulação e as medidas foi de 7,56 m.c.a. para a zona de São Mamede. Na maioria dos casos, os valores calculados pelo modelo são superiores aos valores medidos. Conclui-se que a calibração para esta zona de análise terá como objetivo geral a diminuição das pressões simuladas pelo modelo em São Mamede.

Para a realização da calibração decidiu-se simular um aumento ligeiro das rugosidades das tubagens a montante de São Mamede, na tentativa de aumentar um pouco as perdas de carga e diminuir as pressões na zona de análise. Apresenta-se na Figura 58 o aumento da rugosidade em tubagens de ferro fundido de 3,75 mm para 3,85 mm e a rugosidade tubagens de PVC de 0,2 mm para 0,3 mm.

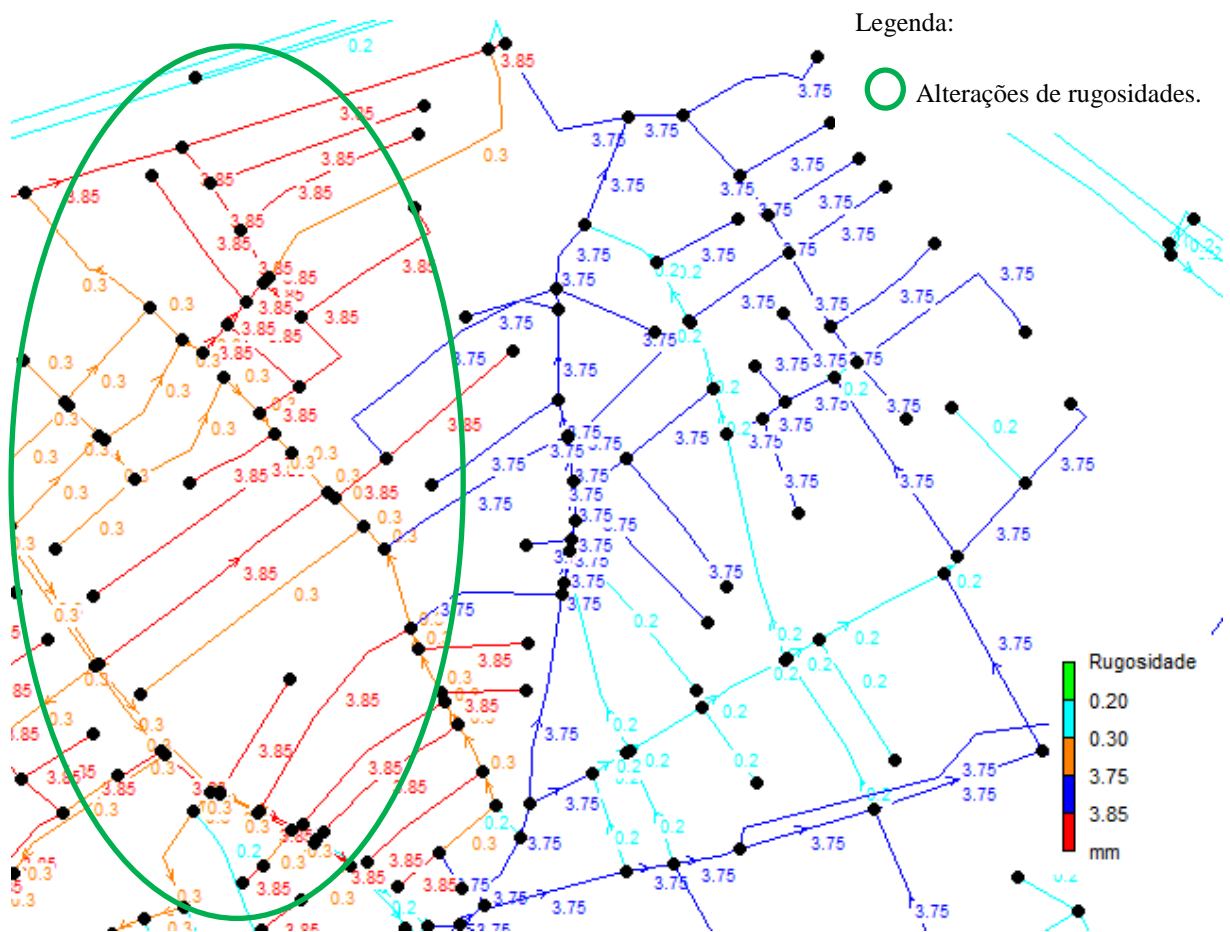


Figura 58 – Aumento de rugosidades a montante de São Mamede.

O resultado desta calibração melhorou a variação média de 7,56 para 7,31. O facto de a variação ser bastante pequena deve-se às baixas velocidades nas condutas, o que proporcionam baixas perdas de carga.

De modo a melhorar os resultados de calibração, decidiu-se aumentar os consumos-base dos nós presentes em São Mamede. Tendo em consideração que o aumento dos consumos proporcionará uma diminuição das pressões nos nós, multiplicaram-se os consumos-base atribuídos aos nós por um fator multiplicativo de 1,5.

O resultado desta calibração melhorou a diferença média de 7,31 para 7,28, como se pode ver na Figura 59.

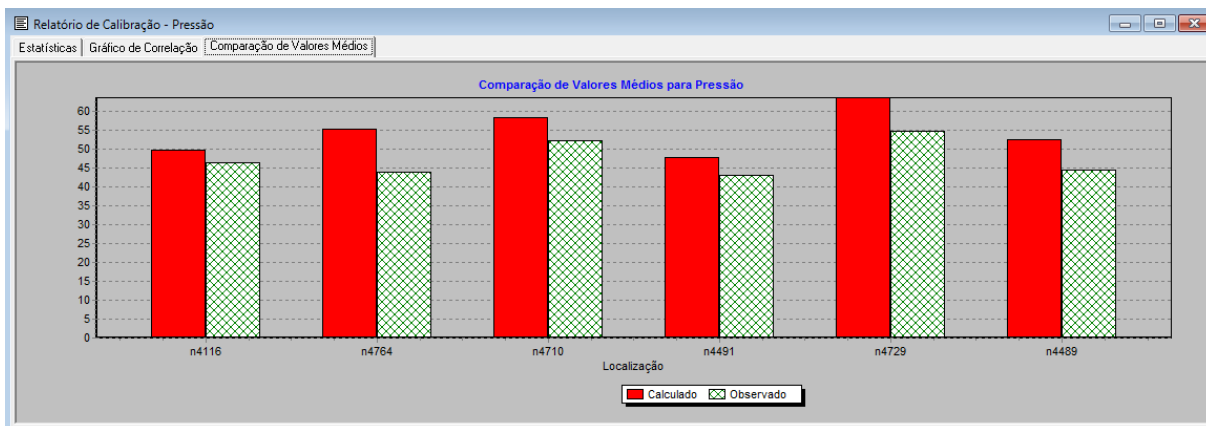


Figura 59 – Relatório de calibração para São Mamede (II).

A tentativa de anterior não foi bem-sucedida, deste modo, optou-se por aumentar os consumos-base dos nós a montante de São Mamede, aplicando um fator multiplicativo de 5.

O resultado desta calibração melhorou a variação diferença de 7,28 para 4,69, como se vê na Figura 60. O valor de 4,69 é bastante melhor e considera-se um resultado razoável.

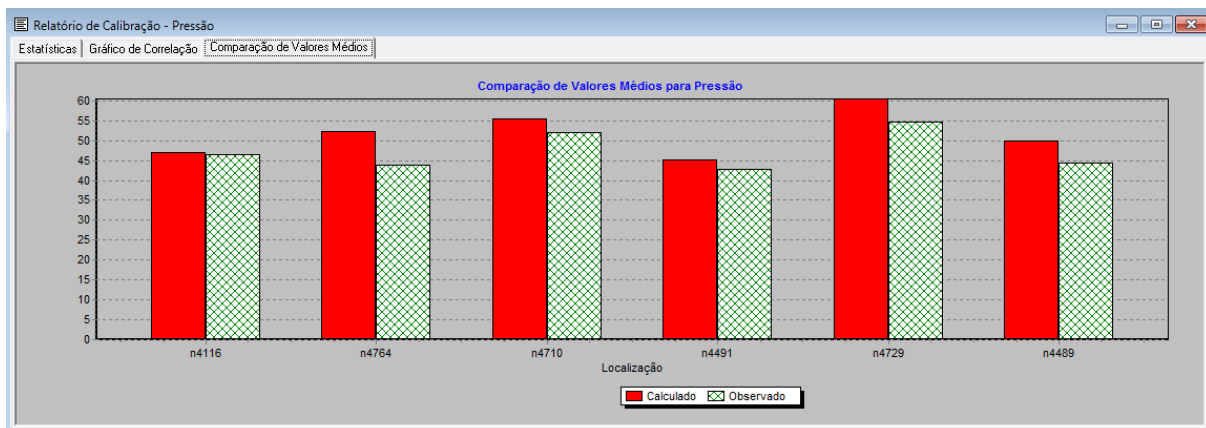


Figura 60 – Relatório final de calibração para São Mamede.

6. ABORDAGEM PRELIMINAR DE UM MODELO DE GPI PARA O SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA A ÉVORA

6.1. Introdução

Neste capítulo é preparado um modelo para tomada de decisão sobre a reabilitação da rede, comparando e seriando alternativas de planeamento de intervenção no sistema de distribuição de água da cidade de Évora, avaliando o desempenho, o risco e o custo do sistema. Para esse efeito, foi aplicado o programa computacional AWARE-P.

O AWARE-P é constituído pelos seguintes componentes:

- *Network* - onde é possível visualizar o modelo da rede de distribuição em 2D ou 3D;
- *Plan* - que é a componente central de planeamento do programa computacional, permite medir e comparar alternativas para o sistema através dos parâmetros de desempenho, risco e custo; Ao criarmos as definições básicas do plano podemos adicionar as alternativas a analisar e observar a posição de cada alternativa, a nível individual ou global. A posição de cada alternativa distingue-se pela sua maior ou menor adequabilidade, distinguindo-se através de três cores: verde (boa qualificação), amarelo (classificação mediana) e vermelho (classificação insatisfatória);
- *Performance Indicators* - que permite efetuar uma avaliação quantitativa do desempenho do sistema; Após a seleção dos indicadores de desempenho, podemos inserir a informação das variáveis em análise e o programa calcula os valores correspondentes aos indicadores de desempenho;
- *Performance Indices* - que permite, por exemplo, calcular os índices de pressão máxima e de pressão mínima do sistema;
- *Risk Failure Analysis* - que permite calcular a taxa ou probabilidade de falha de cada conduta do sistema;
- *Risk Component Importance* - que permite calcular a importância de cada conduta em relação ao impacto da sua falha, para com o desempenho do abastecimento no sistema;
- *Risk Unmet Demand* - que permite calcular o risco de interrupção de serviço, expresso em volume de água não abastecida para determinado ano; Para este efeito, é considerado o número de falhas para cada conduta, o tempo médio de falha de serviço e a respetiva importância da componente;

- *Cost Infrastructure Value Index* - que permite calcular o índice de valor da infraestrutura (IVI), através do rácio entre o valor corrente e o valor da correspondente infraestrutura num estado novo. O resultado de IVI de uma infraestrutura estável deve ser à volta de 0,5. Os valores superiores a 0,6, significam que a estrutura é recente, ou existiu uma reabilitação da mesma. Para valores inferiores a 0,4, a estrutura encontra-se deteriorada.

6.2. Dados de entrada no modelo de GPI

O componente *Network* necessita da importação do modelo calibrado da rede de distribuição de água em EPANET. Deve-se importar um ficheiro *Excel*, com a seguinte informação de todas as condutas do modelo: identificação, material, diâmetro, comprimento e data de instalação.

O componente *Plan* necessita da seguinte informação: o nome do plano, objetivos, o ano inicial de análise, o horizonte de planeamento e o horizonte de análise.

O *Performance Indicators* pode ser utilizado com base em diferentes sistemas de indicadores que estão na biblioteca do programa. No presente caso, foi aplicado o sistema de indicadores da ERSAR.

O *Performance Indices* necessita da introdução da pressão máxima regulamentada e da pressão mínima considerada para o sistema.

O *Risk Failure Analysis* necessita da importação de um ficheiro *Excel* com a informação sobre a identificação das condutas e as datas onde ocorreram as falhas no serviço.

O *Cost Infrastructure Value Index* necessita da importação de um ficheiro *Excel* com a base de dados da vida útil dos materiais das condutas e o custo de construção e substituição das mesmas.

6.3. Dados de saída do modelo de GPI

O programa computacional AWARE-P permite a seleção de ficheiros EPANET e a visualização do modelo em 2D ou 3D com o apoio do *Google Earth*, como podemos visualizar nas Figuras 61 a 63.

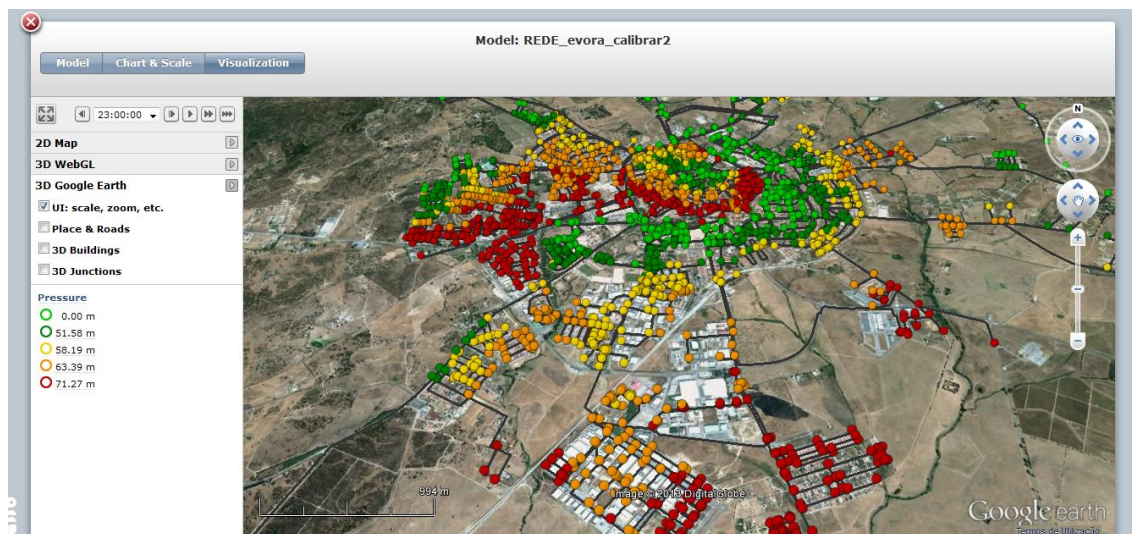


Figura 61 – Visualização em 2D da rede de distribuição de água à cidade de Évora, com o apoio de *Google Earth*.



Figura 62 – Visualização em 3D da zona do Templo Romano, com o apoio de *Google Earth*.



Figura 63 – Visualização em 3D da Praça do Giraldo, com o apoio de *Google Earth*..

Apresenta-se na Figura 64, a componente de planeamento do programa computacional. Permite observar as posições de cada alternativa de planeamento pela sua maior ou menor adequabilidade.

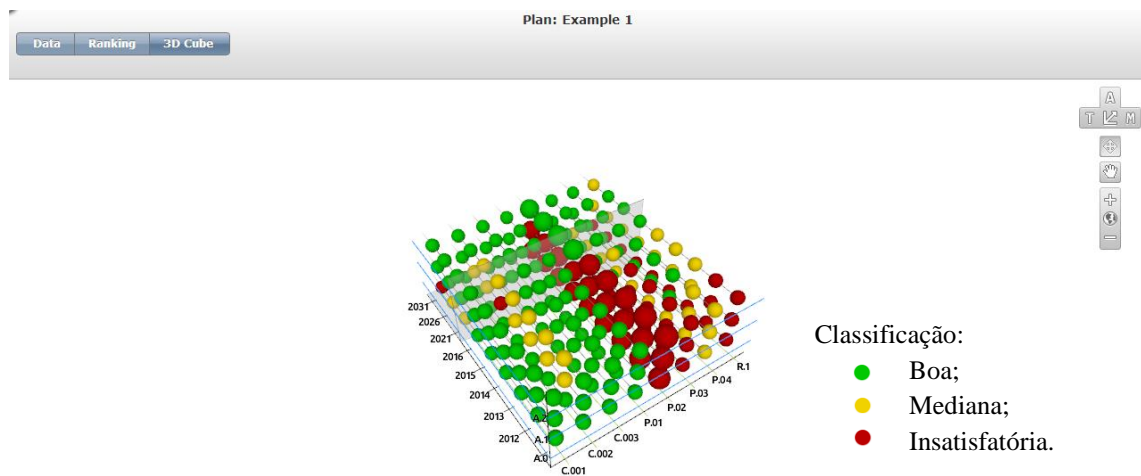


Figura 64 – Resultado da posição de alternativa para um determinado sistema.

Na Figura 65, apresenta-se a componente *Performance Indices*. Esta aplicação permite medir o desempenho das infraestruturas, de acordo com os índices de desempenho.

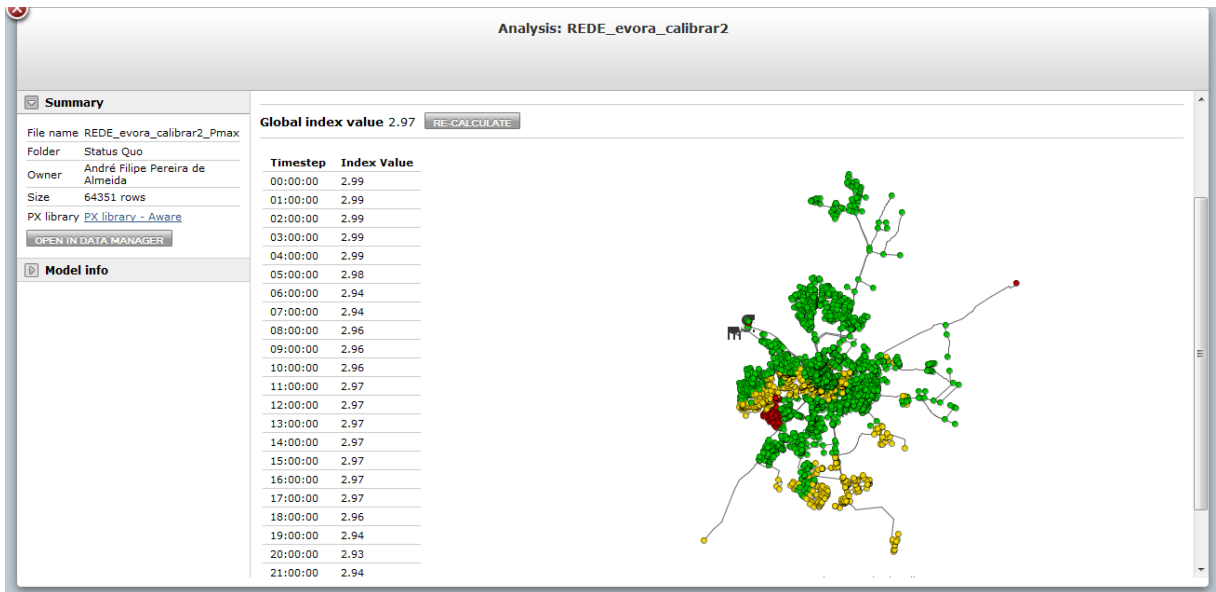


Figura 65 – Resultado do índice de pressão máxima para a rede de distribuição da cidade de Évora.

Apresenta-se na Figura 66, a componente *Risk Component Importance*. Esta aplicação calcula a importância de cada conduta do sistema.

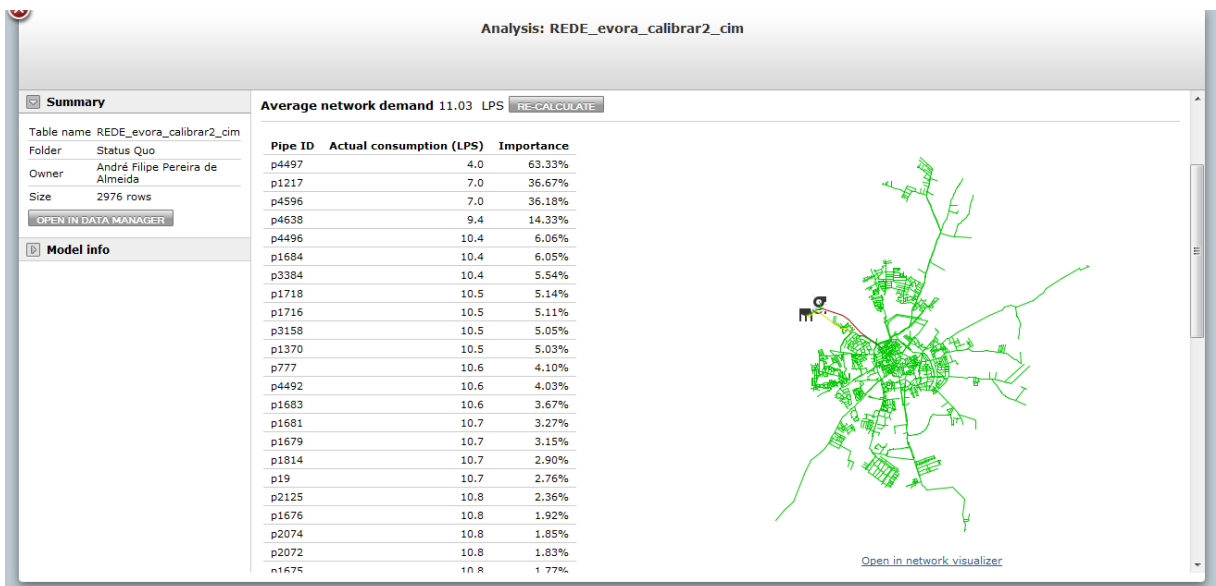


Figura 66 – Resultado do cálculo da importância de cada conduta da rede de distribuição da cidade de Évora.

Na Figura 67, apresenta-se a aplicação *Cost Infrastructure Value Index (IVI)*. Esta aplicação apresenta o resultado da vida útil de cada infraestrutura.

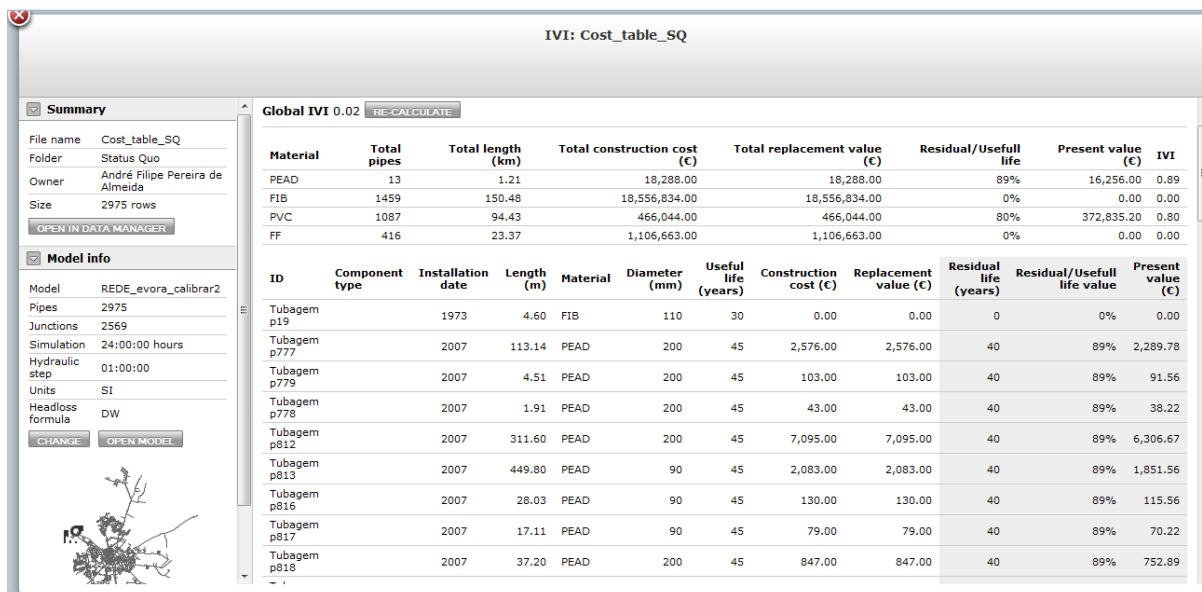


Figura 67 - Resultado dos IVI para as condutas da rede de distribuição de água na cidade de Évora.

Todas as aplicações do modelo de GPI estão preparadas para serem aplicadas à rede de distribuição, nas áreas de análise. Apresenta-se no próximo capítulo, a aplicação do modelo de GPI à rede de distribuição que serve o Bairro de Almeirim.

7. APLICAÇÃO DO MODELO DE GPI À REDE DE DISTRIBUIÇÃO DO BAIRRO DE ALMEIRIM

7.1. Introdução

Os registos de pressão no Bairro de Almeirim demonstraram que as pressões excedem o valor máximo regulamentado. A Câmara Municipal de Évora recebeu, por parte dos moradores do Bairro de Almeirim, queixas frequentes de pressão elevada. A insatisfação dos consumidores e a contribuição negativa que as pressões elevadas provocam, tais como a diminuição da vida útil técnica das condutas, aumento da ocorrência de ruturas, aumento da percentagem de perdas reais e aparentes de água, são razões suficientes para o desenvolvimento de um planeamento tático e operacional de GPI para o serviço de abastecimento de água no Bairro de Almeirim.

7.2. Caso de aplicação

Através de um planeamento tático e operacional, deve-se proceder à análise da situação de *Status Quo*¹⁰ e a comparação de alternativas de intervenção.

Na Figura 68, apresentam-se as pressões atuais.



Figura 68 – Resultados das pressões em Bairro de Almeirim, *Status Quo*.

¹⁰ Situação futura sem medidas de GPI.

Observa-se que os valores de pressão nos nós da rede de distribuição são superiores a 71 m.c.a., ou seja, superiores ao valor máximo regulamentando de 60 m.c.a.. A zona envolvente do Bairro de Almeirim possui os valores mais baixos das cotas topográficas de toda a rede de distribuição de água, daí as pressões elevadas.

Para a diminuição das pressões elevadas no Bairro de Almeirim, planeou-se, como alternativa de intervenção, a instalação de uma válvula redutora de pressão (VRP) a montante do Bairro de Almeirim. A Câmara Municipal de Évora possui uma válvula redutora de pressão disponível para instalação à entrada do bairro. A válvula possui um diâmetro compatível com a conduta a montante do bairro. Apresenta-se na Figura 69, o local planeado para a instalação da VRP.

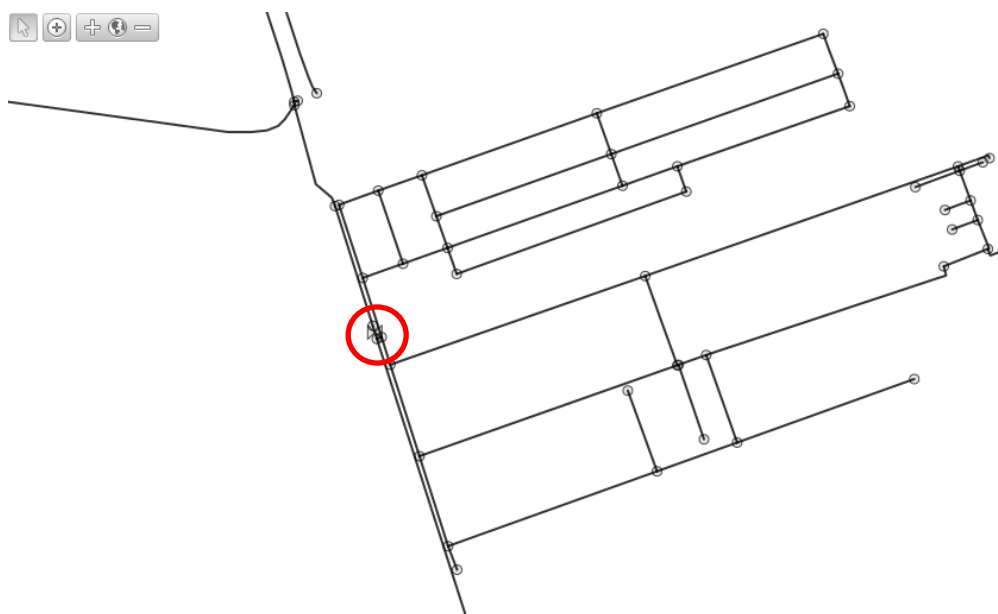


Figura 69 – Localização da VRP.

Para a simulação da situação de *Status Quo* da rede de abastecimento de água do Bairro de Almeirim e a comparação da alternativa de intervenção, escolheram-se os seguintes parâmetros:

- Parâmetros de Desempenho:
 - Perdas Reais de Água [l/(ramal.dia)];
 - Água não faturada (%);
 - Resposta a reclamações e sugestões (%);
 - Índice de Pressão Máxima no Bairro de Almeirim.
- Parâmetro de Risco:
 - Ocorrência de falhas nas condutas (%).
- Parâmetro de Custo:
 - Custos de Investimento (€/ano).

O preenchimento dos dados relativos a estes parâmetros tomou em consideração os resultados dos indicadores de desempenho de 2012 da Câmara Municipal de Évora, as metas propostas pelo Plano Estratégico de GPI e os resultados da capacidade de simulação do programa AWARE-P. Apresenta-se na Figura 70 a comparação da situação de *Status Quo* e a alternativa de instalação de uma VRP a montante do Bairro de Almeirim.

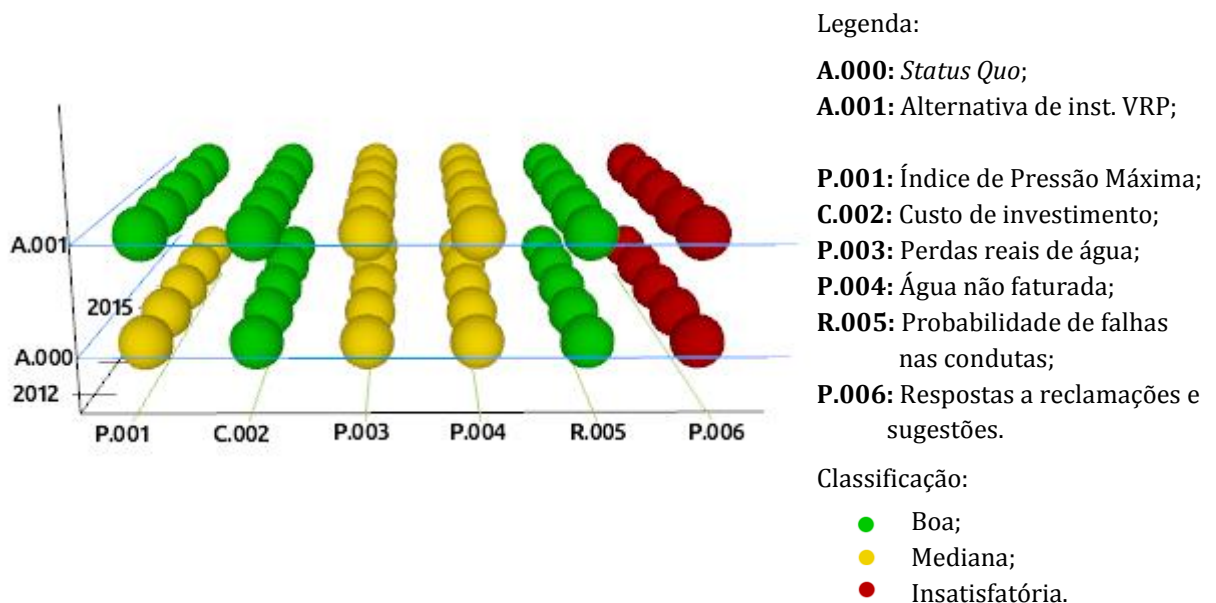


Figura 70 – Comparação da situação de *Status Quo* e da alternativa de intervenção.

Observando a Figura 70, conclui-se que a alternativa de instalação da VRP é a mais favorável, através da melhor classificação referente ao parâmetro P.001, atribuída pela cor verde.

Deste modo, segue-se a análise do resultado detalhado do Índice de Pressão Máxima no Bairro de Almeirim (P_001 Rank) e o resultado global da comparação das duas situações (Global Rank), Figura 71.

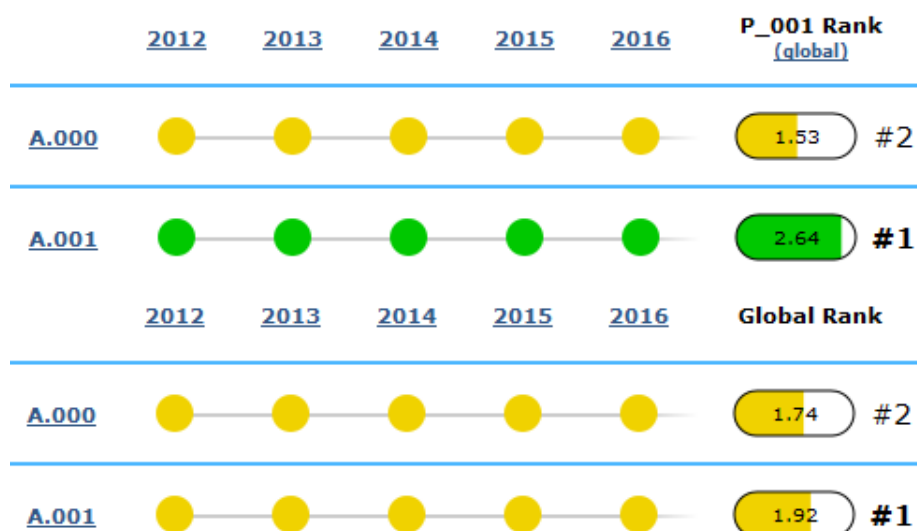


Figura 71 – Comparação do índice de pressão máxima no Bairro de Almeirim (em cima) e no resultado global (em baixo).

O resultado do Índice de Pressão Máxima no Bairro de Almeirim é bastante melhorado e a nível global, avaliando todos os parâmetros, a alternativa de intervenção demonstra-se vantajosa, devido ao aumento de 1,74 para 1,92 em *Global Rank*. Apresenta-se o resultado da simulação da alternativa de intervenção às 05h00, hora em que os valores de consumo são inferiores e os valores de pressão são superiores, Figura 72.



Figura 72 – Resultados das pressões em Bairro de Almeirim após a instalação da VRP.

7.3. Conclusões do caso de aplicação

Verifica-se que após a instalação da VRP as pressões no Bairro de Almeirim diminuíram para valores inferiores ao máximo regulamentado (60 m.c.a.). Deste modo, a vida útil técnica das infraestruturas será preservada, porque em caso contrário diminuiriam. A percentagem de perdas de água reais e aparentes será atenuada e a probabilidade de falhas nas condutas será diminuída. O facto de a entidade gestora Câmara Municipal de Évora já possuir a válvula redutora de pressão, torna os custos associados à implementação desta alternativa diminutos.

8. CONCLUSÕES

Das conclusões que se poderão retirar do presente trabalho, devem destacar-se a proposta de um Plano Estratégico de GPI para os serviços de abastecimento de água e de drenagem de águas residuais da Câmara Municipal de Évora e a construção de um modelo hidráulico e de um modelo de Gestão Patrimonial de Infraestruturas para a rede de abastecimento de água da cidade de Évora.

Foram definidas estratégias que suportam o desenvolvimento do sistema de GPI e o processo de decisão da Câmara Municipal de Évora. A construção do modelo hidráulico da rede de distribuição de água à cidade de Évora e a calibração para duas áreas de análise permitiu a construção do modelo de GPI de suporte à decisão de reabilitação. Realizou-se um diagnóstico e a comparação entre a situação de *Status Quo* e a alternativa de instalação de uma válvula redutora de pressão.

Contribuiu-se para a criação de um cadastro de medições de pressões na rede de abastecimento de água. Admite-se que em termos de calibração do modelo hidráulico, ainda não foi possível atingir uma calibração satisfatória. Porém, o modelo apresenta a capacidade de ser melhorado através da realização de novas medições em outras áreas da rede de distribuição de água, seguindo a metodologia apresentada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alegre, H. e Covas, D., (2010). Gestão Patrimonial de Infra-estruturas de Abastecimento de Água. Uma Abordagem Centrada na Reabilitação. Guia Técnico n.º 16, Série Guias Técnicos, ERSAR/LNEC/IST, Lisboa, (ISBN: 978-989-8360-04-5).

Alegre, H., Coelho, S.T., Covas, D., Almeida, M.C., Cardoso, M.A. (2012). A utility tailored methodology for integrated asset management of urban water infrastructure. 2012 IWA World Water Congress, Busan, South Korea.

Coelho, S.T., Vitorino, D., Alegre, H. (2012). A system-centric approach to infrastructure asset management planning. ASCE WDSA 2012, Albuquerque, NM.

Decreto-Lei n.º 194/2009. «D.R. 1.ª Série». 161 (20-08-2009) 5418-5435.

ERSAR e LNEC (2012). Guia de Avaliação da Qualidade dos Serviços de Águas e Resíduos Prestados aos Utilizadores - 2.ª Geração do sistema de avaliação. Versão 2.0. Guia Técnico n.º 19, Série Guias Técnicos ERSAR/LNEC, Lisboa, (ISBN: 978-989-8360-11-3).

ERSAR (2013). A visão da ERSAR sobre a GPI. Fórum iGPI, LNEC, Lisboa.

LNEC (2002). EPANET 2.0 em português. Simulação hidráulica e de parâmetros de qualidade em sistemas de transporte e distribuição de água. Manual do Utilizador. Lisboa

LNEC, IST e Addition, Lda. (2012). Elaboração de um Plano Estratégico de Gestão Patrimonial de Infraestruturas. Linhas de orientação.

LNEC, IST e Addition, Lda. (2013). Iniciativa Nacional para a Gestão Patrimonial de Infraestruturas de serviços urbanos de água. Fórum iGPI, LNEC, Lisboa.

LNEC, IST e Addition, Lda. (2013). Perspetivas da GPI em Portugal e no Mundo. Fórum iGPI, LNEC, Lisboa.

PINA, R. (2013). A importância da tecnologia e da modelação para a GPI. Fórum iGPI, LNEC, Lisboa.

QUINTELA, A. C. (2009). Hidráulica. Fundação Calouste Gulbenkian, 11.^a Edição, Lisboa.