



Universidade do Porto

FEUP Faculdade de Engenharia

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA DO AMBIENTE

Implementação e Monitorização de uma Zona de Medição e Controlo no Sistema de Abastecimento de Matosinhos

Mariana Ventura Fernandes Granado Pereira

Dissertação submetida para obtenção do grau de
MESTRE EM ENGENHARIA DO AMBIENTE - RAMO DE GESTÃO

Orientador académico: Manuel Maria Pacheco Figueiredo
(Professor Auxiliar do Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto)

Orientador na empresa: Teresa Paiva
(Engenheira Responsável pelo Controlo Activo de Perdas da empresa INDAQUA MATOSINHOS - Gestão de Águas de Matosinhos, S.A)

Porto, Julho 2012

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA DO AMBIENTE 2011/2012

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA

Tel. +351-22-508 1673

Correio electrónico: catc@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

Correio electrónico: feup@fe.up.pt

Endereço electrónico: <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia do Ambiente - 2011/2012 - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2012.*

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respectivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

- Esta página foi intencionalmente deixada em branco -

Resumo

A presente dissertação foi elaborada no âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia do Ambiente (MIEA) da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), em regime empresarial, na empresa INDAQUA MATOSINHOS - Gestão de Águas de Matosinhos, S.A.

Este trabalho teve como área de interesse as perdas reais num sistema de abastecimento de água (SAA) e como objecto a implementação de uma nova Zona de Medição e Controlo (ZMC) no sistema de abastecimento de Matosinhos (SAM), mais concretamente do reservatório da Cruz de Pau, situada na freguesia de Leça da Palmeira.

Ao longo da tese aqui apresentada, desenvolveram-se os cálculos associados à modelação hidráulica da rede de abastecimento de água da ZMC referida. Para a elaboração desse trabalho fez-se o cruzamento de informação entre o sistema de gestão de clientes da área em estudo e cadastro da rede, fornecidos pela Entidade Gestora (EG), preenchendo as fichas técnicas para estruturação do carregamento do simulador hidráulico EPANET.

Acompanhou-se, também, a escolha dos instrumentos que serão instalados na câmara de manobras a construir à entrada da ZMC em estudo (medidor de caudal e válvula redutora de pressão).

Como resultado final obteve-se uma simulação no programa hidráulico EPANET, que constitui uma ferramenta, que se crê útil para, posteriormente, auxiliar e fundamentar as tomadas de decisão por parte da EG, por forma a promover um eficiente e eficaz controlo activo de perdas do SAA em estudo. Com o apoio desse simulador hidráulico foi possível estudar e definir as zonas de gestão de pressão e otimizar este parâmetro.

Com a elaboração da dissertação em estágio empresarial pretendeu-se adquirir ferramentas de trabalho e uma visão realista do mundo laboral, estabelecendo-se uma conectividade entre os conceitos teóricos obtidos durante todo o Mestrado e sua aplicação prática.

Palavras-Chave: Perdas Reais, Sistema de Abastecimento de Água (SAA), Zona de Medição e Controlo (ZMC), Dimensionamento Hidráulico, Simulador Hidráulico EPANET, Entidade Gestora (EG) e Controlo Activo de Perdas.

- Esta página foi intencionalmente deixada em branco -

Abstract

This dissertation was elaborated within the Master in Environmental Engineering, at Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, and was performed at the company INDQUA MATOSINHOS - Gestão de Águas de Matosinhos, S.A.

The area of interest of this dissertation was the real losses in a system of water supply and as its object the implementation of a new Zone of Measurement and Control (ZMC) in Matosinhos' supply system, specifically the reservoir of Cruz de Pau, located in the parish of Leça da Palmeira.

Throughout the thesis presented here, were developed the calculations associated to hydraulic modeling of water supply network of ZMC referred. For the elaboration of this work was necessary to do the intersection between the information of the management system for clients of the studied area and the network's record by filling out the datasheets for structuring the loading hydraulic simulator EPANET.

It was also accompanied the choice of instruments (flow meter and pressure reducing valve) to be installed in the chamber, that should be built at the entrance of the ZMC under consideration.

As a final result was achieved a simulation with the hydraulic program EPANET, which is a tool that is believed to be useful for further help and support for the decision making process by the EG, so as to promote an efficient and effective active control of loss of SAA at study. With the support of this hydraulic simulator was possible to study and define the areas where is required to manage pressure and optimize this parameter.

With the elaboration of the dissertation at a corporate stage it was intended to acquire working tools and a realistic vision of the working world, establishing connectivity between the theoretical concepts obtained during the Master and its practical application.

Keywords: Real Losses, Water Supply System, Measurement and Control Zone, Hydraulic Dimensioning, Hydraulic Simulator EPANET, Management Entity (EG) and Active Control of Losses.

- Esta página foi intencionalmente deixada em branco -

Agradecimentos

A elaboração da minha Dissertação para a obtenção de grau Mestre em Engenharia do Ambiente só foi possível devido à ajuda, disponibilidade e trabalho conjunto com algumas pessoas e entidades às quais gostaria de agradecer.

Em primeiro lugar agradeço ao meu orientador académico, o Professor Manuel Maria Pacheco Figueiredo, pelo apoio, empenho, interesse, disponibilidade, ajuda e ensinamentos que me permitiram chegar ao resultado final que aqui apresento.

Em seguida, à minha orientadora na empresa, a Engenheira Teresa Paiva, por todos os conhecimentos que me transmitiu, pelo auxílio e motivação, que me concedeu ao longo de todo o estágio.

Agradeço também à INDAQUA MATOSINHOS - Gestão de Águas de Matosinhos, S.A, pela abertura e disponibilidade com que me acolheram para a elaboração deste projecto.

À FEUP pela formação que me deu tanto aos níveis profissional e académico, como também ao nível pessoal.

Por fim, e não menos importante, um agradecimento especial à minha família, namorado e amigos por todo o amparo, ânimo e estímulo que me deram ao longo de todo o percurso de realização da dissertação.

- Esta página foi intencionalmente deixada em branco -

Índice

Resumo	v
Abstract.....	vii
Agradecimentos	ix
Índice.....	xi
Lista de Figuras	xiii
Lista de Gráficos	xvi
Lista de Quadros	xvii
Lista de Tabelas	xviii
Abreviaturas e Símbolos	xix
Capítulo 1	2
1.1 - Enquadramento e Motivações	3
1.2 - INDAQUA - Indústria e Gestão de Água, S.A.....	3
1.3 - Objectivos.....	4
1.4 - Estrutura e Organização	5
Capítulo 2	6
2.1 - A Água e o Ciclo Hidrológico	6
2.2 - Sistema de Abastecimento de Água	7
2.3 - Sistema de Distribuição de Água	8
2.4 - Balanço Hídrico	10
2.5 - Perdas de Água	14
2.6 - Gestão da Pressão nas Redes de Abastecimento	18
2.6.1 - Válvulas Redutoras de Pressão	19
2.7 - Medição Zonada e Zona de Medição e Controlo	21
2.7.1 - Medidor de Caudal.....	22
2.7.2 - Dataloggers	26
2.8 - Programa de Simulação EPANET	28
2.8.1 - MATLAB	31
2.9 - Indicadores de Desempenho	31
Capítulo 3	34
3.1 - Caracterização da ZMC em Estudo.....	34

3.2 - Construções e Instalações a Serem Realizadas	38
3.3 - Obtenção de Dados	46
Capítulo 4	47
4.1 - Objectivos do Trabalho Desenvolvido	47
4.2 - Modelação da Rede de Abastecimento da ZMC MTARR224 no EPANET	48
4.2.1 - Distribuição dos Consumos pelos Nós da Rede de Abastecimento	50
4.2.2 - Distribuição do Caudal Total de Perdas pelos Nós da Rede de Abastecimento	52
4.3 - Calibração do Modelo Hidráulico - Exemplo Prático	54
4.3.1 - Determinação do Consumo Total da Rede	54
4.3.2 - Determinação do Caudal Total Consumido pelos Grandes Consumidores	56
4.3.3 - Determinação do Caudal Relativo à Hora de Menor Consumo Doméstico	60
4.3.4 - Determinação do Caudal de Perdas Máximo	60
4.3.5 - Determinação dos Consumos Domésticos Horários	61
4.4 - Resultados Obtidos no EPANET	63
4.5 - Análise dos Resultados Obtidos no EPANET	66
4.6 - Sugestões de Melhoria do Funcionamento do SAA	67
Capítulo 5	69
5.1 - Conclusões Gerais	69
Referências	74
Anexos	I

Lista de Figuras

Figura 1.1 - Locais de Exploração da INDAQUA em Portugal (imagem à esquerda) e, especificamente, em Matosinhos (imagem à direita) (Fonte: INDAQUA, S.A.).....	4
Figura 2.1 - Ciclo Hidrológico (Fonte: Mundo Ciência).	7
Figura 2.2 - Ciclo Urbano da Água (Fonte: Águas de Portugal).	7
Figura 2.3 - Esquema básico de um Sistema de Abastecimento de Água (Fonte: CEAD, Unimontes).	8
Figura 2.4 - Rede de Distribuição do tipo Ramificada (Fonte: O ₂ Engenharia).	9
Figura 2.5 - Rede de Distribuição do tipo Emalhada (Fonte: O ₂ Engenharia).	9
Figura 2.6 - Rede de Distribuição do tipo Mista (Fonte: O ₂ Engenharia).	10
Figura 2.7 - Componentes do Balanço Hídrico (Fonte: ERSAR).	11
Figura 2.8 - Utilização de geofone para a detecção acústica de fugas (Fonte: SONDEQ).	16
Figura 2.9 - Sistema de Telemetria (Fonte: Exata).	17
Figura 2.10 - Evolução da Percentagem de Perdas (Fonte: INDAQUA Matosinhos, S.A.).	18
Figura 2.11 - Regulação hidroelétrica com utilização de um programador e um piloto (Fonte: Bayard).	19
Figura 2.12 - Regulação segundo consumos horários e/ou leitura dos contadores (Fonte: Bayard).	19
Figura 2.13 - Regulação por utilização de um piloto hidráulico (Fonte: Bayard).	19
Figura 2.14 - Regulação segundo a variação dos consumos horários (Fonte: Bayard).	19
Figura 2.15 - Regulação contínua segundo consumos horários (Fonte: Bayard).	19
Figura 2.16 - CE tubular (Fonte: ERSAR).	22
Figura 2.17 - CE de inserção (Fonte: ERSAR).	22
Figura 2.18 - Princípio de transdução de um CE tubular (Fonte: ERSAR).	23
Figura 2.19 - Instalação do primário de um CE tubular (Fonte: ERSAR).	25

Figura 2.20 - Instalação do primário de um CE de inserção (<i>Fonte: ERSAR</i>).	25
Figura 2.21 - Esquematização de um medidor de caudal e um sistema de aquisição de dados através de um datalogger (<i>Fonte: ERSAR</i>).	26
Figura 2.22 - Tipos de <i>dataloggers</i> (<i>Fonte: ZEBEN</i>).	27
Figura 2.23 - Quadro de inserção de informação para a modelação de troços no EPANET (<i>Fonte: EPANET</i>).	29
Figura 2.24 - Quadro de inserção de informação para a modelação de nós no EPANET (<i>Fonte: EPANET</i>).	29
Figura 2.25 - Quadros de inserção de informação para a modelação de RNF (à esquerda) e RNV (à direita) no EPANET (<i>Fonte: EPANET</i>).	30
Figura 3.1 - Freguesias pertencentes ao Concelho de Matosinhos (<i>Fonte: C.M. Matosinhos</i>).	34
Figura 3.2 - Mapa da ZMC em estudo (MTARR224) (<i>Fonte: C.M. Matosinhos</i>).	35
Figura 3.3 - Reservatório da Cruz de Pau, Matosinhos (<i>Fonte: Google Earth</i>).	36
Figura 3.4 - Rede de Abastecimento da ZMC (<i>Fonte: C.M. Matosinhos</i>).	37
Figura 3.5 - Troços de conduta, Válvulas de Seccionamento, Hidrantes, Ramais de abastecimento, Nós e Medidores de Caudal (<i>Fonte: C.M. Matosinhos</i>).	37
Figura 3.6 - Localização dos Grandes Consumidores da ZMC MTARR224 (<i>Fonte: Google Earth</i>).	38
Figura 3.7 - Medidor de Caudal <i>OPTIFLUX 2000</i> (<i>Fonte: KROHNE</i>).	39
Figura 3.8 - Funcionamento de um Caudalímetro Electromagnético (CE) (<i>Fonte: KROHNE</i>). .	40
Figura 3.9 - Desenho Técnico e Dimensionamento do <i>OPTIFLUX 2000</i> (vista frontal à esquerda e vista lateral à direita) (<i>Fonte: KROHNE</i>).	41
Figura 3.10 - VRP <i>HYDROBLOC</i> (<i>Fonte: Bayard</i>).	42
Figura 3.11 - Tipo de Passagem XGS (imagem à direita) e XG (imagem à esquerda) (<i>Fonte: Bayard</i>).	43
Figura 3.12 - Caudais Mínimo e Máximo Permanente Aconselhados Para a VRP do Tipo <i>HYDROBLOC</i> (<i>Fonte: Bayard</i>).	44
Figura 4.1 - Rede de Abastecimento da ZMC MTARR224 Simulada no EPANET (<i>Fonte: EPANET</i>).	50
Figura 4.2 - Rede de Abastecimento da ZMC com os Valores das Pressões e do Escoamento Relativos ao Dia 17/05/2012 (<i>Fonte: EPANET</i>).	64
Figura 4.3 - Mapa das Pressões na Rede de Abastecimento para o Período de Maior Consumo (entre as 9h00m e as 10h00m) do Dia 17/05/2012 (<i>Fonte: EPANET</i>).	65

Figura 4.4 - Mapa das Pressões na Rede de Abastecimento para o Período de Menor
Consumo (entre as 5h00m e as 6h00m) do Dia 17/05/2012 (*Fonte: EPANET*). 65

Figura 4.5 - Gráfico do Caudal à Saída do Reservatório Durante o Dia 17/05/2012 (*Fonte:*
EPANET). 66

Lista de Gráficos

Gráfico 1 - Controlo da Pressão ao Longo do Tempo (<i>Fonte: Bayard</i>).	18
Gráfico 2 - Curvas de funcionamento da VRP <i>HYDROBLOC</i> , modelo XG (<i>Fonte: Bayard</i>).	43
Gráfico 3 - Percentagem de K em função da percentagem de abertura da VRP <i>HYDROBLOC</i> (<i>Fonte: Bayard</i>).	44
Gráfico 4 - Condições de Funcionamento da VRP <i>HYDROBLOC</i> , Segundo ΔP e K (<i>Fonte: Bayard</i>).	45
Gráfico 5- Condições de Funcionamento da VRP <i>HYDROBLOC</i> , Segundo as P de Montante e Jusante (<i>Fonte: Bayard</i>).	45
Gráfico 6 - Consumo Total Horário da Rede de Abastecimento.	56
Gráfico 7 - Consumo Horário do Hotel Holiday Inn.	58
Gráfico 8 - Consumo Horário do Terminal de Roll-On/Roll-Off (APDL).	58
Gráfico 9 - Consumo Horário do Terminal da Marina de Leixões (APDL).	59
Gráfico 10 - Consumo Horário do Terminal de Petroleiros (APDL).	59
Gráfico 11 - Consumo Total dos Grandes Consumidores da Rede de Abastecimento.	60
Gráfico 12 - Componentes do Consumo Total da Rede de Abastecimento Relativas ao Dia 17 de Maio de 2012.	63

Lista de Quadros

Quadro A - Exemplo de Balanço Hídrico.	13
Quadro B - CE Tubulares: Gama Recomendável de Valores da Relação entre Diâmetros Interiores do Primário e da Conduta Principal para o Caudal Médio de Dimensionamento.	I
Quadro C - CE Tubulares: Correspondências Recomendáveis entre Velocidades Médias do Escoamento no Primário e na Conduta Principal (para o Caudal Médio de Dimensionamento) em Função das Relações entre os Respetivos Diâmetros Interiores	I
Quadro D - CE Tubulares: Correspondências entre Diâmetros Nominais do Primário e da Conduta Principal em Função das Relações entre os Respetivos Diâmetros Interiores.	II

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Grupo de ID e respectivo código de identificação.	32
Tabela 2 - ID sugeridos pelo IWA para avaliação das perdas de água num SAA.	33
Tabela 3 - Dimensionamento do <i>OPTIFLUX 2000</i> instalado na ZMC.....	41
Tabela 4 - Valores do Desempenho de Operação do <i>OPTIFLUX 2000</i> com DN 200.	41
Tabela 5 - Consumos Totais da Rede de Abastecimento.	55
Tabela 6 - Consumos Horários e Totais dos Grandes Consumidores da Rede de Abastecimento.	57
Tabela 7 - Consumos Horários Domésticos, FH e Caudais de Perdas Arbitrados.	62
Tabela 8 - Correção dos DN para Tubos de PEAD com Pressão Nominal de 10 bar.	XXXVIII
Tabela 9 - Correção dos DN para Tubos de PVC com Pressão Nominal de 10 bar.	XXXVIII

Abreviaturas e Símbolos

Lista de Abreviaturas

AdDP	Águas do Douro e Paiva - Grupo Águas de Portugal
AES	Água de Entrada no Sistema
APDL	Administração dos Portos do Douro e Leixões, SA.
BH	Balanço Hídrico
CE	Caudalímetros Electromagnéticos
<i>cpc</i>	Coeficiente de ponderação do consumo
<i>cpp</i>	Coeficiente de ponderação de perdas no nó
DN	Diâmetro Nominal
EG	Entidade Gestora
ERSAR	Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos
EUA	Estados Unidos da América (EUA)
EV	Electroválvula
FEUP	Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
FH	Factores Horários
GC	Grandes Consumidores
ID	Indicadores de Desempenho
IWA	International Water Association
MATLAB	MATrix LABoratory
MIEA	Mestrado Integrado em Engenharia do Ambiente
RNF	Reservatório de Nível Fixo
RNV	Reservatório de Nível Variável
S.A.	Sociedade Anónima
SAA	Sistema de Abastecimento de Água
SAM	Sistema de Abastecimento de Matosinhos
SDA	Sistema de Distribuição de Água
SIG	Sistema de Informação Geográfica
USEPA	U.S. Environmental Protection Agency

VE	Velocidade de Escoamento
VRP	Válvula Redutora de Pressão
ZMC	Zona de Medição e Controlo

Lista de símbolos

%	Porcentagem
$\langle p \rangle$	Altura piezométrica média ponderada da rede de abastecimento
Q_{GC}	Consumo dos grandes consumidores
$Q_{cons\ dom}$	Consumo doméstico
$Q_{perdas\ reais}$	Caudal das perdas reais
$Q_{total\ rede}$	Consumo total da rede de abastecimento
€	Euro
°	Grau
B	Fluxo Magnético
c	Coeficiente de vazão de perdas unitário
C	Coeficiente de vazão no nó
cpc	Coeficiente de ponderação do consumo
c_{pp}	Coeficiente de ponderação de perdas no nó
C_{rede}	Coeficiente de vazão de perdas global da rede de abastecimento
D	Diâmetro
E	Força Electromotriz
H	Hidrante
h	Hora
k	Constante Adimensional
K	Constante do Elemento Primário
K	Coeficiente de Queda de Pressão
km	Quilómetro
l	Litro
L	Comprimento do troço
$L_{pond, rede}$	Comprimento total ponderado da rede de abastecimento
m	Metro
M	Número de troços ligados a um nó
m.c.a	Metros de Coluna de Água
MC	Medidor de Caudal
min	Minuto
mm	Milímetro

mV	Milivolt
N	Nó
N	Número de troços
NN	Número total de nós na rede de abastecimento
p	Altura piezométrica
Pa	Pascal
P_j	Pressão a Jusante
Q	Consumo de um nó
Q	Caudal
q	Caudal unitário de percurso
Q_{perdas}	Caudal total de perdas da rede de abastecimento
RA	Ramal de Abastecimento
s	Segundo
t	Tempo
T	Troço de Conduta
U	Velocidade
VS	Válvula de Seccionamento
w	“Peso” do nó
W	Watt
β	Factor correctivo (expoente)
ΔH	Variação da Altura
ΔP	Variação da Perda de Carga

- Esta página foi intencionalmente deixada em branco -

Capítulo 1

As mudanças climáticas e a ocorrência de situações extremas de secas e cheias são uma realidade que se vai agravando, provocando a escassez de água disponível para o consumo humano. Aliado a estes problemas ambientais, está também o aumento do consumo deste bem devido ao incremento dos aglomerados populacionais, o que obriga a uma gestão, que se quer cada vez mais eficiente, deste recurso natural.

Actualmente é dada uma ênfase especial à necessidade de se assistir a um desenvolvimento sustentável por parte das civilizações. No caso dos recursos hídricos, esse desenvolvimento deve ser aplicado às redes de abastecimento e distribuição de água às populações. A gestão eficiente por parte das Entidades Gestoras (EG) passa por diminuir as perdas de água dos seus sistemas, pois dessa forma é possível reduzir os volumes de água captados das suas origens, os consumos energéticos, o impacto na disponibilidade das reservas naturais e a diminuição dos custos associados tanto ao nível da entidade como ao nível dos próprios países.

Na tentativa de diminuir essas perdas é necessário que haja uma liderança consolidada por parte das empresas responsáveis pela disponibilização deste bem às populações, assim como se torna imprescindível conhecer a rede (através da sectorização, monitorização e criação de cadastro contendo toda a informação essencial) por forma a actuar de forma coerente, eficaz e eficiente ao longo do tempo.

Os objectivos da realização deste trabalho passam por dar a conhecer e explicar os problemas associados à distribuição de água potável às populações através das redes de abastecimento, tentando encontrar soluções para eventuais situações negativas que ocorram neste tipo de sistemas.

Assim sendo, esta dissertação teve como principal área de interesse as perdas reais num sistema de abastecimento de água (SAA) e como objecto a implementação de uma nova zona de medição e controlo (ZMC) no sistema de abastecimento de Matosinhos (SAM).

Foi possível, ao longo deste projecto, desenvolver e acompanhar os trabalhos associados à modelação hidráulica permitindo uma caracterização da rede próxima da realidade através de processos elaborados com o auxílio de ferramentas informáticas como o EPANET e o MATLAB. Estes instrumentos facilitam a compreensão do funcionamento da rede e a melhoria da sua gestão, havendo a hipótese de observar e estudar as possibilidades de acções que

permitam diminuir então as perdas de água, obtendo dessa forma um sistema mais eficaz e eficiente.

1.1 - Enquadramento e Motivações

A presente redacção constitui uma dissertação no âmbito do MIEA da FEUP com objecto de estudo a implementação de uma nova ZMC no SAM, mais concretamente do reservatório da Cruz de Pau, situada na freguesia de Leça da Palmeira.

A elaboração deste trabalho só foi possível com os apoios da empresa INDAQUA MATOSINHOS - Gestão de Águas de Matosinhos, S.A., tendo como orientadora a Engenheira Teresa Paiva, e da FEUP com orientação do Professor Manuel Maria Pacheco Figueiredo.

A água é um elemento essencial à vida humana e ao desenvolvimento socioeconómico das populações sendo, por isso, necessário utilizar este recurso natural de forma sustentável. No entanto nem sempre estes objectivos são cumpridos, havendo uma ineficiência associada a perdas e usos incorrectos deste bem. Essas perdas ocorrem não só devido a falhas nas infraestruturas das redes de abastecimento, denominando-se neste caso de perdas reais, como também devido a consumos ilícitos e/ou a erros de medição, intitulado-se de perdas aparentes.

A criação de uma ZMC permite então obter um maior controlo de perdas, e constitui uma valiosa ajuda na obtenção de um sistema de distribuição pública de água eficiente e adequado, para o local onde se insere.

Assim sendo, torna-se urgente desenvolver um sistema que sirva o maior número de habitantes (clientes) possível, com um nível de serviço e preços adequados, tendo em foco uma gestão ambientalmente sustentável.

Como estudante na área do Ambiente, é para mim bastante motivador e interessante trabalhar este tema e adquirir mais conhecimentos sobre um dos recursos mais importantes, e infelizmente, cada vez mais escasso do nosso planeta, como é a água. É também extremamente estimulante colaborar com uma empresa como a INDAQUA, obtendo assim métodos de trabalho e uma visão mais abrangente sobre o mundo empresarial.

É meu objectivo que esta dissertação que aqui apresento constitua um documento útil e cativante para quem pretender saber um pouco mais sobre o tema em análise.

1.2 - INDAQUA - Indústria e Gestão de Água, S.A

A INDAQUA - Indústria e Gestão de Água, S.A., com sede em Perafita, é uma empresa implementada com vista a actuar nas concessões municipais e parcerias público-privadas no sector do ambiente e gestão do ciclo da água. É detida, unicamente, por grupos accionistas portugueses, entre os quais se destacam os grupos Mota-Engil (com uma participação maioritária de cerca de 50,06%), Soares da Costa (que participa em 28,57%) e Monte Adriano (com 21,37% de participação).

A INDAQUA é a maior entidade privada em Portugal, no que concerne às concessões municipais de água, visto que serve sensivelmente 190 000 clientes num domínio populacional de 550 000 habitantes.

Ao nível nacional, a empresa concorre desde 1994 a todos os concursos públicos para atribuição de concessões municipais e está presente actualmente nos municípios de Fafe, Matosinhos, Santa Maria da Feira, Santo Tirso/Trofa, São João da Madeira e Vila do Conde, figura 1.1.

Ao nível internacional, participa no capital e na gestão da *Vista Water*, empresa Angolana do sector da água e saneamento, desde 2009.

A INDAQUA detém, assim, vastas aptidões nos vários elementos constituintes do desenvolvimento e da gestão dos serviços de água e de saneamento.

A dissertação que aqui se apresenta foi elaborada, mais especificamente, na concessionária INDAQUA MATOSINHOS - Gestão de Águas de Matosinhos, S.A., entidade que explora, desde 2008, os serviços municipais de distribuição de água e recolha e tratamento de água residuais deste concelho.

Matosinhos integra a área metropolitana do Grande Porto e abrange cerca de 169 104 habitantes. Esta concionária compreende as freguesias de Custóias, Guifões, Lavra, Leça da Palmeira, Leça do Balio, Matosinhos, Perafita, Santa Cruz do Bispo, São Mamede de Infesta e Senhora da Hora, figura 1.1.

Um dos maiores desafios que a INDAQUA enfrenta nesta localidade é a reabilitação das infraestruturas existentes e a implementação de novas e melhores tecnologias, tais como equipamentos de telegestão, sistema de informação geográfica (SIG) completo com informação do cadastro, equipamentos de monitorização, entre outros, [1].

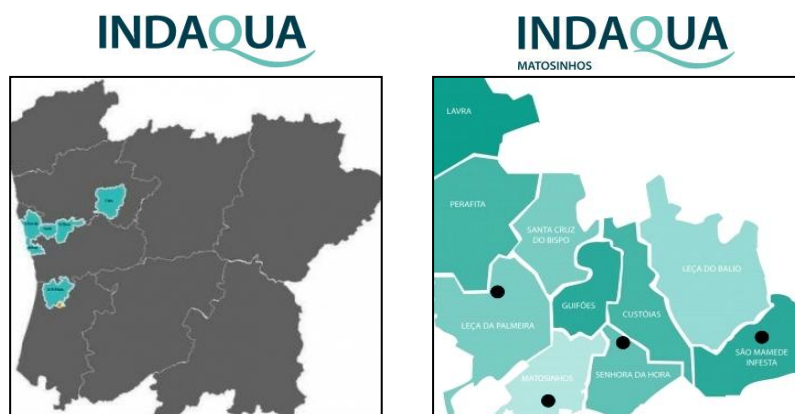


Figura 1.1 - Locais de Exploração da INDAQUA em Portugal (imagem à esquerda) e, especificamente, em Matosinhos (imagem à direita) (Fonte: INDAQUA, S.A.).

1.3 - Objectivos

A elaboração da dissertação que aqui se apresenta tem como objectivos principais a modelação e a monitorização da ZMC em estudo, com foco sobre as parcelas de perdas reais, e a deliberação de acções para as reduzir. Para tal, é necessário desenvolver e acompanhar

os trabalhos associados à modelação hidráulica, da rede de abastecimento de água dessa mesma ZMC. É essencial, e constitui uma ferramenta muito útil para este trabalho, o simulador hidráulico EPANET, sendo necessário fazer-se o cruzamento de informação entre o sistema de gestão de clientes da área em estudo e cadastro da rede, preenchendo as fichas técnicas, para estruturação do carregamento programa.

Como resultado final pretende-se obter um modelo hidráulico, que constitua uma ferramenta que permitirá auxiliar e fundamentar as tomadas de decisão por parte da EG, por forma a promover um eficiente e eficaz controlo activo de perdas do SAA em estudo. Assim, crê-se que será possível estudar e definir as zonas de gestão de pressão e otimizar este parâmetro.

Durante a elaboração deste trabalho também se pretende acompanhar a escolha dos instrumentos que serão instalados na câmara de manobras a construir à entrada da ZMC em estudo (medidor de caudal e válvula redutora de pressão).

Com a elaboração da tese, em ambiente empresarial, pretende-se não só chegar aos objectivos práticos acima descritos, como também obter ferramentas laborais, uma visão ampla do mundo do trabalho e estabelecer uma conectividade entre os conceitos teóricos obtidos durante todo o Mestrado e sua aplicação prática.

1.4 - Estrutura e Organização

A dissertação que aqui se apresenta é constituída por cinco capítulos principais.

No primeiro capítulo é exposta a relevância do tema proposto, enquadra-se o trabalho, faz-se uma breve apresentação da INDAQUA - Indústria e Gestão de Água, S.A. e expõem-se os objectivos e a estrutura da dissertação.

No capítulo 2 é feita referência às definições básicas necessárias à compreensão geral do tema tratado na presente trabalho. São mencionados e sucintamente explicados temas como a água e o seu ciclo, os sistemas de abastecimento e de distribuição de água, o balanço hídrico, as perdas de água, a gestão da pressão nas redes de abastecimento, a medição zonada, a criação de zonas de medição e controlo, o programa de simulação EPANET e os indicadores de desempenho propostos pela IWA.

No terceiro capítulo é realizada uma caracterização da ZMC em estudo, assim como do tipo de construções e instalações que serão executadas. São ainda indicadas as técnicas e ferramentas utilizadas para a obtenção de dados de caudal, facturação, perdas, entre outros.

No capítulo 4 expõem-se os objectivos específicos do trabalho desenvolvido na INDAQUA Matosinhos, assim como todo o método de preparação da simulação hidráulica no EPANET. Os resultados obtidos no programa são expostos e analisados. Ao longo deste capítulo também se propõem algumas medidas que poderão ser um importante auxílio na resolução de eventuais problemas encontrados, no sentido de otimizar o funcionamento do SAA.

Por fim, no capítulo 5, são apresentadas e fomentadas as conclusões passíveis de serem retiradas do trabalho elaborado.

Capítulo 2

Neste capítulo será feita alusão às definições básicas necessárias à compreensão geral do tema tratado na presente dissertação. Serão então mencionados, e brevemente explicados, assuntos como a água e o seu ciclo, os sistemas de abastecimento e de distribuição de água, o balanço hídrico, as perdas de água, a gestão da pressão nas redes de abastecimento, a medição zonada, a criação de zonas de medição e controlo, o programa de simulação EPANET e os indicadores de desempenho propostos pela IWA.

2.1 - A Água e o Ciclo Hidrológico

A água é o recurso natural mais abundante no planeta, visto que ocupa cerca de 75% da sua superfície. É sabido que 97% do total da água se encontra nos oceanos, e que 2% estão retidos nos calotes polares e glaciares, no estado sólido. Os restantes 1% estão repartidos pelas escorrências superficiais (rios, lagos, etc.), nos seres vivos e como humidade no solo e na atmosfera. Assim sendo, só uma pequena fracção dos recursos hídricos existentes na Terra pode ser utilizada pelo Homem.

Este não é, de forma alguma, um recurso estático, é um bem em permanente mutação e deslocação. A água presente na superfície terrestre evapora, formando nuvens que, quando sobrecarregadas e formadas a uma altitude considerável, permitem que ocorra o fenómeno de precipitação, pois as gotículas de água arrefecem e condensam. A água, que é assim libertada, cai e acumula-se novamente na superfície do planeta, recomeçando de seguida o ciclo. Este processo é de extrema importância porque possibilita a manutenção da vida terrestre tal como a conhecemos.

A este percurso que a água realiza dá-se o nome de Ciclo Hidrológico ou Ciclo da Água, figura 2.1.

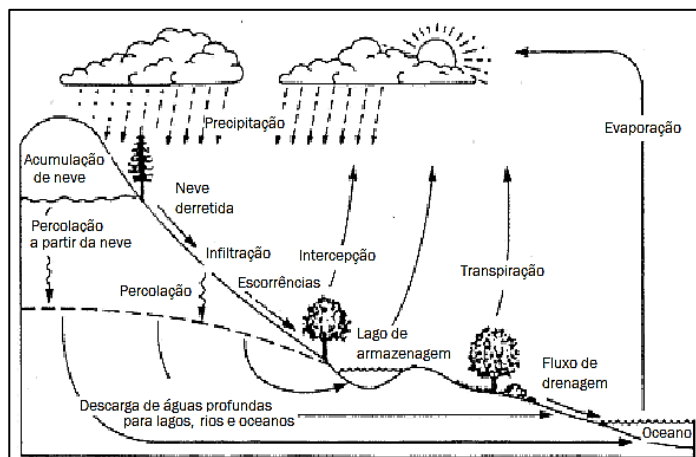


Figura 2.1 - Ciclo Hidrológico (Fonte: Mundo Ciência).

Este recurso de que se trata é essencial à vida, tanto humana como dos outros seres vivos existentes no planeta, e é utilizado não só para a sua manutenção, com também é sobejamente empregue nas actividades socioeconómicas dos vários países, tais como a indústria e a agricultura. A água permite, entre outras acções, regular o clima, os fluxos hidrológicos e os nutrientes, assim como produzir energia e ser utilizada para actividades recreativas. Dada a necessidade permanente de água com características para assegurar uma boa qualidade de vida e conforto, foram criados pelo Homem, sistemas ambientais relacionados com este recurso, tais como sistemas de abastecimento de água e de saneamento, de drenagem, de tratamento de águas residuais, de rega, entre outros, [2].

A este processo, posterior, de utilização da água dá-se o nome de Ciclo Urbano, figura 2.2, e pode resumir-se às etapas de captação, tratamento, adução, utilização, recolha, novo tratamento e devolução à natureza (ou reutilização directa).

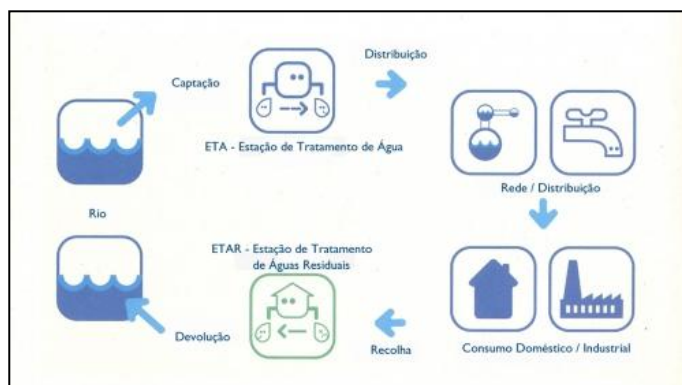


Figura 2.2 - Ciclo Urbano da Água (Fonte: Águas de Portugal).

2.2 - Sistema de Abastecimento de Água

Como foi referido anteriormente, a água é um bem essencial à existência humana, no entanto, para ser utilizado este recurso necessita de ter características adequadas para os

fins a que se destina (consumos domésticos, agrícolas, industriais, etc.) e em quantidade suficiente. Assim sendo, e para garantir que a água chega ao Homem com a qualidade e nas quantidades pretendidas, é necessário criar um sistema que capte a água da natureza, que a trate e a transporte até às populações.

Um SAA, figura 2.3, é o conjunto de infraestruturas e etapas destinadas ao abastecimento de água potável às populações entre as quais se destacam: a origem (fonte de água), a captação (tomada de água da origem), a adução (transporte de água, sem consumo durante o percurso), o tratamento, o armazenamento (retenção de algum volume de água para garantir o fornecimento constante e a pressão necessária na rede de abastecimento) e a distribuição (transporte até à população, com consumo de percurso). Por vezes, torna-se ainda indispensável instalar estações elevatórias de modo a garantir que a água chega a todos os locais de consumo, mesmo aos mais longínquos e elevados, e que o sistema de adução tenha o caudal e pressão adequados.

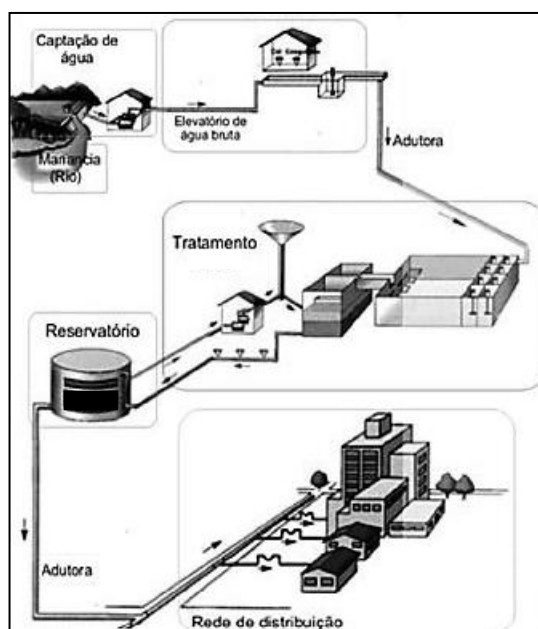


Figura 2.3 - Esquema básico de um Sistema de Abastecimento de Água (Fonte: CEAD, Unimontes).

Os SAA podem ser classificados de acordo com a (in) existência de consumo de percurso. Se não houver consumo de água ao longo do trajecto os sistemas são adutores mas se, pelo contrário, o recurso for utilizado estes denominam-se de sistemas de distribuição, [3] [4].

2.3 - Sistema de Distribuição de Água

Após sofrer tratamento, a água poderá ser distribuída directamente até aos locais de consumo ou então ser transportada até reservatórios e, posteriormente, distribuída pela população, [4].

Um Sistema de Distribuição de Água (SDA) engloba o reservatório e a rede distribuição de um SAA. O reservatório é o ponto que alimenta e condiciona, ao nível das cotas piezométricas, a rede de distribuição e, por sua vez, esta é o conjunto de tubagens e elementos acessórios que permitem o abastecimento de água potável à população residente na área concessionada. Os elementos constituintes de uma rede de distribuição são condutas, ramais de ligação, elementos acessórios (juntas, válvulas de seccionamento, de retenção, de redução de pressão, câmaras de perda de carga, ventosas, medidores de caudal, hidrantes, entre outros). [5]

Um SDA destina-se a uma área específica, isto é, uma área que é distinta das suas vizinhas dado o tipo de consumo. Uma área pode ser classificada, relativamente ao tipo de consumo, como sendo residencial, comercial, industrial ou mista.

As redes de distribuição são normalmente divididas em zonas de pressão, de modo a garantir as pressões (estática e dinâmica) e as condições ideais pré-estabelecidas para toda a área visada. Podem ser classificadas de acordo com diversas especificações, tais como o tipo de traçado (sendo ramificadas, emalhadas ou mistas), o número de zonas de pressão (zona única ou múltiplas zonas) e o número de condutas distribuidoras na mesma rua (única, com condutas auxiliares ou com duas condutas distribuidoras laterais).

Como já foi referido, as redes de abastecimento têm como unidade fundamental os troços de conduta que podem estar dispostos de formas distintas, dando origem a diferentes classificações relativamente ao seu traçado. As redes dizem-se ramificadas se os troços de conduta terminarem em extremidades independentes, figura 2.4, emalhadas se formarem circuitos fechados havendo ligação entre os diversos troços, figura 2.5, e mistas se houver os dois tipos de traçados na mesma área, figura 2.6.

Devido às dimensões, demografia, flexibilidade e funcionalidade das redes, os traçados ramificados são projectados de forma menos onerosa. No entanto, nem sempre é a melhor alternativa para o tipo de zona de distribuição a que se destina, havendo vantagem da rede ser constituída por circuitos fechados.

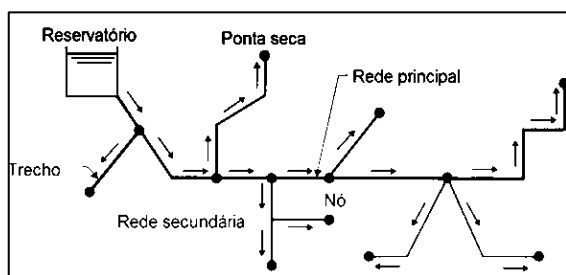


Figura 2.4 - Rede de Distribuição do tipo Ramificada (Fonte: O₂ Engenharia).

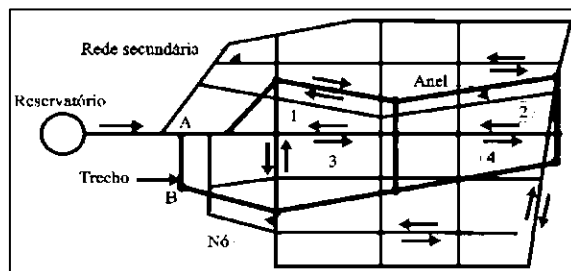


Figura 2.5 - Rede de Distribuição do tipo Emalhada (Fonte: O₂ Engenharia).

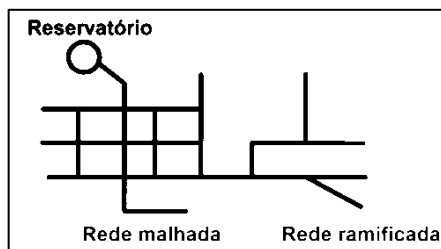


Figura 2.6 - Rede de Distribuição do tipo Mista (Fonte: *O₂ Engenharia*).

Para o dimensionamento das redes de distribuição devem considerar-se alguns factores como os consumos, as perdas de carga ao longo das condutas e a velocidade de escoamento.

Nos SDA existem ainda outros componentes para além da rede de tubagens e condutas, tais como válvulas de manobra, fecho e descarga, ventosas, hidrantes, etc..

É possível concluir, então, que a modelação de uma rede de distribuição de água para consumo humano é muito útil para ensaiar o seu comportamento nas diversas situações de funcionamento, permitindo dimensioná-la, configurá-la e alterá-la conforme as necessidades. Para auxiliar as decisões relativas ao projecto constrói-se e calibra-se um modelo de rede de distribuição. Esse trabalho abrange a elaboração de ficheiros que contenham informação relativa à estrutura física da rede e das suas componentes e relativa às características hidráulicas. Para a realização da modelação utilizam-se algumas aplicações já existentes no mercado, entre os quais um dos mais utilizados é o EPANET. Este tipo de suporte informático permite não só modelar (tendo em conta estudos, projectos e operações relativos às redes), como também avaliar os diferentes cenários de funcionamento e fundamentar decisões, [6] [7]. Sobre este programa de modelação hidráulica falar-se-á mais à frente na presente redacção.

2.4 - Balanço Hídrico

A definição do Balanço Hídrico (BH) de um SAA é um método extremamente útil e indispensável para avaliar os cursos e usos da água no sistema. Este abrange todas as componentes do SAA, desde a captação da água bruta até ao seu consumo por parte dos clientes. Através do cálculo do BH, obtém-se informação essencial a uma boa gestão deste recurso natural, e é possível conhecer a distribuição de perdas de água e dos consumos no sistema.

Para que seja considerado representativo, o BH deve ser efectuado tendo em conta os dados relativos a um ano de abastecimento.

Na figura 2.7 apresentam-se as principais parcelas a ter em conta no cálculo do BH segundo a International Water Association (IWA) e Alegre et al (2005), no Guia técnico nº3 “Controlo de perdas de água em sistemas públicos de adução e distribuição” da Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos (ERSAR), [8].

A	B	C	D	E
Água entrada no sistema [m ³ /ano]	Consumo autorizado [m ³ /ano]	Consumo autorizado facturado [m ³ /ano]	Consumo facturado medido (incluindo água exportada) [m ³ /ano]	Água facturada [m ³ /ano]
			Consumo facturado não medido [m ³ /ano]	
		Consumo autorizado não facturado [m ³ /ano]	Consumo não facturado medido [m ³ /ano]	Água não facturada (perdas comerciais) [m ³ /ano]
			Consumo não facturado não medido [m ³ /ano]	
	Perdas de água [m ³ /ano]	Perdas aparentes [m ³ /ano]	Uso não autorizado [m ³ /ano]	
			Erros de medição [m ³ /ano]	
		Perdas reais [m ³ /ano]	Fugas nas condutas de adução e/ou distribuição [m ³ /ano]	
			Fugas e extravasamentos nos reservatórios de adução e/ou distribuição [m ³ /ano]	
			Fugas nos ramais (a montante do ponto de medição) [m ³ /ano]	

Figura 2.7 - Componentes do Balanço Hídrico (Fonte: ERSAR).

Em seguida explica-se sucintamente a que se referem algumas das principais componentes do BH.

- Água de Entrada no Sistema (AES): Volume de água disponibilizado ao sistema. No caso em estudo, corresponde ao volume de água total que é medido à entrada da ZMC.
- Consumo Autorizado, que se subdivide em:
 - Consumo Autorizado Facturado: volume de água medido e/ou estimado que é facturado pela EG.
 - Consumo Autorizado Não Facturado: volume de água medido e/ou estimado que não é facturado pela EG.
- Perdas de Água: volume total de água perdido e não facturado, que aumenta os custos de funcionamento do SAA. Subdividem-se em:
 - Perdas Aparentes: volume de água perdido apenas ao nível de facturação, visto que a água é, na realidade, consumida. Podem dever-se a consumos ilícitos, erros de medição e de informação cadastral.
 - Perdas Reais: volume de água fisicamente perdido na rede, ou seja, a água não é consumida. Podem ocorrer sobretudo devido a fugas nas condutas de adução e distribuição, fugas e extravasamentos nos reservatórios e/ou fugas nos ramais de distribuição, [9] [10].

Existe uma metodologia para o cálculo do BH implementada, e divulgada por estes mesmos autores, que consiste nos seguintes passos:

“Passo 0: Definir os limites exactos do sistema (ou sector de rede) a auditar; definir as datas de referência (definindo um período de um ano).

Passo 1: Determinar o volume de água entrada no sistema e introduzi-lo na Coluna A.

Passo 2: Determinar o consumo facturado medido e o consumo facturado não medido e incluir na Coluna D; introduzir o total destes como consumo autorizado facturado (Coluna C) e como água facturada (Coluna E).

Passo 3: Calcular o volume de água não facturada (Coluna E) subtraindo a água facturada (Coluna E) à água entrada no sistema (Coluna A).

Passo 4: Definir o consumo não facturado medido e o consumo não facturado não medido na Coluna D; registar o total em consumo autorizado não facturado na Coluna C.

Passo 5: Somar os volumes correspondentes ao consumo autorizado facturado e ao consumo autorizado não facturado da Coluna C; introduzir o resultado como consumo autorizado (Coluna B).

Passo 6: Calcular as perdas de água (Coluna B) como a diferença entre a água entrada no sistema (Coluna A) e o consumo autorizado (Coluna B).

Passo 7: Avaliar, usando os melhores métodos disponíveis, as parcelas do uso não autorizado e dos erros de medição (Coluna D), somá-las e registar o resultado em perdas aparentes (Coluna C).

Passo 8: Calcular as perdas reais (Coluna C) subtraindo as perdas aparentes (Coluna C) às perdas de água (Coluna C).

Passo 9: Avaliar as parcelas das perdas reais (Coluna D) usando os melhores métodos disponíveis (análise de caudais nocturnos, dados de medição zonada, cálculos de frequência/caudal/duração das roturas, modelação de perdas baseada em dados locais sobre o nível-base de perdas, etc.), somá-las e comparar com o resultado das perdas reais (Coluna C).”, [8].

Os valores obtidos são mais fiáveis quando a AES é adquirida a outra entidade, como é no caso em estudo, e quando os medidores estão devidamente dimensionados e calibrados, fazendo com que a distribuição de água seja devidamente estimada.

2.4.1 - Balanço Hídrico na INDAQUA MATOSINHOS - Gestão de Águas de Matosinhos, S.A.

A título de exemplo, e para que o leitor tenha uma noção dos valores de um BH real, apresenta-se, no quadro A, o BH elaborado na concessionária INDAQUA MATOSINHOS - Gestão de Águas de Matosinhos, S.A., para os meses de Março de 2011 a Fevereiro de 2012. Através da sua análise é possível verificar que a maior percentagem da água que entra no sistema, cerca de 70,07%, é consumida com autorização da EG, mas que o valor das perdas de água ainda assim é significativo, tendo-se obtido um valor de 29,93%. A maior parcela da água de consumo autorizado é facturada, aproximadamente 69,65%, sendo praticamente toda medida. Apenas 0,43% da água de consumo autorizado não é facturada. O maior volume de água perdida deve-se a fugas nos ramais, sendo cerca de 17,68%. Desta forma foi possível

estimar que 69,65% da água do SAA é facturada e que, os restantes 30,35% equivalem a perdas comerciais.

No entanto, e analisando informações cedidas pela EG, verificou-se um ligeiro decréscimo nas perdas comerciais, isto é, na água não facturada (total das parcelas do consumo autorizado não facturado e das perdas de água), relativamente ao ano anterior. Este facto deve-se em grande parte ao esforço promovido pela EG, fomentando políticas diversas para o combate às perdas de água, tanto aparentes como reais.

Quadro A - Exemplo de Balanço Hídrico (para os meses de Março de 2011 a Fevereiro de 2012).

ÁGUA ENTRADA NO SISTEMA 15 057 582 m ³ /ano 100%	CONSUMO AUTORIZADO 10 551 409 m ³ /ano 70,07%	Consumo facturado	Consumo facturado medido	CONSUMO FACTURADO 10 487 238 m ³ /ano 69,65%
		10 487 238 m ³ /ano 69,65%	10 487 238 m ³ /ano 69,65%	
			Consumo facturado não medido	
	PERDAS DE ÁGUA 4 506 172 m ³ /ano 29,93%	Consumo autorizado não facturado	Consumo não facturado medido	ÁGUA NÃO FACTURADA 4 570 344 m ³ /ano 30,35% (Perdas Comerciais)
		64 171 m ³ /ano 0,43%	47 723 m ³ /ano 0,32%	
			Consumo não facturado não medido	
		Perdas aparentes	Uso não autorizado	
		1 608 399 m ³ /ano 10,68%	140 186 m ³ /ano 0,93%	
			Erros de medição	
			1 468 213 m ³ /ano 9,75%	
		Perdas reais	Fugas nas condutas de adução e/ou distribuição	
		2 897 773 m ³ /ano 19,24%	207 557 m ³ /ano 1,38%	
			Fugas e extravasamentos nos reservatórios de adução e/ou distribuição	
			28 271 m ³ /ano 0,19%	
			Fugas nos ramaís (a montante do ponto de medição)	
			2 661 945 m ³ /ano 17,68%	

2.5 - Perdas de Água

Se, ao volume de AES, se retirar a parcela do consumo autorizado obtém-se o volume de água perdida num sistema ou subsistema (sistema e rede de distribuição, sistema de adução, ZMC, etc.).

Esta fracção do BH é um factor determinante para a determinação da eficiência de uma EG deste tipo de recurso, seja ela pública ou privada, visto que, o objectivo será lucrar com o serviço que presta, ou praticar tarifas reduzidas, e quanto maior for o volume relativo às perdas, menor será a facturação, podendo até haver prejuízo para a entidade.

No entanto, e infelizmente, as perdas de água não têm exclusivamente uma dimensão económico-financeira, existindo também problemas de foro técnico, ambiental, de saúde pública e social.

Os problemas económico-financeiros advêm sobretudo do facto dos custos de captação, tratamento e transporte da água perdida não serem ressarcidos pela facturação, como o volume de água de consumo autorizado facturado. O relevo dado a esta componente tem aumentado pois é cada vez mais comum as EG de abastecimento de água adquirem a sua matéria-prima às entidades produtoras deste recurso. Assim, a questão económico-financeira torna-se a principal motivação para o controlo activo de perdas por parte das empresas.

Os problemas técnicos prendem-se sobretudo com o facto das redes de distribuição nem sempre serem bem concebidas e construídas e de não se encontrarem nas melhores condições de funcionamento. Desta forma, é normal que existam fugas nas condutas e extravasamentos nos reservatórios que agravam as perdas reais.

Ao longo dos últimos anos tem sido debatida, de forma exaustiva, a problemática relativa à escassez de água nalgumas zonas do planeta. Por esta razão, torna-se cada vez mais urgente haver uma sensibilização para o uso eficiente deste bem, melhorando e mantendo as captações existentes e optimizando os sistemas de modo a que não haja um volume de perdas excessivo que obrigue a construção de novas captações.

A água perde-se sobretudo devido a rupturas nas redes de distribuição, havendo assim possíveis zonas de contaminação da água distribuída às populações para consumo, existindo o risco de causar problemas de saúde pública.

Dando-se um aumento das perdas de água, a eficiência das EG diminui e, para colmatar os prejuízos, as empresas tenderão a aumentar as tarifas relativas ao consumo deste bem, fazendo-se ressentir ainda mais na crise económica e social que os países enfrentam neste momento. Para além do problema das perdas de facturação, existem, como foi referido anteriormente, riscos de contaminação da água distribuída obrigando a que as empresas invistam mais recursos no seu tratamento de modo a garantirem a qualidade exigida, levando também a um aumento das tarifas cobradas aos consumidores, [8].

2.5.1 - Tipos de Perdas de Água

As perdas de água podem ser classificadas como perdas reais ou aparentes. As perdas são denominadas reais se forem referentes a perdas físicas do volume da AES, isto é, quando

existem rupturas, fugas e extravasamentos na rede de distribuição. Neste caso a água não é consumida.

Já as perdas aparentes são devidas a consumos ilícitos, erros de medição e de informação. Neste caso, a água é consumida mas não é facturada.

2.5.2 - Factores Responsáveis Pelas Perdas de Água

Relativamente, às perdas reais os principais factores que influenciam o seu volume são o estado físico e condições das condutas do SAA, a pressão de funcionamento do sistema, a densidade e dimensões dos ramais de abastecimento, o tipo de terreno em que a rede está implementada e o tempo de pressurização das condutas da rede.

Por outro lado, as perdas de água aparentes são influenciadas por factores completamente distintos dos das perdas reais, entre os quais se destacam as utilizações ilícitas (através de ligações fraudulentas à rede de abastecimento, captação de água através de marcos de incêndio e bocas de rega sem ser para os fins a que se destinam, etc.), erros de leitura, erros de medição dos contadores ou humanos e erros de informação cadastral, [9].

2.5.3 - Métodos e Técnicas de Detecção de Fugas

As fugas de água enquadram-se na fracção de perdas reais, isto é, a água não é facturada mas também não é consumida, e necessitam de ser detectadas precocemente para que o volume de água perdido seja o menor possível. Assim sendo, torna-se agora relevante focar algumas formas de detecção de fugas e extravasamentos nas redes de distribuição de água.

A observação dos valores de volume, caudais e pressão no SAA é de extrema importância e pode ser feita através dos dados obtidos pelo sistema de telemetria.

Relativamente à análise dos valores do volume emprega-se o Método Volumétrico, no qual se calcula a diferença de volumes à entrada e à saída do SAA.

Para o estudo que utiliza os valores dos caudais, utiliza-se o Método dos Caudais Nocturnos através do qual é analisado o caudal das horas de menor consumo, sendo possível estimar as perdas reais existentes no sistema visto que, sendo o consumo mínimo, supõe-se que grande parte do caudal escoado se deverá a eventuais rupturas e/ou fugas na rede de distribuição.

No que concerne aos valores da pressão, estes devem ser medidos continuamente através de registadores de modo a notarem-se variações significativas que poderão indicar uma fuga de água.

Existem ainda métodos que conjugam os valores obtidos dos caudais e pressões como sejam: a criação de ZMC (onde deverão ser controlados de maneira mais pormenorizada estes valores visto que são zonas onde a probabilidade de ocorrência de fugas e perdas se considera maior), o sub-zonamento e o fecho sequencial (que consistem na criação de zonas mais restritas nas ZMC criadas anteriormente e no fecho de válvulas de seccionamento que

permitem fasear os ensaios e registar os respectivos valores dos caudais, que serão maiores se houverem perdas de água na rede de distribuição).

As técnicas de detecção de fugas mais utilizadas são as acústicas, que se fundamentam na vibração e onda sonora associadas à fuga de água na conduta, que têm determinadas frequência e intensidade, que podem ser utilizadas para a localizar. Essas técnicas podem ser directas, se a auscultação for feita directamente na conduta, ou indirectas, se a auscultação for feita na superfície do solo, por cima da conduta, através do uso de geofones (equipamentos constituídos por um sensor, um amplificador, auscultadores e um ecrã para visualizar os dados obtidos, e que permitem, a um operador com experiência, qualificar um ruído na conduta como ruído de fuga e, pela intensidade medida, facilitar a estimativa da sua localização), figura 2.8. No entanto, o método mais tradicional aplicado à auscultação directa de fugas, utiliza uma chave de manobras através da qual, os operários podem detectar a fuga ao encostar essa ferramenta de ferro à conduta metálica e, a parte superior, ao ouvido descobrindo a sua localização. O maior inconveniente destas técnicas é o facto de o operador ter de ser um profissional experiente, [11].



Figura 2.8 - Utilização de geofone para a detecção acústica de fugas (Fonte: SONDEQ).

2.5.4 - Medidas de Redução de Perdas

As perdas reais podem ser reduzidas através de procedimentos como a gestão de pressão da rede (medida que será explicada em seguida), pois quanto maior for a pressão a que a rede se encontra a operar maior será a probabilidade de formação de rupturas e maiores serão os volumes de água perdidos nas eventuais fugas que possam existir nas condutas.

Outra medida para atenuar este tipo de perdas é o controlo activo de perdas, no qual é feita uma vistoria e controle permanente ao estado de funcionamento e de conservação da rede de distribuição.

A qualidade e rapidez das reparações das rupturas das condutas também é de extrema importância para a diminuição dos volumes de água perdidos, pois quanto menor for a qualidade e maior for o tempo de reparação maior será a quantidade de água desperdiçada e maiores serão os custos associados.

Por fim, e não menos importante, deverá ser feita a renovação e substituição de condutas que estejam demasiadamente danificadas e que justifiquem tal procedimento, por forma a gastar menos recursos materiais e económicos.

No que respeita às perdas aparentes, estas são um pouco mais difíceis de controlar e minimizar, dado que concernem mais à acção humana do que propriamente aos aspectos físicos do SAA. Ainda assim, existem formas para limitar este tipo de perdas, tais como reduzir os erros de medição (humanos e informáticos), detectar avarias e proceder à sua reparação o mais rápida e eficazmente possível, por parte da EG.

A subcontagem é também um factor agravante, pois o volume que é lido no contador é normalmente inferior ao que realmente é utilizado.

A melhoria ao acesso aos contadores é, de igual forma, uma medida que deve ser tomada pelas EG, através da combinação de horários de leitura com os habitantes e da implementação de sistemas de telemetria, nos quais a leitura é feita automaticamente por sinais enviados directamente do contador para um sistema de aquisição de dados, figura 2.9.

Por fim, uma das medidas mais complicadas de se implementar na prática é a redução da fraude e do roubo de água da rede de distribuição, pois tem de ser resolvida a maior parte das vezes ao nível institucional e até legal. Poderão, no entanto, para esses casos, serem tomados procedimentos, por parte da EG, para minorar a probabilidade destas ocorrências, quer ao nível dos equipamentos e soluções construtivas autorizadas, quer ao nível dos sistemas de detecção de fraudes, [11].

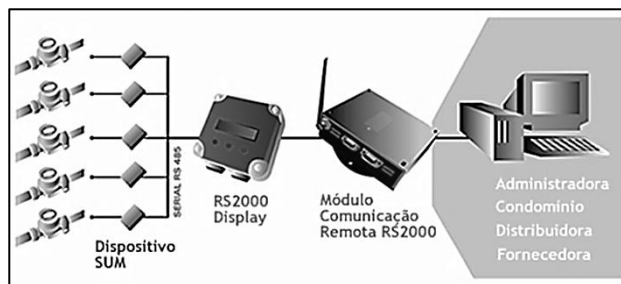


Figura 2.9 - Sistema de Telemetria (Fonte: Exata).

2.5.5 - Perdas na INDAQUA MATOSINHOS - Gestão de Águas de Matosinhos, S.A

Tendo em conta o BH apresentado, a título de exemplo, no ponto 2.4.1 da presente dissertação, foi possível constatar que o volume associado a perdas no período mencionado (Março 2011 a Fevereiro 2012) até aos últimos 6 meses (Setembro 2011 a Fevereiro 2012) tem uma tendência para diminuir, no entanto devido a um aumento de 0,4%, essa tendência inverte-se no valor a 6 meses, figura 2.10.

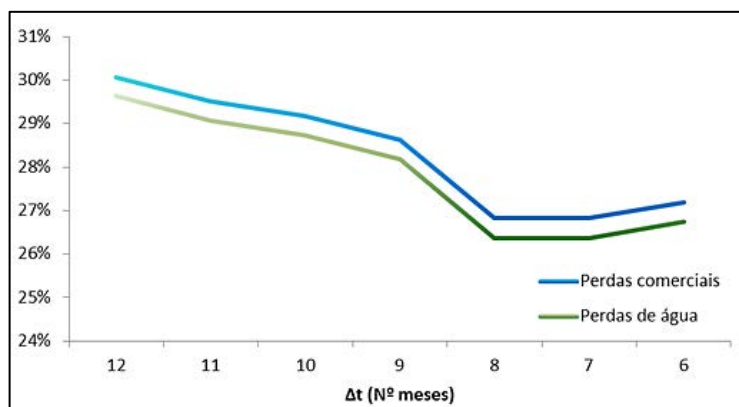


Figura 2.10 - Evolução da Percentagem de Perdas (Fonte: INDAQUA Matosinhos, S.A.).

2.6 - Gestão da Pressão nas Redes de Abastecimento

Os objectivos principais de um SAA, como já foi referido anteriormente, são fornecer continuamente aos seus consumidores água em quantidade suficiente, com pressões adequadas e com qualidade aceitável. Para que estes objectivos sejam atingidos é necessário que haja um controlo de alguns parâmetros físicos da rede de abastecimento, tais como os níveis de pressão e de caudal.

A ausência do controlo da pressão num SAA leva ao aumento dos valores da mesma na rede, causando instabilidade que provoca fracturas, aumento do volume de perdas e envelhecimento das condutas.

O aumento dos níveis de pressão na rede de abastecimento provoca um incremento do volume de água perdido quando existem rupturas e fugas nas tubagens da malha. Estima-se que reduzindo a pressão inicial em 2 bar¹, as fugas diminuem cerca de 30%, gráfico 1. [12].

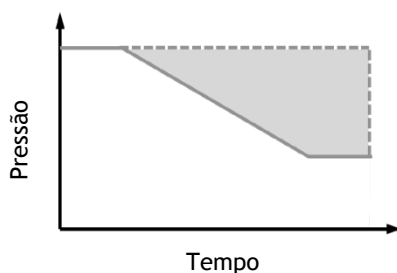


Gráfico 1 - Controlo da Pressão ao Longo do Tempo (Fonte: Bayard).

¹ 1 bar ≈ 10 m.c.a.

2.6.1 - Válvulas Redutoras de Pressão

O controlo da pressão é feito usualmente com a instalação à entrada da zona de controlo de uma válvula redutora de pressão (VRP).

A pressão para a qual a VRP é regulada deve garantir os valores de serviço exigidos no Decreto Regulamentar nº23/95. Segundo este documento legal a pressão não deve exceder os 600 kPa e não deve ser inferior a 100 kPa, sendo que as oscilações não devem ser superiores a 300 kPa, [5].²

A modulação da pressão, auxiliada pela utilização de uma VRP, pode ser controlada de forma contínua ou por fases de gestão eléctrica ou hidráulica. As várias opções de controlo encontram-se representadas nas figuras que se seguem, em consonância com o tipo de controlo e de equipamento utilizados. São também apresentados os respectivos gráficos de variação da pressão a jusante (P_j) ao longo do tempo.

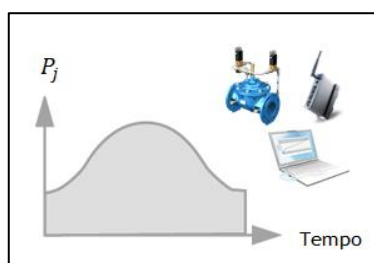


Figura 2.12 - Regulação hidroelétrica com utilização de um programador e um piloto (Fonte: Bayard).

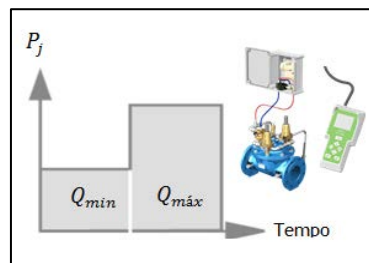


Figura 2.11 - Regulação segundo consumos horários e/ou leitura dos contadores (Fonte: Bayard).

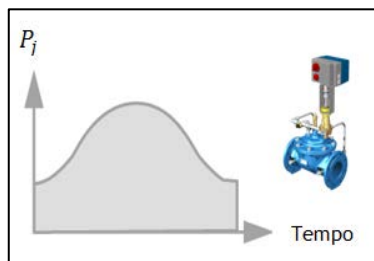


Figura 2.14 - Regulação por utilização de um piloto hidráulico (Fonte: Bayard).

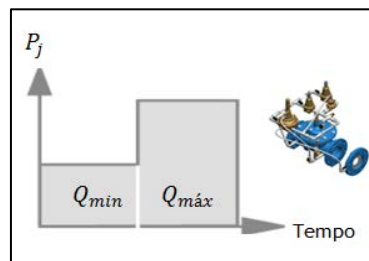


Figura 2.13 - Regulação segundo a variação dos consumos horários (Fonte: Bayard).

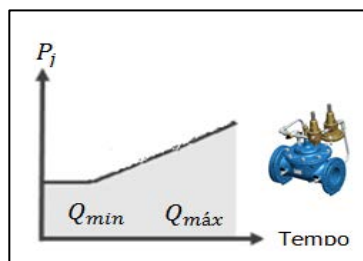


Figura 2.15 - Regulação contínua segundo consumos horários (Fonte: Bayard).

² 1 kPa $\approx$ 0,1 m.c.a.

A modelação da pressão de forma hidráulica permite ajustar a pressão de jusante de acordo com a rede de consumo sendo independente da pressão a montante. É uma solução simples que facilita a operação do SAA, sendo versátil ao nível do tipo e modo de funcionamento de equipamentos disponíveis.

Grande parte dos equipamentos instalados nas redes de abastecimento são equipamentos de redução de pressão. Estes aparelhos podem ser autónomos ou eléctricos. Os primeiros podem ser estabilizadores de pressão de acção directa na mola ou de controlo do diafragma da válvula, os segundos são válvulas controladas electricamente.

Os equipamentos autónomos de acção directa têm como função reduzir e estabilizar a pressão da rede, independentemente das variações da pressão a montante e do caudal. Nestes equipamentos a pressão a montante é exercida na membrana e na face superior da válvula, de superfícies idênticas. A regulação depende apenas da pressão a jusante e do ajustamento da mola. No caso em que a válvula está aberta, as pressões a montante e a exercida pela mola, serão maiores do que a pressão a jusante, e o controlador deverá ser accionado. Quando a válvula se encontra fechada a pressão a montante será igualmente superior à pressão de jusante, no entanto o trabalho exercido pela mola será menor do que a pressão a jusante, e o controlador de pressão não é accionado.

Os sistemas de acção autónoma são sistemas simples e robustos, com alguma insensibilidade ao dimensionamento e uma histerese menor do que os sistemas de pistão. São constituídos por membranas de equilíbrio e molas, permitem uma resposta rápida a alterações no caudal e/ou pressão e têm dimensões normalizadas.

Existem dois tipos principais de válvulas controladas pelo diafragma, que são as de passagem reduzida e as de passagem nominal.

Quando o consumo é baixo, especialmente à noite, este tipo de equipamentos deve ser capaz de diminuir pressões diferenciais elevadas, devido aos fluxos de pequena dimensão. Nesta configuração, o diafragma encontra-se próximo da válvula e existe um maior risco de ocorrência de cavitação e de desgaste prematuro do equipamento. Para minimizar estes problemas, as válvulas devem ter uma configuração específica (válvula-diafragma) que permita assegurar a pressão de saída num nível preciso, estável e fiável, mesmo que o caudal seja baixo. O nível de abertura da válvula deve estar compreendido entre os 15% e os 75% de modo a que se atinga a zona de utilização óptima.

As válvulas de passagem reduzida estão bem adaptadas para a redução de pressão e têm boa resistência a fenómenos de cavitação. Já as válvulas de passagem nominal possuem uma maior capacidade de vazão, reduzidas variações de pressão e têm igualmente uma boa resistência a possíveis acontecimentos de cavitação. Ambos os equipamentos devem ser operados a uma velocidade mínima de escoamento de 0.2 m/s e a uma velocidade máxima permanente de 4 m/s e, excepcionalmente, de 6 m/s.

Relativamente aos aparelhos eléctricos, funcionam normalmente num sistema de “tudo ou nada”, isto é, o circuito de condução dispõe no seu ramo a jusante de uma electroválvula (EV), cuja passagem é muito maior do que a do diafragma, e quando essa válvula é aberta a válvula principal também abre. Ao fechar a EV, a pressão a montante é aplicada na câmara, fazendo com que a válvula principal feche, [13].

2.7 - Medição Zonada e Zona de Medição e Controlo

De modo a poder controlar os caudais, e as perdas num SAA, as entidades gestoras têm por hábito proceder a uma medição zonada, isto é, dividem a sua rede de distribuição por zonas devidamente identificadas e delimitadas, permitindo o controlo de entradas e saídas de água, fazendo um balanço de caudais, e estimar o comportamento de consumos. Cada uma dessas zonas é designada por Zona de Medição e Controlo (ZMC).

Existem diversos factores que influenciam a delimitação e dimensão de cada ZMC, tais como a topologia, as densidades populacional e de ramais da rede, e também o número de pontos de entrada de água (que deverá ser minimizado sempre que possível).

Para controlar as perdas, este processo de zonamento pode basear-se no BH e no método dos caudais nocturnos. O primeiro consiste no cálculo do BH em cada uma das ZMC, ou seja, subtrai-se ao volume de AES o volume de água facturado, obtendo dessa forma o valor da água não facturada no sistema. Após esse cálculo, é necessário estimar a grandeza de cada uma das parcelas do consumo autorizado não facturado e de cada tipo de perdas (aparentes e reais). Já o segundo método referido apoia-se na observação do caudal nocturno, ou seja, o caudal das horas de menor consumo. Desta forma, é possível estimar as perdas reais existentes no sistema visto que, sendo o consumo mínimo, supõe-se que grande parte do caudal escoado se deverá a eventuais rupturas e/ou fugas na rede de distribuição.

No entanto, para controlar as perdas é necessário, não só a medição de caudais, como também o ajuste dos valores da pressão na rede de distribuição.

No processo de implementação de um sistema de medição zonada existem duas etapas principais: a da concepção e a da instalação.

Na fase da concepção faz-se um planeamento preliminar do sistema de medição zonada e uma simulação hidráulica das ZMC. Durante o planeamento deverá caracterizar-se a ZMC em causa (com base no cadastro e no modelo de simulação da rede), fazer-se a contagem de consumidores (através de dados de leitura e facturação no sistema informático da entidade gestora) e definirem-se os limites (baseando-se nas plantas de detalhe, tendo em conta os diâmetros das tubagens utilizadas, e tentando minimizar os custos de instalação e manutenção do sistema). Ainda na fase de planeamento é de extrema importância definir as localizações dos medidores de caudal, assim como dos outros componentes, tais como válvulas, ligações, cotovelos, marcos de incêndio, etc. A simulação hidráulica e concepção das ZMC permitem não só verificar preliminarmente a (in)viabilidade do sistema a instalar, estudando os efeitos das alterações na zona em estudo, como também avaliar o efeito dessas mesmas alterações sobre as pressões na rede. Se o sistema se verificar inviável, da forma planeada inicialmente, deverão ser feitos os devidos ajustes agrupando as ZMC com problemas associados e executando um novo zonamento. A simulação hidráulica e concepção das ZMC evitam, desta forma, eventuais custos excessivos relativos a erros de implementação do projecto, atrasos na sua implementação e possíveis dificuldades de operação da rede.

No estágio de instalação faz-se o levantamento das condições do local, elegem-se os pontos de medição, procede-se à selecção e obtenção de *dataloggers*, executam-se as obras de construção civil e de instalação dos medidores de caudal e, por fim, verifica-se o sistema. Este último ponto é de extrema importância pois permite garantir que os medidores e as válvulas da ZMC estão a funcionar correctamente, através da realização do teste nocturno

com os *dataloggers* ligados em simultâneo aos medidores, suspendendo por momentos o abastecimento ao sistema, e verificando o comportamento dos caudais e da pressão, [11].

2.7.1 - Medidor de Caudal

Usualmente, a obtenção do valor do caudal afluente a uma ZMC é realizada através de um medidor de caudal, disposto à entrada da mesma, e é complementada com o registo de pressões nesse local, através de equipamentos autónomos de monitorização e telemetria designados de *dataloggers* (instrumentos que serão descritos no ponto seguinte da presente dissertação).

Existem três tipos principais de medidores de caudal, mais comumente utilizados em escoamentos sob pressão, que se denominam por caudalímetros electromagnéticos (CE), ultrassónicos e deprimogéneos. No entanto, para o intuito do trabalho aqui descrito, focar-se-á apenas o primeiro tipo referido, pois é o mais usual de entre os três mencionados e o que será instalado na ZMC em estudo.

O CE é formado por dois componentes: um elemento primário (também designado por transdutor de caudal) que possui dois eléctrodos em contacto com a água (líquido condutor eléctrico) entre os quais surge uma força electromotriz proporcional à velocidade média do escoamento e, consequentemente, ao caudal (grandeza que se pretende medir), e um elemento secundário (também denominado de condicionador de sinal) responsável por obter o sinal de tensão incitado nos eléctrodos, amplificá-lo e processá-lo de maneira a transformá-lo num sinal de saída normalizado proporcional ao caudal.

Este tipo de equipamento de medição pode ainda subdividir-se em tubular, figura 2.16, ou de inserção, figura 2.17, sendo o primeiro tipo mais largamente utilizado.

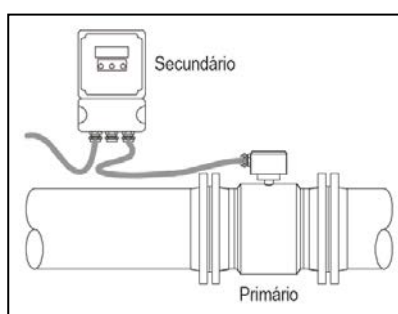


Figura 2.17 - CE tubular (Fonte: ERSAR).

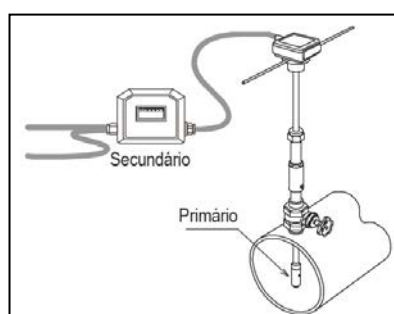


Figura 2.17 - CE de inserção (Fonte: ERSAR).

Os CE tubulares são constituídos essencialmente por um tubo de medição (no qual existe o escoamento), um electromagneto (gerador do campo magnético quando atravessado por uma corrente eléctrica) e dois eléctrodos (detectores da diferença de potencial induzida).

A Lei de Faraday é a lei que rege o princípio de transdução, figura 2.18, deste tipo de medidores. Essa lei pode descrever-se sucintamente pela expressão:

$$E = k B D U$$

Na qual E refere-se ao módulo da força electromotriz, k a uma constante adimensional, B à densidade do fluxo magnético, D ao diâmetro interior do tubo de medição e U simboliza a velocidade média do escoamento.

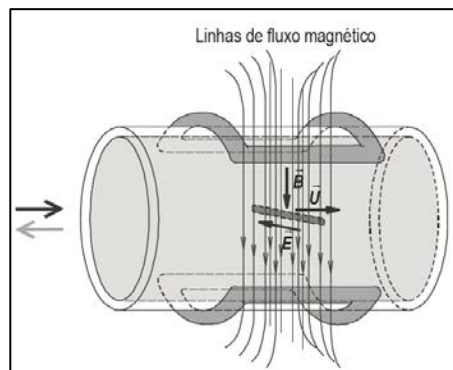


Figura 2.18 - Princípio de transdução de um CE tubular (Fonte: ERSAR).

O valor do caudal (Q) pode então ser dado pela equação

$$Q = \frac{\pi D E}{4 k B}$$

E sabendo que

$$\frac{\pi D}{4 k} = K$$

Obtém-se a expressão final

$$Q = K \frac{E}{B}$$

Onde K representa a constante do elemento primário, fornecida pelo fabricante do aparelho, determinada por calibração com água e conforme as normas ISO 6817 (1992) e ISO 9104 (1991), sendo válida para qualquer líquido condutor e em toda a gama de medição do CE.

Como foi referido anteriormente, o elemento secundário de um CE regula, amplifica e processa o sinal proveniente dos eléctrodos de modo a obter-se um sinal limpo e robusto congruente com caudal escoado. Para que esse sinal possa ser retido por mais do que um tipo de instrumentos de leitura e aquisição de dados, estes elementos são constituídos geralmente

por saídas que podem ser do tipo analógica de corrente normalizada pela IEC 60381-1 (1982), de tensão concordante com a norma IEC 60381-2 (1978) ou de frequência pulsatória.

Os CE actuais permitem ainda afixar leituras em modo digital, parametrizar os dados e fazer um autodiagnóstico de estado.

No caso da determinação do caudal através do uso deste tipo de equipamentos de medição, o sentido do escoamento não é relevante pois a mudança do sentido de escoamento não implica uma mudança na amplitude do sinal, embora lhe inverta a polaridade.

Relativamente ao dimensionamento hidráulico destes medidores é necessária a determinação do diâmetro nominal do elemento primário, que não corresponde ao valor do diâmetro interno pois existem ajustamentos necessários de se fazerem de acordo com a pressão e tipo de material empregues. A conduta onde o equipamento é instalado, deverá ter um diâmetro semelhante ao do elemento primário, que será determinado de acordo com algumas variáveis tais como os caudais mínimo, médio e máximo e o diâmetro da conduta principal.

O dimensionamento é extremamente importante para que exista a melhor relação custo/eficácia possível para os CE tubulares. Os cálculos devem ser feitos de modo a que o Q tenha um valor que permita que a U esteja na gama entre os 4 e 5 m/s, sendo que o caudal não varia entre o elemento primário e a conduta principal onde o instrumento se insere.

Sabendo que

$$\frac{D}{D_c} = \sqrt{\frac{U_c}{U}}$$

E considerando o estipulado nos quadros A, B e C, presentes no Anexo A, e que U deverá ser da ordem dos 4,5 m/s, é então possível dimensionar o elemento primário, de acordo com a escolha do seu diâmetro nominal em função do da conduta principal (D_c).

Constitui também uma ferramenta útil neste tipo de dimensionamento, o ábaco presente no Anexo B desta dissertação. É uma forma simplificada cujo método de deliberação do D nominal mais adequado para o elemento primário do CE baseia-se na determinação do ponto de intersecção entre as rectas respectivas ao valor do Q médio e ao valor de U (que deverá estar da mesma forma compreendido entre os 4 e 5 m/s), sendo que o valor escolhido deverá ser o da recta que se aproxima mais desse mesmo ponto.

O valor obtido para o D nominal deverá permitir que se obtenham, para além da velocidade média de 4 a 5 m/s, valores para as velocidades mínima e máxima de 0.5 m/s e 6m/s, respectivamente.

Para o dimensionamento dos CE de inserção, apenas é necessário determinar o D interior da conduta onde este está instalado, de modo que a U máxima de escoamento, correspondente ao Q máximo, não exceda o valor recomendado pelo fabricante do medidor de caudal. Também é utilizado para este dimensionamento o ábaco referido anteriormente e presente no Anexo B.

Este tipo de medidor de caudal deve ser dimensionado para que os valores das velocidades média e mínima sejam superiores a 1 m/s e 0.5 m/s, respectivamente.

Relativamente à instalação hidráulica dos CE tubulares, esta deve permitir que o elemento primário esteja sempre repleto de líquido, sem que haja mistura de qualquer tipo

de gás, de modo a garantir que a medição seja feita de forma correcta e fiável. Para que isso se verifique, é essencial que a orientação da conduta de instalação seja a apropriada, o que se crê que seja a orientação vertical, com o escoamento ascendente. Se, por ventura, este tipo de orientação não for possível de obter, o ideal será que a inclinação seja da ordem dos 3° com sentido também ascendente. Por vezes, só é viável a instalação horizontal e, nestes casos, deve-se garantir que a cota a que o elemento primário é instalado é inferior à cota da conduta onde este se insere. Independentemente da orientação da conduta, o eixo dos eléctrodos deve ser horizontal. De modo a evitar que as características da conduta alterem o perfil de velocidade de escoamento, e consequentemente a medição fiável de Q , o elemento primário deve ficar com comprimentos rectos de conduta (isto é, troços com secção transversal constante), tanto a montante como a jusante, com determinados valores mínimos. Para que este critério seja cumprido as juntas e as válvulas terão de ser instaladas apenas a jusante, no caso das primeiras, e a montante e a jusante, no caso das segundas, mas respeitando as distâncias mínimas referidas. Quando os D das condutas de instalação e principal não são iguais é necessária a instalação de cones, a montante a jusante, nas transições entre elas. Este tipo de instalações está representado na figura 2.19.

No caso do CE ser de inserção, figura 2.20, o elemento primário é instalado na secção de medição e o valor da U medida no local permite aferir o valor do Q de escoamento. Os comprimentos rectos devem ser concordantes com os valores estipulados pelo fabricante.

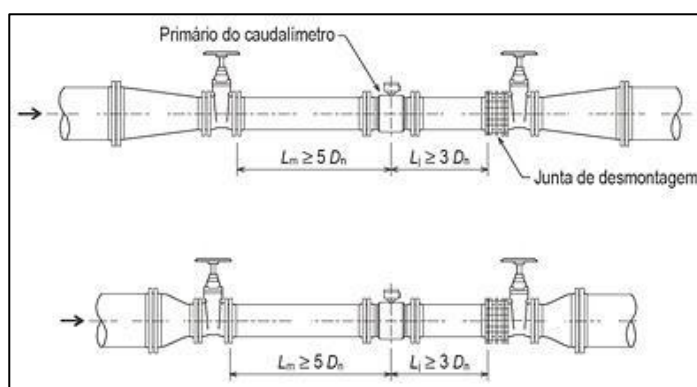


Figura 2.19 - Instalação do primário de um CE tubular (Fonte: ERSAR).

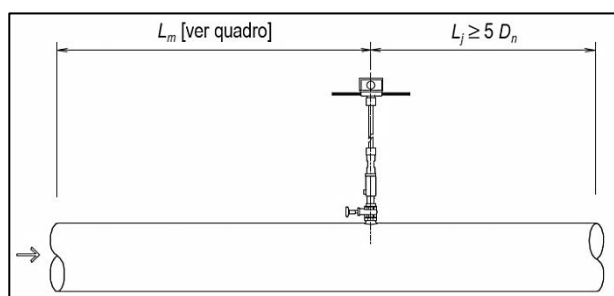


Figura 2.20 - Instalação do primário de um CE de inserção (Fonte: ERSAR).

Como qualquer aparelho, também estes necessitam de verificações e manutenção periódicas, e as respectivas acções de correcção caso existam alguns parâmetros fora da normalidade. Usualmente são fornecidas pelo fabricante recomendações para este tipo de procedimentos, que devem ser cumpridas. No entanto, se estas não forem cedidas, por norma verificam-se as condições de instalação, o estado das ligações e o funcionamento do medidor de caudal. Caso os dados medidos sejam utilizados para efeitos de facturação estas verificações devem ser feitas em períodos de seis meses.

Se algum dos parâmetros não estiver conforme o esperado deverá ser imposta uma política correctiva, que poderá constituir uma reparação *in-situ*, o mais cedo possível, ou se essa reparação não for possível ou viável, uma substituição do aparelho de medida.

Independentemente do tipo de medidor de caudal instalado, este tem de ser sempre submetido a calibração por parte do seu fabricante ou entidade competente. Existem fases de calibração, uma inicial (calibração de cinco pontos) e outras periódicas (recalibração). Nos ensaios de recalibração deve-se garantir que o medidor de caudal opera de acordo com o estipulado nas normas ISO 4185 (1980) ou ISO 8316 (1987), sendo que a incerteza de medição não deve ser superior a um terço da incerteza da medição da calibração anterior. A periodicidade de recalibração é determinada por diversos factores podendo destacar-se a incerteza e a fiabilidade de medida, o D nominal do elemento primário, o fim a que se destina o resultado da medição, os custos associados a cada calibração, entre outros. Esta periodicidade encontra-se tabelada em diversos manuais e catálogos, que deverão ser consultados de acordo com as especificações de cada caso de instalação, [14].

2.7.2 - Dataloggers

No início do ponto 2.7 da presente redacção foi mencionada a necessidade de aquisição de dispositivos denominados *dataloggers* aquando da concepção das ZMC.

Os CE instalados nas ZMC têm a capacidade de regular, amplificar e processar o sinal proveniente dos seus eléctrodos de modo a obter-se um sinal limpo e robusto congruente com caudal escoado. Esses sinais podem ser posteriormente retidos por instrumentos de leitura e aquisição de dados, aos quais se dá o nome de *datalogger*. Este sistema de obtenção de sinal e aquisição de dados encontra-se esquematizado na figura 2.21.

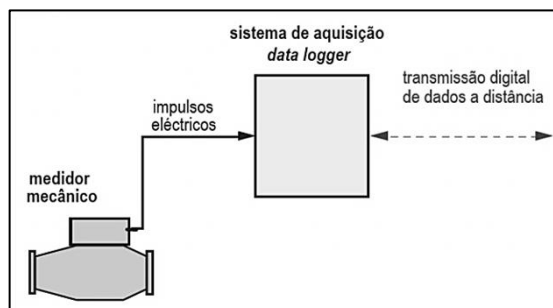


Figura 2.21 - Esquematização de um medidor de caudal e um sistema de aquisição de dados através de um datalogger (Fonte: ERSAR).

A aquisição de dados de que se fala consiste na recolha e armazenamento dos dados obtidos durante a medição, em forma digital, para posterior utilização. Usualmente os aparelhos electrónicos para esse efeito são programáveis. Os dados assim armazenados, e por forma a precaver eventuais interrupções de comunicação, são arquivados localmente e enviados para o local de utilização dessa informação, de forma contínua e instantânea ou em tempo espaçado. É comum o uso dessa informação para efeitos de facturação, estatística e gestão por parte da EG do SAA.

Os *dataloggers* são aparelhos simples, com boa capacidade de obtenção de dados, com baixo consumo energético e autónomos, visto serem alimentados por pilhas ou acumuladores que lhes permitem um funcionamento ininterrupto durante meses. O envio da informação recolhida pode ser feito, idealmente por comunicação com ou sem fios ou, se não for possível, localmente com a utilização de um computador portátil.

Como foi referido anteriormente, este tipo de equipamentos necessita de ter instalado um qualquer tipo de elemento que permita converter e processar o sinal obtido do medidor de caudal. Usualmente os resultados são bastante fiáveis e exactos.

Nos SAA os dados são adquiridos, normalmente, em intervalos de um minuto. É essencial que o equipamento tenha capacidade de acumular, no mínimo, informação relativa a um dia de medições (no caso de a informação ser recolhida de imediato), ou então terá de armazenar os dados referentes até um mês de exploração (no caso de não existirem meios de transmissão regular). De modo a poupar a memória do dispositivo é importante que se tire proveito da capacidade deste elaborar dados estatísticos, como sendo médias e parâmetros de dispersão de medida.

Por fim, e também importante, é a programação do relógio/calendário do aparelho para que todos os dados fiquem registados com informação relativa ao dia e hora a que foram obtidos, para posterior manuseamento e comparação.

Existem vários tipos de *dataloggers* disponíveis no mercado, alguns dos quais se encontram representados na figura 2.22. O que os distingue é essencialmente a forma como comunicam a informação recebida ao sistema informático de recolha de dados (comunicação directa sem fios ou por ligação a um computador portátil) e o tipo de ecrã/painel que apresentam (sendo que nalguns casos é inexistente), [15].



Figura 2.22 - Tipos de *dataloggers* (Fonte: ZEBEN).

2.8 - Programa de Simulação EPANET

O EPANET, desenvolvido pela U.S. Environmental Protection Agency (USEPA) nos Estados Unidos da América (EUA), é um dos programas mais utilizados para modelar e simular o comportamento hidráulico e de qualidade da água de um SAA, calibrar o modelo e conceber os resultados nos mais diversos formatos. A aplicação é difundida de forma gratuita por todo o mundo, o que permitiu e incitou a criação interfaces com sistemas de informação geográfica ou programas que apoiam o dimensionamento, tais como o MATLAB (programa utilizado no presente trabalho), [16].

Tem como objectivos ajudar na tomada de decisões e fundamentá-las, apoiar o planeamento e melhorar o desempenho dos sistemas, ao nível do projecto, operação e análise dos cenários possíveis de ocorrerem.

Relativamente às componentes hidráulicas o programa permite calcular as perdas de carga na rede (recorrendo às fórmulas de Hazen-Williams, Chezy-Manning ou Darcy-Weisbach), calcular a energia necessária para a bombagem, modelar as bombas, válvulas, e reservatórios (de nível variável ou fixo), estimar o caudal de água transportado em cada troço e a pressão em cada nó, determinar o número e dimensão dos diversos componentes pertencentes à rede de distribuição, criar categorias de consumos nos nós (com um padrão de variação temporal), estipular as condições de operação e controlos, projectar diferentes cenários de operação do sistema, entre outras funções.

Ao nível da qualidade da água o simulador permite modelar o transporte de substâncias não-reactivas (traçadores), o transporte, mistura e transformação de um reagente (cloro ou subprodutos de desinfecção) ao longo do tempo, o tempo de percurso da água através da rede, etc. Contudo este aspecto não será examinado no decurso do presente trabalho.

A modelação da rede no EPANET contempla componentes físicos e não-físicos. Os componentes físicos são essencialmente troços de conduta ligados a nós. Os troços podem corresponder não só a partes de tubagem da rede como também a bombas e válvulas de controlo e os nós podem representar uniões e reservatórios, [7].

Os troços são partes da tubagem da rede de distribuição onde a água circula e através dos quais se faz o transporte da mesma para os vários locais de consumo. O seu escoamento ocorre sob pressão, dos locais com carga hidráulica superior para os que tem carga hidráulica inferior. Para modelar estes objectos no programa é necessário inserir alguma informação adicional tal como o nome dado ao elemento, os nós inicial e final do troço em questão, o comprimento, o diâmetro, a rugosidade, e o seu estado inicial, isto é, definir se o componente está aberto ou fechado ao escoamento (podendo funcionar como uma válvula de controlo), entre outros dados facultativos que se poderão estipular se assim se pretender. Na figura 2.23 encontra-se representado o quadro de inserção de informação para a modelação de troços no EPANET.

Property	Value
*Pipe ID	T611
*Start Node	N*2090
*End Node	N*2089
Description	PVC
Tag	
*Length	47.13
*Diameter	180.80
*Roughness	0.1
Loss Coeff.	0
Initial Status	Open
Bulk Coeff.	
Wall Coeff.	
Flow	#N/A
Velocity	#N/A
Unit Headloss	#N/A
Friction Factor	#N/A
Reaction Rate	#N/A

Figura 2.23 - Quadro de inserção de informação para a modelação de troços no EPANET (Fonte: EPANET).

Depois de modelados, e feitas as simulações, é possível obter para estes elementos da rede os valores do caudal, velocidade, coeficiente de perda de carga e factor de resistência ao escoamento.

Relativamente aos nós, pode dizer-se que estes são os locais de ligação dos vários troços da rede de distribuição. A informação que é necessária para representar cada um destes elementos consiste no nome dado ao nó em questão, no valor da sua cota topográfica (altura acima do nível médio das águas do mar) e o respectivo consumo, figura 2.24.

Property	Value
*Junction ID	N*2090
X-Coordinate	-46964.58
Y-Coordinate	169272.57
Description	
Tag	OK
*Elevation	3.89
Base Demand	0.1
Demand Pattern	
Demand Categories	1
Emitter Coeff.	
Initial Quality	
Source Quality	
Actual Demand	#N/A
Total Head	#N/A
Pressure	#N/A
Quality	#N/A

Figura 2.24 - Quadro de inserção de informação para a modelação de nós no EPANET (Fonte: EPANET).

Após a simulação é possível obter os valores da carga hidráulica total e da pressão para cada um dos nós da rede de abastecimento.

Como foi referido, os nós podem corresponder aos reservatórios presentes no SAA. Estes podem ser de nível fixo (RNF) ou de nível variável (RNV). Os primeiros tem capacidade de armazenamento de água ilimitada e, conseqüentemente, uma carga hidráulica constante. Neste tipo de reservatórios os resultados não são afectados pela simulação, isto é, pela alteração dos parâmetros do resto da rede que alimenta, no entanto é possível fazer variar a carga hidráulica estipulando previamente um padrão temporal, que se explicará em que consiste ainda neste capítulo. Para a sua modelação é apenas necessário inserir informação relativamente ao nome dado e à respectiva carga hidráulica (cota da superfície livre).

O segundo tipo de reservatórios mencionado difere do primeiro na capacidade de armazenamento de água que, neste caso, é limitada. Para modelar os RNV no EPANET é necessário definir a sua cota de fundo, as alturas de água inicial, mínima e máxima e o diâmetro, para o cenário em causa.

Na figura 2.25 estão representados os quadros de inserção de informação para a modelação de RNF e RNV no EPANET.

The figure shows two side-by-side windows from the EPANET software. The left window is titled 'Reservoir R1' and the right window is titled 'Tank 1'. Both windows contain a table with 'Property' and 'Value' columns.

Property	Value
*Reservoir ID	R1
X-Coordinate	-45059.10
Y-Coordinate	168411.60
Description	
Tag	
*Total Head	100
Head Pattern	
Initial Quality	
Source Quality	
Net Inflow	#N/A
Elevation	#N/A
Pressure	#N/A
Quality	#N/A

Property	Value
*Tank ID	1
X-Coordinate	-45876.00
Y-Coordinate	169948.14
Description	
Tag	
*Elevation	0
*Initial Level	10
*Minimum Level	0
*Maximum Level	20
*Diameter	50
Minimum Volume	
Volume Curve	
Mixing Model	Mixed
Mixing Fraction	
Reaction Coeff.	
Initial Quality	
Source Quality	

Figura 2.25 - Quadros de inserção de informação para a modelação de RNF (à esquerda) e RNV (à direita) no EPANET (Fonte: EPANET).

Um padrão temporal constitui um componente não-físico da rede, e possibilita a variação das grandezas relativas ao SAA em estudo ao longo do tempo. Este é estipulado previamente à simulação do cenário em causa. O valor do passo temporal definido é fixo para os diversos padrões. Desta forma, obtém-se o valor de cada grandeza em estudo, sendo este igual ao valor da grandeza (usualmente o médio) multiplicado pelo valor do padrão temporal

consoante o passo de tempo estipulado. Cada padrão tem um número de passos de tempo predefinido pelo utilizador do programa de modelação que, quando é atingido, reinicia o processo de simulação.

Resumindo, a utilização deste programa de modelação baseia-se em alguns passos básicos que consistem em desenhar um esquema do SAA ou importar a sua descrição de um ficheiro de texto, editar as propriedades e formas de operação dos componentes constituintes da rede, definir as opções de simulação, simular um cenário e obter os resultados da simulação.

Esses resultados consistem nos valores obtidos, ao longo do tempo, do consumo, da variação da altura de água nos reservatórios, do caudal escoado nos troços e da carga hidráulica nos nós. Se o reservatório que alimenta a rede de distribuição for de nível fixo, os níveis de água e o consumo nos nós variarão de acordo com os padrões temporais, enquanto se o reservatório for de nível variável a altura da água é definida pela diferença dos caudais de entrada e de saída. Já a carga hidráulica é calculada com base na equação da conservação da massa (ou da continuidade) para os nós e na equação da conservação da energia para os troços. Para esses cálculos o EPANET elabora o balanço hidráulico baseado num processo iterativo segundo o método do gradiente. Os resultados finais podem ser adquiridos na forma de códigos de cores, tabelas, gráficos, perfis de condutas, isolinhas, frequências, mapas de rede e relatórios, [17].

2.8.1 - MATLAB

Criado nos anos 70 por Cleve Moler, nos EUA, o MATLAB, cujo nome advém da expressão *MATrix LABoratory*, consiste num programa iterativo, de cálculo numérico que agrega cálculo de matrizes, análise numérica, processamento de sinais e construção de gráficos, de forma simples e intuitiva. Os problemas numéricos, que se pretendem resolver com auxílio desta aplicação, são solucionados rapidamente. Os resultados obtidos são expressos numa forma em tudo semelhante à sua escrita matemática.

Na FEUP foi desenvolvido, com o auxílio deste programa, um conjunto de funções que permitem a troca de informação com o EPANET, permitindo, por exemplo, o cálculo dos consumos base em cada nó, fazendo a distribuição dos caudais consumidos pela rede de distribuição. Este processo será descrito em pormenor no capítulo 4 da presente dissertação, [18].

2.9 - Indicadores de Desempenho

A terminologia e metodologia de cálculo e avaliação do BH segundo a IWA, apresentadas no ponto 2.4, são bastante importantes no que concerne à gestão do controlo de perdas. No entanto, é utilizada uma outra ferramenta de avaliação, concisa e de análise prática, que consiste na estimativa de Indicadores de Desempenho (ID). Este tipo de avaliação permite

apreciar a qualidade do serviço prestado pela entidade gestora, comparando os objectivos de gestão com os resultados efectivamente obtidos.

Os dados disponibilizados para o cálculo dos ID podem ser internos (cedidos pela própria entidade gestora) ou externos.

Os ID são cerca de 158 e podem catalogar-se em três grupos fundamentais:

- Indicadores relativos à defesa dos interesses dos utilizadores: avaliam a acessibilidade e qualidade do serviço prestado aos utilizadores;
- Indicadores que exprimem a sustentabilidade da entidade gestora: estimam os aspectos económico-financeiros, infra-estruturais, operacionais e de recursos humanos
- Indicadores respeitantes à sustentabilidade ambiental: têm enfoque na defesa dos aspectos ambientais por parte da entidade gestora.

Na tabela 1 apresentam-se os respectivos códigos de identificação dos ID.

Tabela 1 - Grupo de ID e respectivo código de identificação.

<i>GRUPO DE INDICADORES</i>	<i>CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO</i>
Indicadores de recursos hídricos	WR
Indicadores de recursos humanos	Pe
Indicadores infra-estruturais	Ph
Indicadores operacionais	Op
Indicadores de qualidade de serviço	QS
Indicadores económico-financeiros	Fi

Estes parâmetros de avaliação podem ser adimensionais (frequentemente expressos em %) ou dimensionais (expressos em €/m³, por exemplo).

Os ID devem permitir uma definição rigorosa, concisa e inequívoca dos parâmetros a que se referem, possibilitando comparações entre diferentes EG, a averiguação aquando de auditorias externas e uma avaliação objectiva e imparcial.

O conjunto de indicadores escolhidos deve ser o adequado, representando os aspectos de avaliação relevantes no que respeita à qualidade de serviço da EG, referindo-se ao mesmo período de tempo (normalmente correspondente a um ano) e ao mesmo espaço geográfico (que deverá ser a zona de intervenção da EG devidamente delimitada).

Para além de avaliarem a qualidade do serviço, os ID permitem ainda otimizar a gestão dos sistemas, promovendo uma melhoria da sua eficiência e eficácia.

Os sistemas de ID podem ser relativos ao abastecimento público de água, respeitantes ao saneamento de águas residuais urbanas ou, ainda, para a gestão de resíduos urbanos.

O IWA sugere que para as perdas de água se avaliem os ID apresentados na tabela 2, [19].

Tabela 2 - ID sugeridos pelo IWA para avaliação das perdas de água num SAA.

INDICADOR	CÓDIGO	UNIDADE RECOMENDADAS
Ineficiência na utilização dos recursos hídricos (Indicador de recursos hídricos)	WR1	% Perdas reais de água entrada no sistema
Perdas de água por ramal (Indicador operacional)	Op23	m ³ /ramal/ano
Perdas aparentes por ramal (Indicador operacional)	Op25	%
Perdas aparentes por volume de água entrada no sistema (Indicador operacional)	Op26	%
Perdas reais por ramal (Indicador operacional)	Op27	l/ramal/d
Índice infra-estrutural de fugas (Indicador operacional)	Op29	Relação das perdas reais (Op27) com as perdas reais mínimas
Água não medida (Indicador operacional)	Op39	%
Água não facturada em termos de volume (Indicador económico-financeiro)	Fi46	Volume de água não facturado em % da água entrada no sistema
(Indicador económico-financeiro)	Fi47	Valor da água não facturada em % dos custos correntes afectos ao sistema durante o período de referência

Capítulo 3

Neste terceiro capítulo será feita uma caracterização da ZMC em estudo, e serão mencionadas as construções e instalações que se prevêem fazer. As técnicas e ferramentas utilizadas para a obtenção de dados de caudal, facturação, volume de perdas, entre outros, também irão ser referidas e devidamente explicadas.

3.1 - Caracterização da ZMC em Estudo

Leça da Palmeira é uma freguesia do concelho de Matosinhos, com uma área aproximada de 5,97 km² e onde habitam cerca de 18 502 pessoas (dados relativos a 2011). Integra, em conjunto com a freguesia de Matosinhos, a cidade de Matosinhos, que se localiza na Área Metropolitana do Grande Porto, figura 3.1, [20]

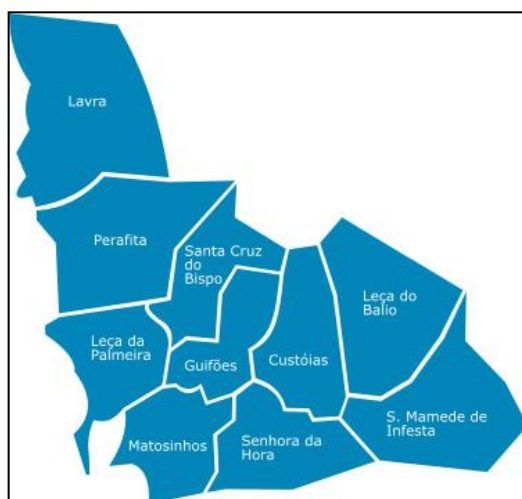


Figura 3.1 - Freguesias pertencentes ao Concelho de Matosinhos
(Fonte: C.M. Matosinhos).

A ZMC, objecto de estudo da dissertação que aqui se apresenta, é parte integrante da rede de distribuição de água Leça da Palmeira, e abrange a área que se confina, sensivelmente, entre a Avenida da Liberdade, a Avenida de Antunes Guimarães, a Avenida dos Combatentes da Grande Guerra e a Avenida Doutor António Macedo, tendo aproximadamente 1 km² de área. A ZMC assim delimitada foi denominada de MTARR224, figura 3.2. No nome atribuído, as letras “MT” identificam a concessionária (neste caso Matosinhos), a letra “A” indica a função operacional (que é de abastecimento de água) e os restantes caracteres “RR224” identificam a unidade funcional, isto é, o reservatório que abastece a zona.



Figura 3.2 - Mapa da ZMC em estudo (MTARR224) (Fonte: C.M. Matosinhos).

3.1.1 - Reservatório

A zona em análise é abastecida pelo reservatório da Cruz de Pau, situado na Rua dos Bombeiros Voluntários, no Concelho de Matosinhos, figura 3.3. A sua função é de distribuição de água, encontra-se apoiado na superfície do solo e é considerado um grande reservatório, visto que é constituído por cinco células com volumes de 5 000 m³, perfazendo um total de 25 000 m³ de capacidade de armazenamento.



Figura 3.3 - Reservatório da Cruz de Pau, Matosinhos (Fonte: Google Earth).

Se o nível do reservatório for mantido sempre a uma altura constante, diz-se que o reservatório é de nível fixo mas se, no entanto, a sua capacidade é determinada em função da variação temporal dos caudais de entrada e de saída, diz-se que o reservatório é de nível variável, [21] [22].

O reservatório da Cruz de Pau é mantido com um nível fixo durante toda a semana, excepto entre as segundas e terças-feiras quando o seu nível é variável.

Esta variação no seu funcionamento existe devido ao facto de as cinco células que o constituem estarem a cotas diferentes. Existem três células com cota ligeiramente superior às restantes, o que vai fazer com que a água saia preferencialmente dessas mesmas células, pois nesses locais as pressões serão mais elevadas devido à maior diferença de altura. Assim, provocando um cenário de nível variável no reservatório, às segundas e terças-feiras, garante-se que a água sai das duas células a cotas inferiores havendo renovação da água, assegurando-se, sobretudo, a sua qualidade.

Este reservatório encontra-se à cota de 66,70 m, o que permite obter pressões na rede suficientes para que a adução à ZMC MTARR224 seja gravítica.

3.1.2 - Adução

Como foi referido no ponto anterior, o tipo de adução feita à ZMC em estudo é do tipo gravítica, ou seja, não são utilizadas estações elevatórias ou bombas para o abastecimento de água à rede de distribuição, visto que a cota a que o reservatório se encontra é suficiente para garantir o escoamento de água por toda a rede de distribuição. Desta forma, apenas é utilizada a força gravítica inerente à própria zona.

3.1.3 - Rede de Abastecimento

A rede de abastecimento de água, figura 3.4, é emalhada e possui cerca de 243 troços de conduta (p.e. T100), 1490 ramais de abastecimento (p.e. RA100), 131 hidrantes (p.e. H100), 13 contadores volumétricos (p.e. MC10), 1700 válvulas de seccionamento (p.e. VS100) e 164 nós (p.e. N100) devidamente cadastrados, figura 3.5. No entanto, estima-se que estes valores

devam ser superiores na realidade, devido à falta de informação que por vezes se verifica nessa base de dados.

Tendo em conta os dados relativos à facturação, do período em estudo (Março de 2011 a Fevereiro de 2012), crê-se que estejam inseridos nesta área, aproximadamente, quatro mil clientes do tipo doméstico e quatro grandes consumidores (dos quais se falará no ponto subsequente).



Figura 3.4 - Rede de Abastecimento da ZMC (Fonte: C.M. Matosinhos).

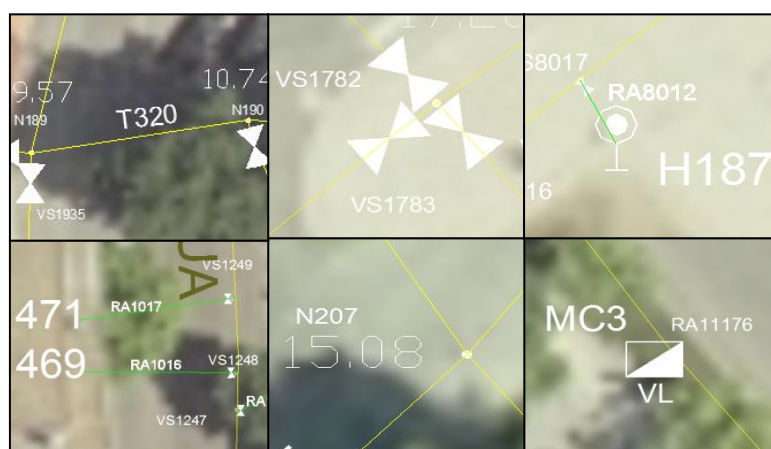


Figura 3.5 - Troços de conduta, Válvulas de Seccionamento, Hidrantes, Ramais de abastecimento, Nós e Medidores de Caudal (Fonte: C.M. Matosinhos).

3.1.4 - Grandes Consumidores

A tipologia de consumo da ZMC abordada nesta dissertação é, maioritariamente, doméstica. No entanto, existem na área em estudo clientes com um consumo superior a 10 000 m³/ano, considerados por isso grandes consumidores (GC). Este tipo de clientes deve ser monitorizado de forma especial de maneira a obter o seu perfil de consumo, caso haja, e saber qual o impacto que cada um terá no funcionamento da rede de distribuição (ao nível sobretudo da pressão). Essa monitorização é efectuada, usualmente, com o auxílio de *dataloggers* instalados nesses mesmos locais.

Na ZMC MTARR224 existem, como já se referiu, quatro GC: a unidade hoteleira Holiday Inn Hotels (1) e três terminais pertencentes à Administração dos Portos do Douro e Leixões, S.A. (APDL), a saber o terminal de Roll-On/Roll-Off (2), o terminal da marina de Leixões (3) e o terminal de petroleiros (4), assinalados na figura 3.6.

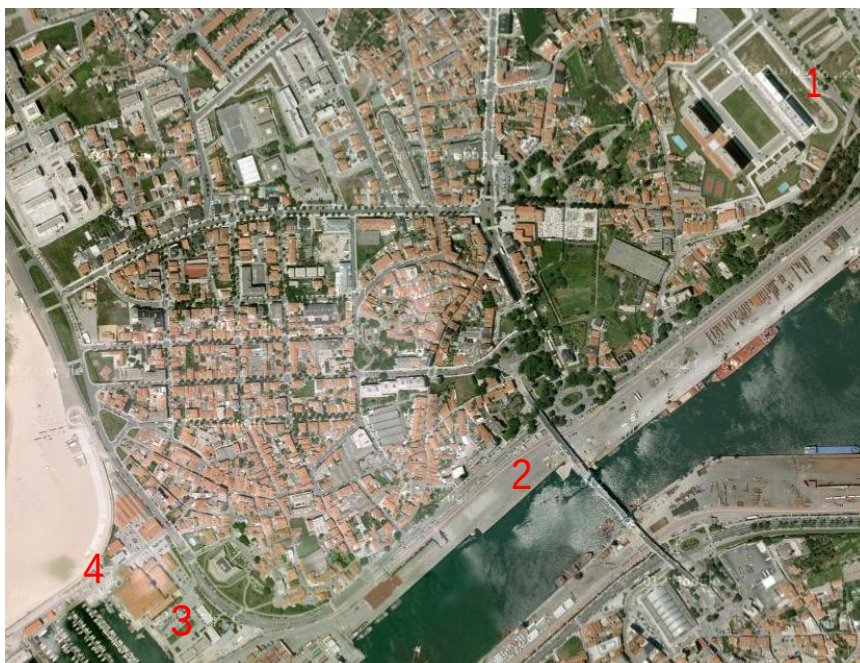


Figura 3.6 - Localização dos Grandes Consumidores da ZMC MTARR224 (Fonte: Google Earth).

Os consumos de água associados a estes clientes serão expostos e trabalhados no Capítulo 4 desta dissertação.

3.2 - Construções e Instalações a Serem Realizadas

Para a realização do estudo desenvolvido no âmbito da dissertação aqui apresentada, será indispensável implementar algumas obras de construção na ZMC em estudo.

A área estudada é abastecida pelo reservatório da Cruz de Pau, que se localiza em Matosinhos, no entanto a zona insere-se na freguesia de Leça da Palmeira e, para que seja

possível a regulação da pressão na rede de abastecimento desta ZMC, será necessária a construção de uma câmara de manobras onde se irão instalar um medidor de caudal e uma válvula redutora de pressão (instrumentos cujas características serão descritas subsequentemente). O objectivo dessa mesma instalação é, após o estudo e a simulação hidráulica feitos no trabalho aqui descrito, poder controlar e adaptar as pressões da rede de abastecimento à entrada da ZMC MTARR224 através do manuseamento da VRP.

A câmara de manobras prevê-se que será instalada na Avenida Doutor Antunes Guimarães, próxima do cruzamento com a Avenida Doutor António Macedo.

É de salientar o facto de que estas obras deveriam ter sido realizadas no período de execução desta dissertação, para que fosse possível obter dados relativos aos factores horários (FH) e perfis de consumo verificados na rede de abastecimento em estudo. Esses dados serão necessários para o cálculo das perdas reais da rede do SAA, que se apresentará no quarto capítulo da presente redacção. Assim sendo, os valores em falta terão de ser extrapolados de outros dados da EG.

3.2.1 - Medidor de Caudal

O medidor de caudal instalado à entrada da ZMC em estudo será comprado à empresa alemã KROHNE, e o modelo escolhido foi o *OPTIFLUX 2000*, figura 3.7.



Figura 3.7 - Medidor de Caudal *OPTIFLUX 2000* (Fonte: KROHNE).

Este equipamento foi projectado para fazer medição de fluxos de água potável e/ou água residual. É frequentemente utilizado para fins comerciais de acordo com a norma europeia MI-001, e o seu nível de precisão deve estar de acordo com o estipulado nessa mesma directiva e na norma ISO/EN.

Relativamente à construção do *OPTIFLUX 2000*, o seu tubo de medição tem uma forma cilíndrica e superfície lisa. A sua secção transversal circular, sem partes internas ou em movimento, e o seu campo magnético homogéneo, permitem obter uma secção transversal de fluxo optimizado, o que faz com que os dados obtidos sejam fiáveis e independentes do perfil do escoamento. O tubo de medição é revestido de polipropileno ou borracha dura, materiais que o tornam resistente ao envelhecimento, corrosão e abrasão, e impedem a deposição de minerais, permitindo obter uma boa qualidade da água mesmo a longo prazo.

Os medidores de caudal costumam ser instalados em câmaras de manobra, ou seja, em locais profundos de ligação de redes de abastecimento de água, que são de difícil acesso para a obtenção dos dados adquiridos das medições. O *OPTIFLUX 2000* permite a escolha entre

diversos sistemas de transmissão de informação, tais como o *HART*, *Profibus*, *Fieldbus* ou *Modbus*, que enviam os resultados, usualmente em períodos de um dia, ao sistema de gestão do SAA em causa.

Este tipo de medidores tem inúmeras vantagens, entre as quais se destacam a possibilidade de medir fluxos bidireccionais, a optimização da precisão dos resultados obtidos devido ao elevado número de amostragens, um consumo energético baixo (sobretudo no período nocturno de funcionamento), uma excelente estabilidade a longo prazo, uma segurança máxima no processo de medição e o facto de não ser necessário nenhum tipo manutenção.

O *OPTIFLUX 2000* tem ainda funções de autodiagnóstico concordantes com as normas OIML R-49, EN 14154, ISO 4064 e MI-001. A operação de conversão, assim como os eléctrodos do sensor, o perfil de escoamento e as funções electrónicas são monitorizados continuamente. Eventuais anomalias que sejam detectadas são exibidas num mostrador de altos contraste e resolução.

Como se referiu anteriormente, o funcionamento baseia-se no escoamento de água (fluido condutor eléctrico) no interior de um tubo isolante através de um campo magnético. Esse campo magnético é gerado por uma corrente eléctrica que flui através de um par de bobinas, figura 3.8.



Figura 3.8 - Funcionamento de um Caudalímetro Electromagnético (CE) (Fonte: KROHNE).

A tensão eléctrica (E) gerada pode ser estimada através da equação, anteriormente apresentada:

$$E = U \cdot k \cdot B \cdot D$$

Na qual U representa a velocidade média do escoamento, k um factor de correcção da geometria, B a intensidade do campo magnético e D o diâmetro interno do medidor. O sinal da tensão eléctrica, obtido através dos eléctrodos instalados é, desta forma, proporcional a U e, consequentemente ao caudal Q . Normalmente E tem valores reduzidos, na ordem de 1 mV para U próxima dos 3 m/s e potência de 1 W.

No final do processo de medição, o sinal é convertido, amplificado, filtrado e transmitido para o sistema de gestão.

Para a ZMC em estudo, será adquirido um *OPTIFLUX 2000* com o DN de 200 mm. A partir deste dado, poder-se-á fazer o dimensionamento do instrumento de medição, através da informação presente na tabela 3.

Tabela 3 - Dimensionamento do *OPTIFLUX 2000* instalado na ZMC.

Tamanho Nominal		Dimensões (mm)							Peso aproximado (kg)
DN (mm)	PN (bar)	L		H	W	T			
		DIN	ISSO			box	010	300	
200	10	350	350	361	340	439	466	518	34

O desenho técnico assim como as variáveis de comprimento encontram-se representados na figura 3.9.

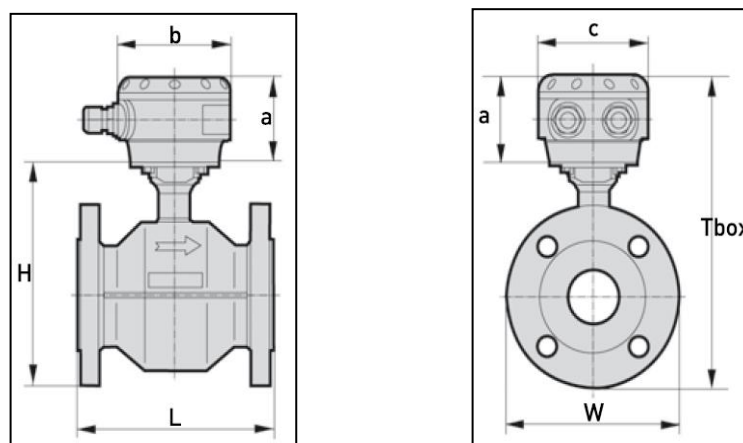


Figura 3.9 - Desenho Técnico e Dimensionamento do *OPTIFLUX 2000* (vista frontal à esquerda e vista lateral à direita) (Fonte: KROHNE).

As variáveis a, b e c tomam os valores de 77, 111 e 106 mm de comprimento, respectivamente. As dimensões das restantes componentes deverão ser consultadas na tabela acima exposta.

Relativamente ao desempenho da operação de medição podem-se definir os valores para os diferentes Q e R, segundo o estipulado na tabela 4.

Tabela 4 - Valores do Desempenho de Operação do *OPTIFLUX 2000* com DN 200.

DN (mm)	Q1 [Q3/R] (m³/h)	Q2 [Q1*1,6] (m³/h)	Q3 (m³/h)	R [Q3/Q1]	Q4 [Q3*1,25] (m³/h)
200	1	1,6	1000	1000	1250

Sendo $Q1$ correspondente ao caudal de mínimo, $Q2$ ao caudal de transição, $Q3$ ao caudal permanente, $Q4$ ao caudal de sobrecarga e R à relação entre os valores limite do intervalo de medição, [23] [24].

As definições dos diferentes Q considerados encontram-se actualizadas e descritas no Decreto-Lei nº 71/2011 como:

“ «Caudal mínimo ($Q1$)» – menor caudal ao qual o contador de água fornece indicações que satisfazem os requisitos relativos aos valores dos erros máximos admissíveis.

«Caudal de transição ($Q2$)» – caudal que se situa entre os caudais permanente e mínimo e no qual a gama de caudais é dividida em duas zonas – a «zona superior» e a «zona inferior», cada uma com valores de erros máximos admissíveis característicos.

«Caudal permanente ($Q3$)» – caudal máximo ao qual o contador funciona satisfatoriamente nas condições normais de utilização, isto é, com caudal estável ou intermitente.

«Caudal de sobrecarga ($Q4$)» – caudal máximo ao qual o contador funciona satisfatoriamente durante um curto período de tempo sem se deteriorar.”, [25].

As restantes características técnicas deste tipo de equipamentos de medição encontram-se nos catálogos da KROHNE presentes nos Anexos C e D da presente dissertação.

3.2.2 - Válvula Redutora de Pressão

A VRP que vai ser instalada na ZMC MTARR224 será adquirida à empresa francesa Bayard, e o modelo escolhido foi o *HYDROBLOC*, figura 3.10. As especificações técnicas e as características deste tipo de válvulas encontram-se nos catálogos presentes nos Anexos E e F.



Figura 3.10 - VRP *HYDROBLOC* (Fonte: Bayard).

Para o dimensionamento hidráulico da válvula a instalar foi necessário seguir um procedimento de cálculos, estimativas e escolhas. Esse procedimento inicia-se com a escolha do tipo de modelo da VRP, ou seja, se a passagem é reduzida (denominado XGS) ou nominal (denominado XG), figura 3.11.

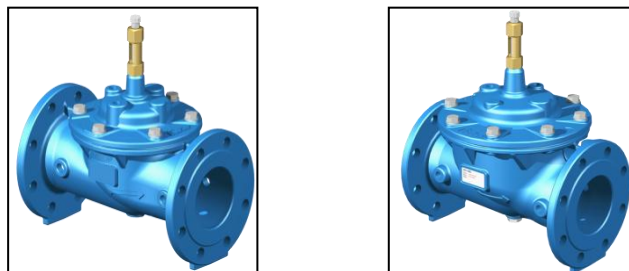


Figura 3.11 - Tipo de Passagem XGS (imagem à direita) e XG (imagem à esquerda) (Fonte: Bayard).

O modelo XGS tem uma grande eficácia na redução de pressão e uma excelente resistência à cavitação, enquanto o modelo XG tem uma grande capacidade de escoamento e é adequado para baixas quedas de pressão. Dadas estas características dos modelos, e as particularidades da rede em estudo, optou-se por um modelo do tipo XG. As suas curvas de funcionamento estão representadas no gráfico 2.

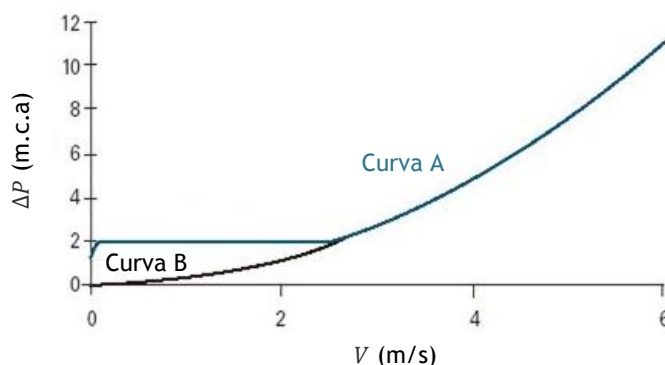


Gráfico 2 - Curvas de funcionamento da VPR *HYDROBLOC*, modelo XG (Fonte: Bayard).

A curva A representa o funcionamento com abertura livre, neste caso a queda de pressão mínima para abrir a válvula é cerca de 0,3 bar, dependendo do diâmetro, e a velocidade de escoamento (VE) é de aproximadamente de 2,5 m/s. Por sua vez, a curva B traduz o funcionamento com a válvula totalmente aberta. Neste caso, a válvula do tipo *HYDROBLOC* comporta-se como um orifício e a queda de pressão depende apenas do escoamento, a fórmula para o seu cálculo é:

$$\Delta P = K \frac{U^2}{2g}$$

Sendo ΔP a perda de carga em m.c.a., K o coeficiente de perda de carga e U a velocidade da secção em m/s.

O funcionamento óptimo deste tipo de equipamento é obtido para um percentagem de abertura entre os 15% e os 75%, e um K na gama entre os 10% e 90%, nas condições normais de utilização, gráfico 3, [13] [26].

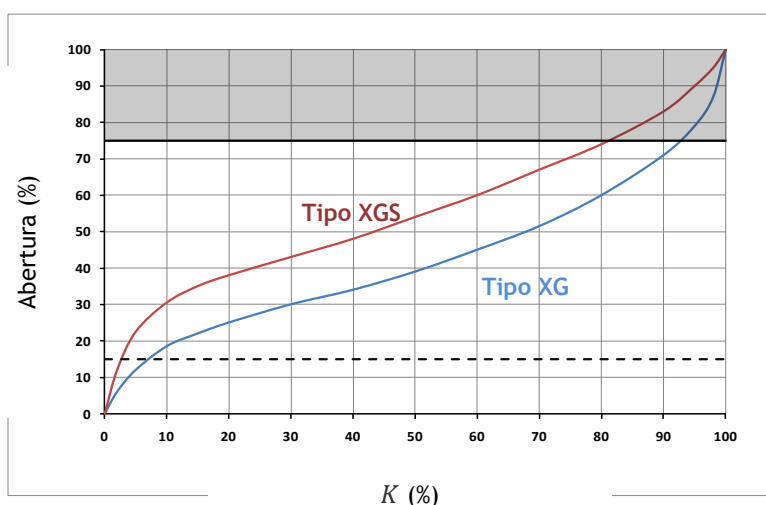


Gráfico 3 - Percentagem de K em função da percentagem de abertura da VRP HYDROBLOC (Fonte: Bayard).

Seguidamente ter-se-ão de definir as VE máximas permanente e excepcional aconselhadas para cada modelo, que segundo a documentação disponível do equipamento em causa, serão de 5 m/s e 7 m/s, respectivamente.

Por fim, durante o procedimento de dimensionamento da VRP, é necessário estipular o seu diâmetro, que neste tipo de dispositivos depende não só das condições de escoamento como também das perdas de carga nas extremidades da instalação. São considerados, usualmente, dois casos para o dimensionamento: um primeiro caso que admite uma queda de pressão baixa (até 1 bar) e uma VE da ordem dos 1 a 2.5 m/s para o modelo em causa; e um segundo caso em que se considera uma acentuada queda de pressão (superior a 1 bar), permitindo uma VE na gama de 2.5 a 4 m/s. Como foi referido anteriormente, e se pode constatar no gráfico 2, a VE para este tipo de instalação é da ordem dos 2.5 m/s, pelo que é mais prudente definir a condição de funcionamento da VRP em estudo como sendo semelhante ao segundo caso mencionado. Assim sendo, escolheu-se como diâmetro a utilizar um DN 200 mm. Tendo em conta a informação acima definida relativamente ao modelo, ao caso em estudo, à VE e ao DN podem estimar-se os valores dos caudais mínimo e máximo permanente (em l/s), segundo a figura 3.12, [27] [28].

		VE*/ DN													
		50	65	80	100	125	150	200	250	300	350	400	500		
Modèle	Cas 1 Débit mini	1	-	-	-	-	18	31	49	71	96	126	196		
	Débit maxi	2	-	-	-	-	35	63	98	141	192	251	393		
	Cas 2 Débit mini	2	-	-	-	-	35	63	98	141	192	251	393		
	Débit maxi	4	-	-	-	-	71	126	196	283	385	503	785		
Modèle	Cas 1 Débit mini	1	2,0	3,3	5,0	7,9	12	18	31	49	71	-	126	-	
	Débit maxi	2,5	4,9	8,3	13	20	31	44	79	123	177	-	314	-	
	Cas 2 Débit mini	2,5	4,9	8,3	13	20	31	44	79	123	177	-	314	-	
	Débit maxi	4	7,9	13	20	31	49	71	126	196	283	-	503	-	

* VE (m/s) = Vitesse Équivalente : vitesse moyenne dans la section d'entrée (DN).

Figura 3.12 - Caudais Mínimo e Máximo Permanente Aconselhados Para a VRP do Tipo HYDROBLOC (Fonte: Bayard).

Analisando todos os dados anteriores, e a figura acima exposta, é possível considerar valores do caudal mínimo e máximo de 79 l/s e 126 l/s, respectivamente.

As condições de funcionamento da VRP *HYDROBLOC* do tipo XG encontram-se expostas no gráfico 4. Sendo que a zona 1 é corresponde às condições óptimas de utilização, a zona 2 às condições a evitar e a zona 3 a condições que permitem o funcionamento mas que se devem evitar em regime permanente.

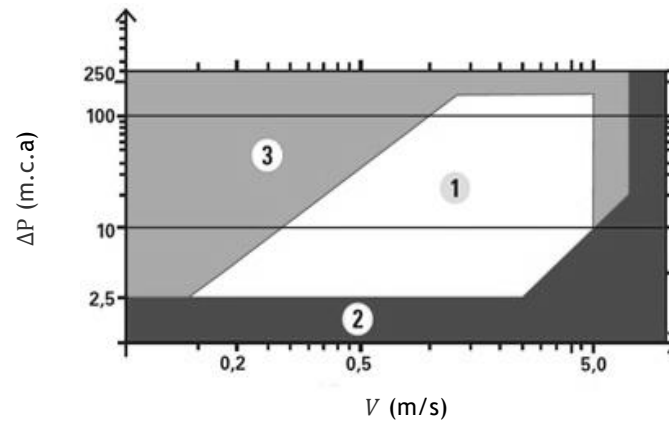


Gráfico 4 - Condições de Funcionamento da VRP *HYDROBLOC*, Segundo ΔP e K (Fonte: Bayard).

Relativamente aos fenómenos de cavitação que poderão ocorrer, e que já foram mencionados previamente, podem definir-se as zonas de funcionamento de acordo com o diagrama exposto abaixo, gráfico 5.

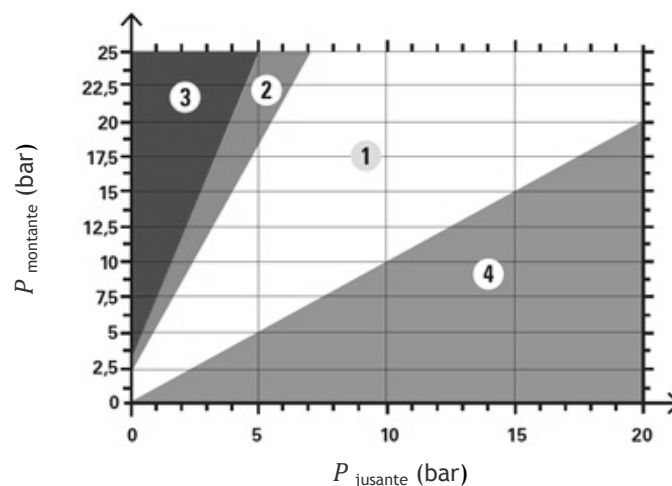


Gráfico 5- Condições de Funcionamento da VRP *HYDROBLOC*, Segundo as P de Montante e Jusante (Fonte: Bayard).

Correspondendo a zona 1 à operação em condições normais, a zona 2 à operação em condições com risco de ocorrência de cavitação, sendo necessário instalar um equipamento móvel de reforço, a zona 3 à operação com risco de ocorrência de cavitação e com desgaste rápido da VRP (P de jusante menor que 1 bar poderá haver entrada de ar) e a zona 4 à operação com condições impossíveis de funcionamento, [13] [26].

3.3 - Obtenção de Dados

Ao longo da realização desta dissertação foram necessárias inúmeras bases de dados e ferramentas para a obtenção da informação essencial ao trabalho desenvolvido, entre as quais se destacam:

- O cadastro, relativo a Leça da Palmeira, que contém, entre outros, dados relativos à localização, ao material constituinte, à tipologia das condutas, válvulas, hidrantes, nós, e todos os restantes componentes da rede de distribuição. Esta base de dados teve de ser devidamente trabalhada e a informação extensa que abrange teve de ser confinada e reduzida apenas à área de interesse deste trabalho;
- A base de dados de facturação e dos locais de consumo que contém informação relativa aos volumes facturados pela EG e dados referentes aos clientes, contadores e contas-contrato. A informação disponível teve de ser restringida ao período em estudo neste trabalho, assim como teve de ser feito um rastreio aos locais de consumo abrangidos apenas na ZMC referida;
- O mapa de Leça da Palmeira;
- O mapa cadastrado da ZMC em estudo, que contém informação visual acerca da malha da rede, como as condutas em exploração ou em investimento e a localização dos nós, dos troços, e de todos os outros componentes inseridos na rede de abastecimento mencionados anteriormente.

É de realçar que estas bases de dados não são uniformes entre si e, por isso, foi imprescindível fazer um trabalho exaustivo de tratamento de informação, de modo a concatená-la, permitindo assim que o resultado final fosse o mais fiel possível à realidade da ZMC MTARR224.

Capítulo 4

Neste quarto capítulo pretendem-se expor os objectivos específicos do trabalho desenvolvido na INDAQUA Matosinhos, assim como todo o processo decorrido para a obtenção dos resultados finais, que também serão aqui apresentados e apreciados.

4.1 - Objectivos do Trabalho Desenvolvido

A elaboração desta dissertação, na INDAQUA Matosinhos, teve como objectivo principal a redução de perdas de água inerentes à ZMC MTARR224, situada na freguesia de Leça da Palmeira no concelho de Matosinhos, por regulação da pressão na rede de abastecimento.

Para que esse objectivo fosse atingível foi elaborada uma simulação no programa hidráulico EPANET, de modo a construir uma ferramenta que permitisse auxiliar e fundamentar as tomadas de decisão por parte da EG, promovendo um eficiente e eficaz controlo activo de perdas do SAA em estudo.

Com o apoio desse simulador hidráulico foi possível estudar e definir as zonas de gestão de pressão e otimizar este parâmetro de maneira a que o seu valor fosse regulado para o nível mais baixo possível, mantendo os valores adequados à rede de abastecimento em causa e fieis ao legislado no Decreto Regulamentar nº23/95 de 23 Agosto. Nesse documento legal estipula-se que os valores da pressão nos locais de consumo não devem ultrapassar os 600 kPa e que não deve haver uma variação dos seus valores nos nós da rede superior a 300 kPa. Ainda nesse decreto é imposto um limite mínimo de pressão, para a rede pública, que deve ser estimado de acordo com a expressão:

$$H = 100 + 40 n$$

onde H é a pressão mínima (kPa) e n é o número de pisos acima do solo, incluindo o piso térreo, [5]. Para a ZMC em estudo, a INDAQUA Matosinhos assegura a pressão mínima para edifícios com um máximo de 3 pisos. Ou seja, para o cálculo do limite mínimo considerou-se n igual a 4 (3 pisos acima do solo mais o piso térreo), obtendo então um valor mínimo de pressão da ordem dos 260 kPa.

O facto de se regular a pressão para os níveis mais reduzidos possíveis, permite a diminuição de custos de exploração e de manutenção, assim como dos riscos de ocorrência de perdas reais. Quanto mais alta for a pressão na rede maior é a probabilidade de haver rupturas e fugas nos troços de conduta e nos restantes equipamentos, e maiores serão os volumes de água perdidos. Com o auxílio do EPANET é ainda possível definir as zonas de maior risco de ocorrência deste tipo de perdas pelo estudo dos locais críticos ao nível da pressão.

Este programa hidráulico e os cenários que nele se podem testar permitem, com relativa facilidade, criar e avaliar diversas situações que podem ocorrer na realidade, sem no entanto acarretar os riscos e custos que essas simulações teriam se fossem experimentadas *in loco*.

A pressão da rede será posteriormente regulada através da instalação de uma VRP na câmara de manobras que será construída à entrada da ZMC, como foi descrito no capítulo anterior desta redacção.

4.2- Modelação da Rede de Abastecimento da ZMC MTARR224 no EPANET

Para a modelação da rede de abastecimento de água da ZMC em estudo, foi necessário obter informação (que se encontra no cadastro da EG) relativa ao traçado da rede e aos diâmetros dos troços de conduta que a constituem.

Através dos documentos de facturação fornecidos pela empresa extraiu-se a informação (georreferenciada) relativa aos consumos dos seus clientes, podendo atribuir então a cada troço de conduta e, após ponderação, a cada nó, o respectivo consumo. Desta forma, é possível estimar o “peso” de cada nó no consumo total da rede (passo que será descrito em particular no ponto 4.2.1 deste capítulo).

Para este exercício foi ainda essencial obter os valores do caudal e dos volumes horários aduzidos à rede pelo reservatório e das pressões (cotas) dos nós e troços em instantes diferentes de modo a obter um perfil do comportamento da rede ao longo de um dia de consumo.

A VRP que será instalada deverá ser regulada de maneira a que a pressão que gera seja a suficiente para abastecer, de forma aceitável, todos os locais de consumo da rede (mesmo os que se encontram a cotas superiores). Não deve, no entanto, ser sobredimensionada e a rede não deverá ser abastecida com pressões demasiadamente elevadas para que os valores dos custos de operação e manutenção, assim como os das perdas reais, sejam os menores possíveis. Para o caso em estudo, a VRP criada no EPANET foi programada para operar, inicialmente, a 2,7 bar.

Para obter os dados necessários à modelação, mencionados anteriormente, teve de ser implementado um método de trabalho e empregues diversas ferramentas. Os passos que resumem o método utilizado foram:

1. Obtenção e tratamento da informação contida na base de dados do cadastro de Leça da Palmeira, por forma a obter a informação exclusiva à ZMC em estudo;
2. Obtenção e tratamento da informação contida na base de dados da facturação, de maneira a limitar a informação ao período em estudo (Março de 2011 a Fevereiro de 2012);
3. Relacionamento entre as instalações dos locais de consumo do SAA e os volumes mensais facturados;
4. Homogeneização da informação contida nas diferentes bases de dados utilizadas (cadastro, facturação, etc.);
5. Cálculo dos valores de facturação mensal e da respectiva média (fazendo as aproximações necessárias aquando da falta de informação nalguns dos meses considerados);
6. Atribuição do valor da média mensal de consumo facturado ao respectivo ramal de abastecimento;
7. Atribuição dos ramais a cada troço de conduta da rede de abastecimento;
8. Cálculo do consumo por troço de conduta (fazendo o somatório dos consumos por ramal anteriormente calculados);
9. Criação de troços de conduta virtuais quando se verificou a existência de locais de consumo que vigoram na base de dados da facturação, mas que estavam em falta no cadastro da ZMC, assim como das ruas que serão alvo de instalação de condutas de abastecimento;
10. Verificação da confluência de cada troço de conduta a cada nó da malha da rede;
11. Conversão do desenho do SAA cedido pela EG em formato *.dxf* para formato *.inp*, por forma a poder ser utilizado no EPANET, através da utilização do programa EpaCAD;
12. Migração do ficheiro *.inp* para o EPANET, obtendo o desenho da rede de abastecimento;
13. Identificação dos nós e troços integrantes da rede com os nomes respectivos presentes no cadastro;
14. Atribuição dos valores das cotas de cada nó da malha da rede de abastecimento;
15. Correção dos diâmetros nominais das condutas de acordo com o tipo de material do qual são constituídas, através da consulta das tabelas presentes no anexo G da presente redacção.

Utilizando o simulador hidráulico EPANET, cujo princípio de funcionamento foi descrito no ponto 2.8, foi possível obter um esquema da rede de distribuição, figura 4.1, permitindo a sua modelação conforme as condições e cenários que se pretendam estudar.



Figura 4.1 - Rede de Abastecimento da ZMC MTARR224 Simulada no EPANET (Fonte: EPANET).

4.2.1 - Distribuição dos Consumos pelos Nós da Rede de Abastecimento

Para distribuir o consumo total pelos nós da rede de abastecimento foi necessário calcular os respectivos coeficientes de ponderação de consumo (*cpc*). Estes coeficientes determinam a relação entre os caudais unitários de consumo dos diferentes troços de conduta (conhecidos através dos dados de facturação). Ou seja, se o caudal unitário de uma conduta for o dobro do caudal unitário de uma outra conduta diferente, o seu *cpc* será também o dobro.

O cálculo dos *cpc* da ZMC em estudo foi elaborado com base nos valores dos consumos totais por troço de conduta, $Q_{troço}$, (cujas as etapas para a sua obtenção foram explicadas no ponto precedente) e nos valores dos comprimentos dessas mesmas porções de conduta, $L_{troço}$. A fórmula aplicada foi:

$$cpc = \frac{Q_{troço}}{L_{troço}} \quad (1)$$

Os valores assim obtidos para cada troço de conduta encontram-se em $m^3/h/m$. Deve ser feita uma nota relativamente à dimensão dos valores obtidos, visto que para esta ZMC os valores dos consumos são bastante reduzidos (da ordem dos $10^{-3} m^3/h$) e, para evitar erros numéricos e de iteração no balanço hidráulico calculado pelo EPANET, optou-se por multiplicar estes valores por um factor de 100. Os valores utilizados tiveram ainda de ser convertidos em l/s por forma a serem compatíveis com os programas do EPANET e do MATLAB utilizados neste trabalho.

Após adquirir os valores dos *cpc* para cada porção de conduta da ZMC MATARR224 realizou-se a respectiva importação dos dados para o EPANET e executou-se o programa.

Com os valores dos *cpc* já calculados, e com o auxílio do programa em MATLAB (mencionado no ponto 2.8.1, devidamente adaptado para o caso presente), que comunica directamente com o EPANET, atribuiu-se a cada troço de conduta o seu “peso” na rede de distribuição, obtendo-se o consumo ponderado distribuído pelos respectivos nós nos quais esses troços confluem. Esse “peso” depende de inúmeros factores e características das

condutas, tais como a densidade de ramais, o comprimento e o caudal que escoam através dela.

Através do programa obteve-se um consumo por nó aproximadamente real.

O código programado em MATLAB permite gerar ficheiros que podem posteriormente ser lidos no EPANET e as etapas que deverão ser efectuadas podem resumir-se a:

- 1º- Executar o programa em MATLAB relativo aos *cpc*;
- 2º- Seleccionar a opção de cálculo 1, através da qual é adquirido um resultado padronizado para um caudal de 100 l/s;
- 3º- Actualizar o ficheiro com os valores dos *cpc* calculados no Excel (aplicando a fórmula (1)) e corrigir para o caudal total da ZMC que será da ordem dos 16 l/s;
- 4º- Executar o programa em MATLAB, mas desta vez escolhendo a opção de cálculo 2, obtendo-se, finalmente, os consumos ponderados nos nós;
- 5º- Importar o ficheiro com os valores dos consumos ponderados nos nós para o EPANET.

Desta forma, gerou-se um modelo calibrado, isto é, com uma distribuição de consumos médios que deverá ser semelhante ao que sucede na realidade.

Estes valores alcançados através dos programas do MATLAB têm por base algumas expressões matemáticas que se explanam em seguida, para que o leitor possa situar-se na origem dos cálculos e do código programado.

Para a determinação do “peso” de cada nó no consumo distribuído da rede, utiliza-se a expressão:

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^{M_i} 0.5cpc_{j,i}L_{j,i}}{\sum_{k=1}^{N_{tubos}} cpc_k L_k}$$

sendo o factor w_i respeitante ao “peso” do nó i , o M_i ao número de troços ligados ao nó i , o $cpc_{j,i}$ ao coeficiente de ponderação do consumo do tubo j ligado ao nó i , $L_{j,i}$ ao comprimento do tubo j ligado ao nó i (em m), o N_{tubos} ao número de troços com distribuição de percurso, o cpc_k ao coeficiente de ponderação do consumo do tubo k , e L_k ao comprimento do tubo k (em m).

Existe, então, uma relação entre o consumo de cada nó e o consumo total da rede que se pode exprimir por:

$$Q_i = w_i \times Q_{distribuído}$$

sendo que o factor Q_i concerne ao consumo do nó i e o $Q_{distribuído}$ é equivalente ao consumo total distribuído pela rede, que exclui o consumo dos GC, (em m³/h).

Sabendo ainda que o caudal unitário de percurso, q , (em m³h⁻¹m⁻¹) pode ser calculado pela equação:

$$q = \frac{Q_{distribuído}}{\sum_{k=1}^{N_{tubos}} cpc_k L_k}$$

O valor do consumo em cada nó da rede pode ainda ser obtido por uma expressão alternativa:

$$Q_i = q \times \sum_{j=1}^{M_i} 0.5 c p c_{j,i} L_{j,i}$$

4.2.2 - Distribuição do Caudal Total de Perdas pelos Nós da Rede de Abastecimento

As perdas na rede de abastecimento devem ser atribuídas aos nós, pois estes são os objectos que indicam a pressão ao longo da mesma no modelo do EPANET, e que podem ser configurados como dispositivos emissores.

Para proceder à modelação e calibração da rede de distribuição é necessário ter em conta as perdas reais e calibrar o modelo, quantificando os coeficientes de vazão dos dispositivos emissores nos nós, para reproduzir essas mesmas perdas. Para isso, é tida como base a expressão da Lei de Vazão, que se exprime por:

$$Q_i = C_i p_i^\beta$$

sendo Q_i o valor do caudal no nó i em (l/s), C_i o valor do coeficiente de vazão do nó i em (l/s/m^β), p_i a altura piezométrica do nó i (m) e β o expoente que deverá tomar valores entre 1,0 e 1,2 para simular as perdas de água numa rede de distribuição.

O valor de C_i é, por sua vez, o produto entre o coeficiente de vazão de perdas unitário, c (l/s/m^β/m), pela soma dos semi-comprimentos ponderados dos tubos concorrentes no nó i :

$$C_i = c \sum_{j=1}^{M_i} 0.5 c p p_j L_{j,i}$$

onde M_j representa o número de tubos ligados ao nó i , $c p p_j$ o coeficiente de ponderação de perdas no nó i e $L_{j,i}$ o comprimento do tubo j ligado ao nó i (m).

Fazendo, então o somatório dos C_i de todos os nós da rede obtém-se o valor do coeficiente de vazão de perdas global, C_{rede} (l/s/m^β):

$$C_{rede} = \sum_{i=1}^{NN} C_i = c \sum_{i=1}^{NN} \sum_{j=1}^{M_i} 0.5 c p p_j L_{j,i} = c L_{pond, rede}$$

correspondendo o factor NN ao número total de nós na rede de abastecimento e o $L_{pond, rede}$ ao comprimento total ponderado da rede (m).

Com os valores das expressões anteriores já determinados, é possível finalmente estipular-se o valor do caudal total de perdas da rede de abastecimento, Q_{perdas} (l/s) através da equação:

$$Q_{perdas} = \sum_{i=1}^{NN} C_i p_i^\beta = C_{rede} \langle p \rangle^\beta = c L_{pond, rede} \langle p \rangle^\beta$$

sendo que $\langle p \rangle$ corresponde a um valor médio ponderado da altura piezométrica da rede (m), e pode ser calculado com recurso à expressão:

$$\langle p \rangle^\beta = \frac{\sum_{i=1}^{NN} \sum_{j=1}^{M_i} 0.5 c_{pp_j} L_{j,i} p_i^\beta}{\sum_{i=1}^{NN} \sum_{j=1}^{M_i} 0.5 c_{pp_j} L_{j,i}}$$

Para distribuir o caudal total de perdas por todos os nós da malha foi, então, necessário calcular os coeficientes de ponderação de perdas (c_{pp}) de cada troço de conduta. Estes coeficientes retratam a propensão que um determinado troço tem para perder água.

Para o cálculo dos c_{pp} da ZMC foi preciso calcular inicialmente a densidade de ramais por porção de conduta, d_{ramais} , o que obrigou à angariação dos dados relativos ao número de ramais ligados a cada troço, n_{ramais} , e do comprimento do mesmo, $L_{troço}$, (adquiridos através do tratamento da informação contida no cadastro da EG). Como é expectável, quanto maior for o número de ligações à conduta, mais propensão esta terá para perder água.

A fórmula aplicada para o cálculo da densidade de ramais foi a seguinte:

$$d_{ramais} = \frac{n_{ramais}}{L_{troço}} \quad (2)$$

Conjugando a fórmula (2) com a expressão definida pela IWA para o cálculo do UARL (*Unavoidable Average Real Losses*), equivalente ao c_{pp} , obtém-se a equação que permitiu, finalmente, calcular os valores desses coeficientes, que será:

$$c_{pp} = A + B \cdot d_{ramais} + C \cdot d_{ramais} \times L_{ramal, médio}$$

Sendo que A , B e C são constantes estipuladas e tomam valores de 18 l/d/m.c.a./km, 0,7 l/d/ramal/m.c.a. e 25 l/d/ramal/m.c.a./km, respectivamente. O $L_{ramal, médio}$ é também definido e toma o valor de 0,008 km.

Após obter os valores dos c_{pp} para cada troço de conduta recorreu-se novamente a um programa do MATLAB para criar um ficheiro que posteriormente se utilizou no EPANET de modo a calibrar o modelo. Os passos que deverão ser cumpridos para a geração desse mesmo ficheiro são:

- 1º- Executar o programa em MATLAB relativo aos c_{pp} ;
- 2º- Escolher a opção de cálculo 2, definindo um expoente de emissão de 1,15;
- 3º- Obter o ficheiro de MATLAB, com a ponderação de perdas nos nós, para posterior importação para o EPANET.

Desta forma, gerou-se um modelo calibrado no EPANET, desta feita, com a distribuição do caudal total de perdas pelos nós representativa da realidade.

4.3 - Calibração do Modelo Hidráulico - Exemplo Prático

Neste ponto, exemplificar-se-á, a forma de calibrar o modelo hidráulico criado no EPANET, para um dia de consumo (neste caso o dia escolhido foi o dia 17 de Maio de 2012, quinta-feira).

Foi escolhido o dia 17 de Maio de 2012, pois sendo um dia útil, considerou-se que seria um dia com valores representativos da realidade de consumo de cada um dos GC.

Para este dia, e porque não foi possível obter dados de medições reais na ZMC em estudo, como já foi explicado anteriormente, apenas eram conhecidos os valores reais dos consumos dos GC dessa área. Os outros consumos tiveram de ser extrapolados e estimados, tais como os consumos totais da rede, os consumos domésticos horários e os caudais de perdas. Essas estimativas serão explicadas nos pontos subsequentes da presente redacção. Ressalva-se ainda que, apesar deste facto, o método de cálculo a seguir deverá ser semelhante ao que se apresenta e, por isso, constitui um guia e uma fonte de informação que se crê fiável para posteriores extrapolações na rede em estudo, aquando de medições e obtenção de dados de consumo reais.

É de notar, que o processo de calibração que aqui se trata é apenas um primeiro passo para a calibração completa do modelo, sendo que este consiste apenas em distribuir os consumos médios pela rede de abastecimento, de forma representativa da realidade, tendo em conta os dados da facturação georreferenciada. A calibração completa do modelo consistirá na elaboração de mais etapas tais como distribuir a pressão ao longo da rede de acordo com possíveis medições feitas em locais específicos da ZMC, representar o escoamento de caudais semelhante ao que sucede na realidade, etc.

4.3.1 - Determinação do Consumo Total da Rede

Sucintamente, sabe-se que o valor do consumo total da rede de abastecimento ($Q_{total\ rede}$) engloba os valores dos consumos dos grandes consumidores (Q_{GC}), dos consumos domésticos ($Q_{cons\ dom}$) e dos valores dos caudais das perdas reais ($Q_{perdas\ reais}$).

$$Q_{total\ rede} = Q_{GC} + Q_{cons\ dom} + Q_{perdas\ reais}$$

A determinação os caudais totais consumidos numa rede de abastecimento é possível através de medições feitas num período de tempo alargado (idealmente superior a um ano de exploração).

No entanto, para a ZMC em estudo nesta dissertação, esses valores não puderam ser obtidos pois as obras de implementação da câmara de manobras, com o medidor de caudal e a VRP, que possibilitariam a medição do caudal afluente à zona de controlo e das pressões da rede, não foram executadas no período de tempo em que esta dissertação foi realizada. Assim sendo, e para que o trabalho não ficasse penalizado por este factor externo, foram arbitrados valores do consumo total da rede tendo por base os factores horários e os perfis de consumo de outras zonas exploradas pela INDAQUA Matosinhos idênticas à zona em estudo. Como as tipologias de consumo, das redes e dos reservatórios são semelhantes pode

acreditar-se que os dados reais medidos na ZMC MTARR224 não serão muito díspares dos que aqui se apresentam, a título de exemplo. Aquando da implementação desta ZMC pela EG poderão ser introduzidos os valores reais correspondentes às medições feitas nessa área, sendo o restante procedimento em tudo igual ao que aqui se expõe.

Na tabela 5, e no gráfico 6, apresentam-se os valores arbitrados para os consumos totais da rede de abastecimento.

Tabela 5 - Consumos Totais da Rede de Abastecimento.

<i>Hora</i>	<i>Q_{total rede} (l/s)</i>
1	18,86
2	15,48
3	13,06
4	10,97
5	11,01
6	10,59
7	10,90
8	13,67
9	22,04
10	29,14
11	26,91
12	27,07
13	26,24
14	27,36
15	26,72
16	27,54
17	22,59
18	20,06
19	19,70
20	21,11
21	23,68
22	26,26
23	24,10
24	21,66
Médias	20,70

Calculou-se ainda a média do $Q_{total\ rede}$ obtendo-se um valor de 20,70 l/s.

Através da análise da tabela 5 pode-se verificar que o consumo total mínimo ocorre na sexta hora, isto é, no período entre as 5h00m e as 5h59m do dia 17/05/2012. O valor correspondente ao $Q_{total\ rede}$ na hora de menor consumo é, então, de 10,59 l/s.

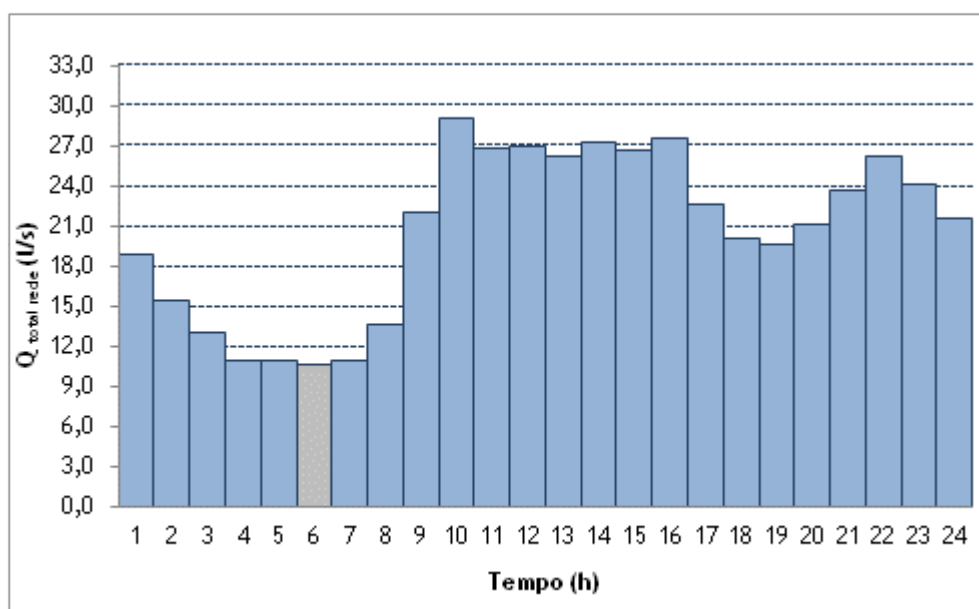


Gráfico 6 - Consumo Total Horário da Rede de Abastecimento.

Este valor mínimo que se estimou, tendo em conta outros valores que não os reais da ZMC em estudo, pode ser posteriormente obtido para os dados reais aquando da instalação e das medições feitas através do medidor de caudal à entrada da zona de controlo.

4.3.2 - Determinação do Caudal Total Consumido pelos Grandes Consumidores

Para a determinação do caudal total consumido pelos denominados GC, pertencentes à ZMC em estudo, foi necessário retirar da base de dados em SAP da EG os valores dos seus consumos individualizados. Esses dados foram obtidos para o período de exploração do *datalogger* instalado em cada um desses mesmos locais de consumo e, por isso, a informação obtida foi bastante extensa, pois para cada dia de exploração são obtidos valores horários.

Trataram-se então os dados obtidos para o dia em estudo (17/05/2012), para cada um dos quatro GC, obtendo-se os valores reais dos seus consumos horários, expostos na tabela 6 e representados nos gráficos 7, 8, 9 e 10. Ainda se calcularam os valores do consumo total horário por parte deste tipo de clientes, também apresentados na tabela 6 e posteriormente representados no gráfico 11.

Tabela 6 - Consumos Horários e Totais dos Grandes Consumidores da Rede de Abastecimento.

HORA	Q_{GC} (l/s)				
	Hotel Holiday Inn	Terminal de Petroleiros (APDL)	Terminal de Roll-On/Roll-Off (APDL)	Terminal da Marina de Leixões (APDL)	TOTAL
1	0,1508	0,0328	0,0278	0,3778	0,5892
2	0,1517	0,0278	0,0278	0,2167	0,4239
3	0,1675	0,0278	0,0556	0,2500	0,5008
4	0,2178	0,0372	0,0556	0,2139	0,5244
5	0,1367	0,0292	0,0556	0,5528	0,7742
6	0,0575	0,0322	0,1389	0,4250	0,6536
7	0,0469	0,0939	0,1111	0,3417	0,5936
8	0,0436	0,0319	0,3056	0,4611	0,8422
9	0,0428	0,0369	0,3611	0,4361	0,8769
10	0,0733	2,7514	0,9167	0,4778	4,2192
11	0,1058	2,8519	0,5833	0,2944	3,8356
12	0,1208	2,8561	0,6111	0,5500	4,1381
13	0,1453	2,8719	0,1389	0,5056	3,6617
14	0,1717	2,8881	0,3611	0,5667	3,9875
15	0,1964	2,5942	0,2500	0,3000	3,3406
16	0,3956	0,0122	0,5556	1,5250	2,4883
17	0,6250	0,0522	0,4167	0,1500	1,2439
18	0,2306	0,1358	0,0556	0,0833	0,5053
19	0,0683	0,0078	0,0278	0,0722	0,1761
20	0,0786	0,0661	0,1667	0,0750	0,3864
21	0,0994	0,0089	0,1944	0,0694	0,3722
22	0,1064	0,0172	0,4444	0,0694	0,6375
23	0,1197	0,0189	0,2222	0,0750	0,4358
24	0,1406	0,0156	0,1944	0,0806	0,4311
Médias	0,1539	0,7291	0,2616	0,3404	1,4849

Analisando a tabela 6 constata-se que na hora de menor consumo total da rede de abastecimento (sexta hora), o valor correspondente ao Q_{GC} total é de 0,6536 l/s.

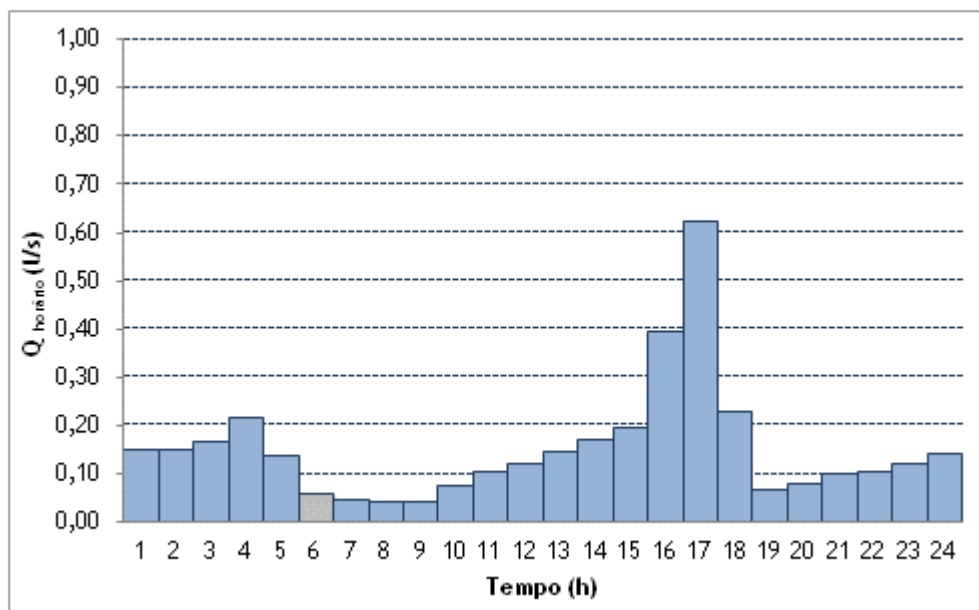


Gráfico 7 - Consumo Horário do Hotel Holiday Inn.

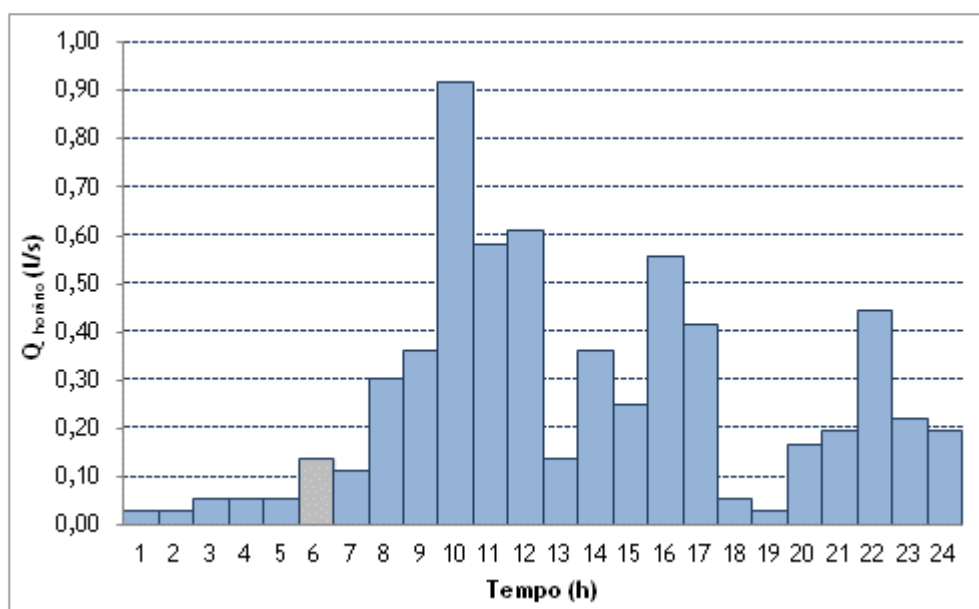


Gráfico 8 - Consumo Horário do Terminal de Roll-On/Roll-Off (APDL).

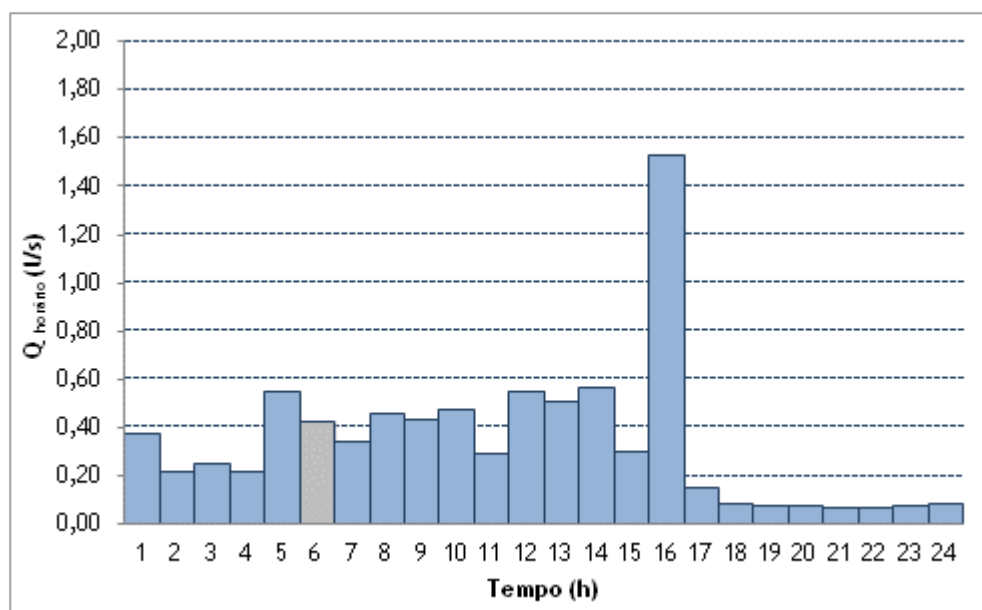


Gráfico 9 - Consumo Horário do Terminal da Marina de Leixões (APDL).

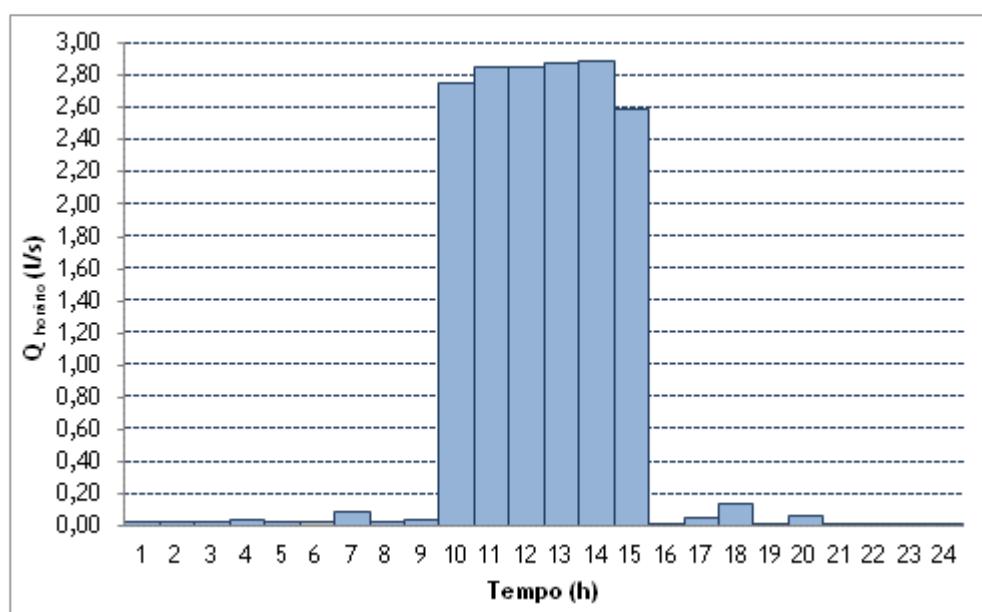


Gráfico 10 - Consumo Horário do Terminal de Petroleiros (APDL).

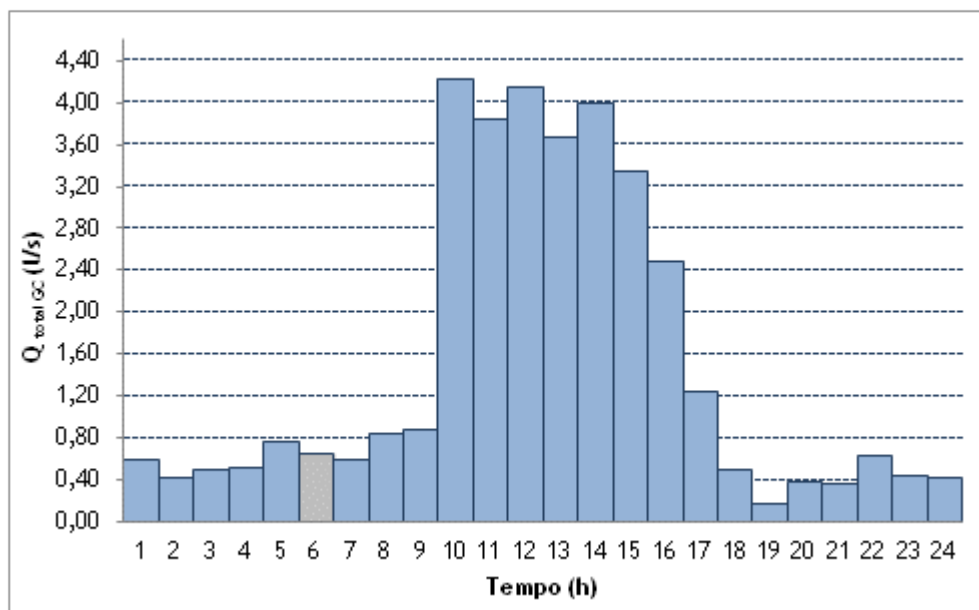


Gráfico 11 - Consumo Total dos Grandes Consumidores da Rede de Abastecimento.

4.3.3 - Determinação do Caudal Relativo à Hora de Menor Consumo Doméstico

Durante o período nocturno o consumo doméstico é mínimo e, pode admitir-se, que o volume de água utilizado pelos clientes é ínfimo. Assim sendo, e fazendo essa simplificação, pode considerar-se que o volume contabilizado pelas EG nesse período é correspondente a perdas reais, ou seja, a eventuais fugas e rupturas na rede de abastecimento.

É estimado, usualmente, um consumo doméstico de cerca de 2 l/h por cada contador pertencente ao SAA considerado. No caso em estudo, existem 4 066 contadores, o que perfaz um valor para o consumo doméstico mínimo de 8 132 l/h, ou seja, cerca de 2,26 l/s.

Sabe-se ainda que o consumo médio facturado na ZMC MTARR224 é, como foi referido anteriormente, cerca de 16 l/s. Dividindo o consumo de água na hora de menor consumo arbitrado pelo consumo médio facturado obteve-se um valor de 0,1413 para o factor horário desse mesmo período.

4.3.4 - Determinação do Caudal de Perdas Máximo

O caudal de perdas máximo foi calculado para o pior cenário que pode ocorrer num SAA, ou seja, é o valor que se obtém subtraindo ao consumo total mínimo da rede o consumo mínimo nocturno (hora de menor consumo doméstico) e o consumo total dos grandes consumidores a essa mesma hora.

Assim sendo o valor do caudal de perdas na hora de menor consumo é:

$$Q_{perdas} = 10,59 - 2,26 - 0,6536 = 7,68 \text{ l/s}$$

Neste ponto do trabalho, foi atingida a fase de calibrar os dispositivos emissores (situados nos nós da rede) do modelo hidráulico por forma a originar o caudal total de perdas calculado anteriormente, e para que este ficasse preparado para gerar perdas de água a qualquer hora do dia, em função das oscilações de pressão induzidas pelas variações dos consumos dos GC e domésticos.

Para essa calibração tornou-se necessário recorrer novamente ao programa MATLAB, criando um ficheiro *cpp* com um caudal de perdas da ordem dos 7,68 l/s num instante entre as 5h00m e as 5h59m (neste caso estipulou-se às 5h36m). Após executar o programa importou-se o ficheiro obtido para o EPANET. Depois de simular a circulação de água no EPANET verificou-se que o caudal total mínimo da rede correspondia ao obtido anteriormente (10,59 l/s).

Em seguida tiveram de se estimar os valores dos consumos domésticos horários, (procedimento que será explicado no ponto seguinte).

4.3.5 - Determinação dos Consumos Domésticos Horários

Como não foi possível fazer as medições dos consumos domésticos horários da rede de abastecimento em estudo, como aconteceu para os GC, os seus valores tiveram de ser estimados. Ora essa estimativa processou-se através de um método iterativo que se resume nas seguintes etapas:

1. Arbitrar um caudal de perdas para a primeira hora;
2. Subtrair ao caudal total da rede o caudal dos GC (ambos relativos à primeira hora do dia também) e o caudal de perdas arbitrado em (1). Desta forma obtém-se o valor do consumo doméstico na primeira hora;
3. Calcular o FH do consumo doméstico a essa hora, dividindo o valor obtido em (2) pelo consumo doméstico total facturado, considerado 16 l/s, já introduzido previamente no EPANET;
4. Introduzir o FH calculado em (3) no EPANET e, após executar o programa, verificar se o valor obtido para o caudal total da rede a essa hora é o mesmo que o medido à entrada da ZMC (no presente estudo foi estimado devido às razões expostas anteriormente);
5. Se os valores dos caudais totais da rede não forem iguais, voltar ao início do método iterativo, isto é, arbitrar um novo caudal de perdas. Se os valores coincidirem, avançar para a segunda hora procedendo-se da mesma forma, e assim sucessivamente até chegar à vigésima quarta hora do dia considerado.

Deste modo conseguimos estimar os consumos horários domésticos, e os seus valores encontram-se na tabela 8, assim como os respectivos FH e os caudais de perdas arbitrados.

Tabela 7 - Consumos Horários Domésticos, FH e Caudais de Perdas Arbitrados.

<i>Hora</i>	<i>Q_{dom total} (l/s)</i>	<i>FH</i>	<i>Q_{perdas reais} (l/s)</i>
1	10,62	0,6638	7,65
2	7,40	0,4623	7,66
3	4,89	0,3056	7,67
4	2,77	0,1728	7,68
5	2,56	0,1597	7,68
6	2,26	0,1410	7,68
7	2,63	0,1641	7,68
8	5,16	0,3224	7,67
9	13,53	0,8458	7,63
10	17,33	1,0832	7,59
11	15,47	0,9672	7,60
12	15,33	0,9582	7,60
13	14,98	0,9361	7,60
14	15,77	0,9858	7,60
15	15,78	0,9862	7,60
16	17,45	1,0907	7,60
17	13,72	0,8573	7,63
18	11,91	0,7447	7,64
19	11,88	0,7427	7,64
20	13,09	0,8184	7,63
21	15,69	0,9805	7,62
22	18,01	1,1258	7,61
23	16,04	1,0028	7,62
24	13,60	0,8499	7,63
Médias	11,58	1,0999	7,63

Com estes dados foi possível estimar as perdas reais, em percentagem do volume entrado no SAA em estudo:

$$\% \text{ Perdas} = \frac{Q_{\text{perdas reais}}}{Q_{\text{total rede}}} \times 100 = \frac{7,63}{20,70} \times 100 = 36,88 \%$$

Por fim, podemos visualizar, através do gráfico 12, todas as parcelas componentes do consumo total da rede de abastecimento relativas ao dia 17 de Maio de 2012.

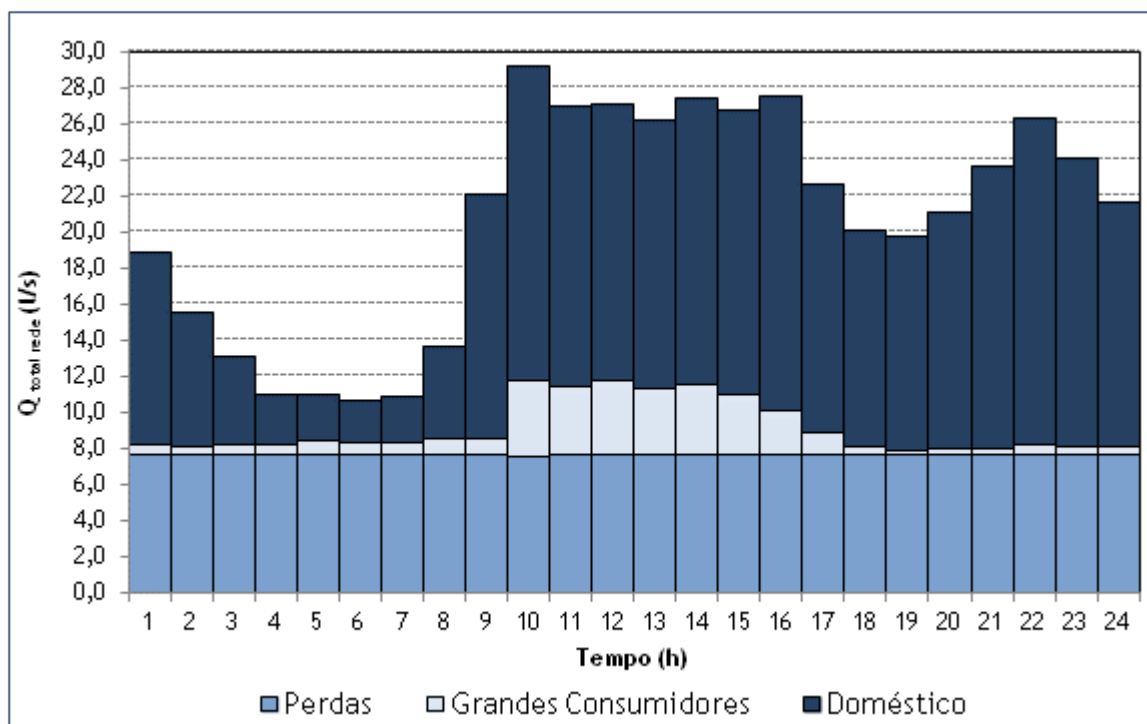


Gráfico 12 - Componentes do Consumo Total da Rede de Abastecimento Relativas ao Dia 17 de Maio de 2012.

Como tem vindo a ser referido ao longo desta dissertação, a alternativa seria tratar os consumidores domésticos como os GC, isto é, medindo e registando continuamente os seus consumos.

4.4 - Resultados Obtidos no EPANET

Após calibrar o modelo hidráulico, foi possível retirar do EPANET informação relativa a todas as componentes avaliadas no SAA. No caso desta dissertação as informações de maior interesse relacionam-se com as condições de pressão e escoamento de caudal na rede de abastecimento.

Na figura 4.2 apresenta-se o esquema da rede da ZMC já com os valores dos consumos calibrados.

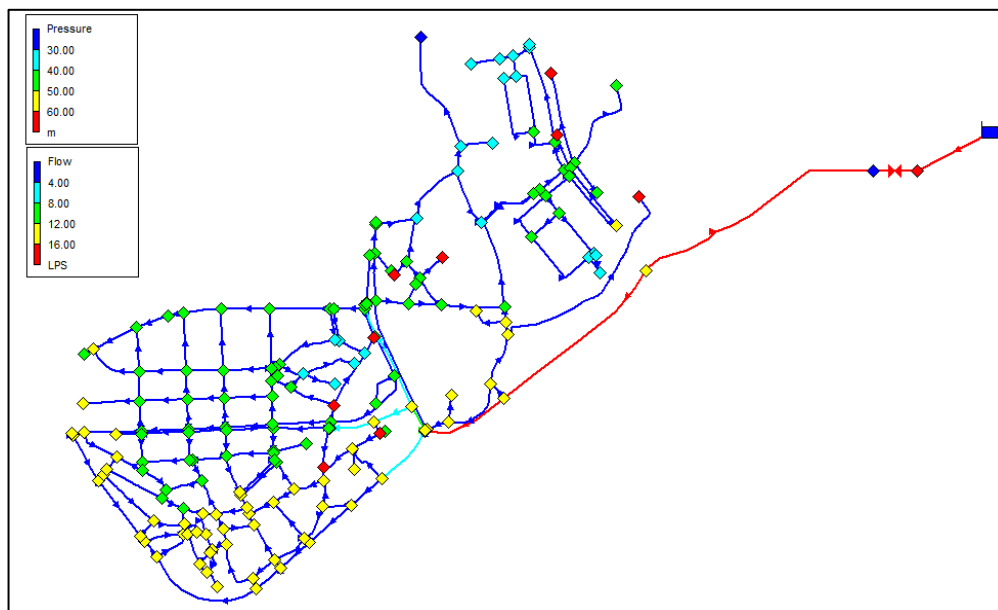


Figura 4.2 - Rede de Abastecimento da ZMC com os Valores das Pressões e do Escoamento Relativos ao Dia 17/05/2012 (Fonte: EPANET).

É, também, de extrema importância a observação do comportamento da rede face às diferenças de consumo e, a elas associadas, às oscilações da pressão. Relativamente a este factor deve garantir-se que a pressão regulada na VRP, à entrada da ZMC, é suficiente para abastecer todos os locais de consumo, inclusive os críticos, que se encontram a cotas mais elevadas. Neste caso, a VRP foi regulada para operar a 2,7 bar, sendo este valor também arbitrado à semelhança dos valores relativos aos consumos. Após a implementação da ZMC, este valor deverá ser ajustado conforme o comportamento da rede, visto que este parâmetro influencia todos os outros resultados.

Esta problemática é de grande interesse para as EG, pois caso a pressão seja insuficiente, ocorrerão reclamações por parte dos clientes, diminuindo a eficiência e a qualidade do serviço das instituições.

Outra vertente a ter em conta na verificação dos mapas de pressão da rede é o problema contrário ao mencionado no parágrafo anterior, ou seja, haver excesso de pressão nas condutas, o que acarretará mais perdas reais. O aumento da pressão provocará um maior desgaste dos componentes do SAA, e por isso, um aumento de eventuais rupturas, fissuras e fugas na malha da rede. Também o volume de água perdido através desses defeitos nas condutas será maior, quando os níveis de pressão forem mais elevados. Este factor afecta, também, a eficiência e eficácia das EG, pois quando a rede opera com valores de pressão acima do que seria necessário, existem maiores custos associados e menor qualidade de serviço.

Para poder avaliar estas componente para o caso em estudo, extraiu-se do EPANET, para o dia 17/05/2012, o mapa de pressão na rede no período de maior consumo (entre as 9h00m e as 10h00m), figura 4.3, a que correspondem os menores valores de pressão, e o mapa no período de menor consumo (entre as 5h00m e as 6h00m), ou seja, quando os níveis de pressão na rede de abastecimento serão maiores, figura 4.4.

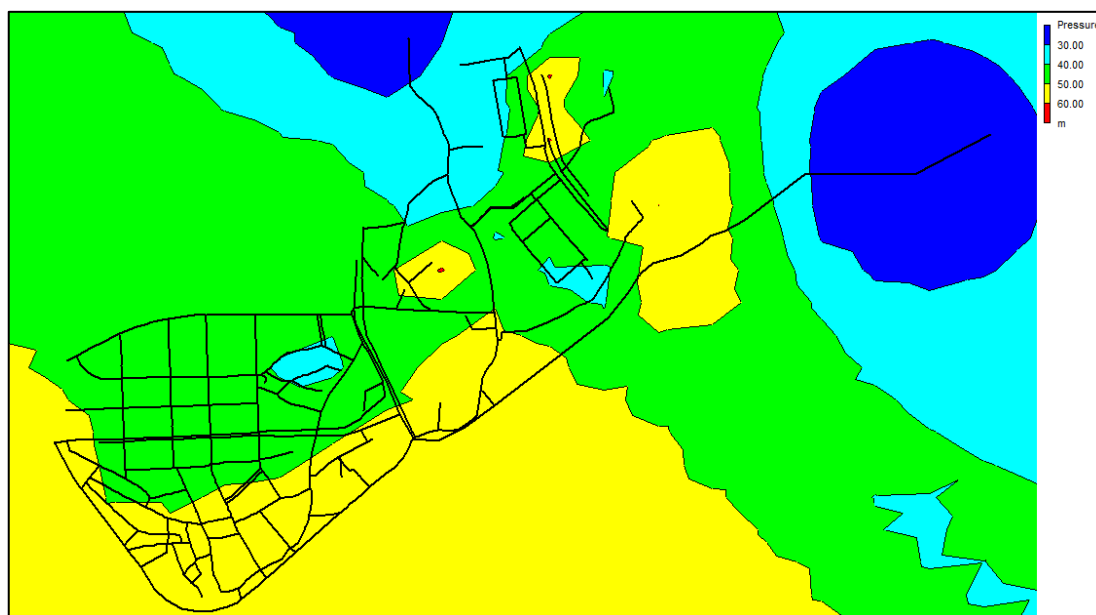


Figura 4.3 - Mapa das Pressões na Rede de Abastecimento para o Período de Maior Consumo (entre as 9h00m e as 10h00m) do Dia 17/05/2012 (Fonte: EPANET).

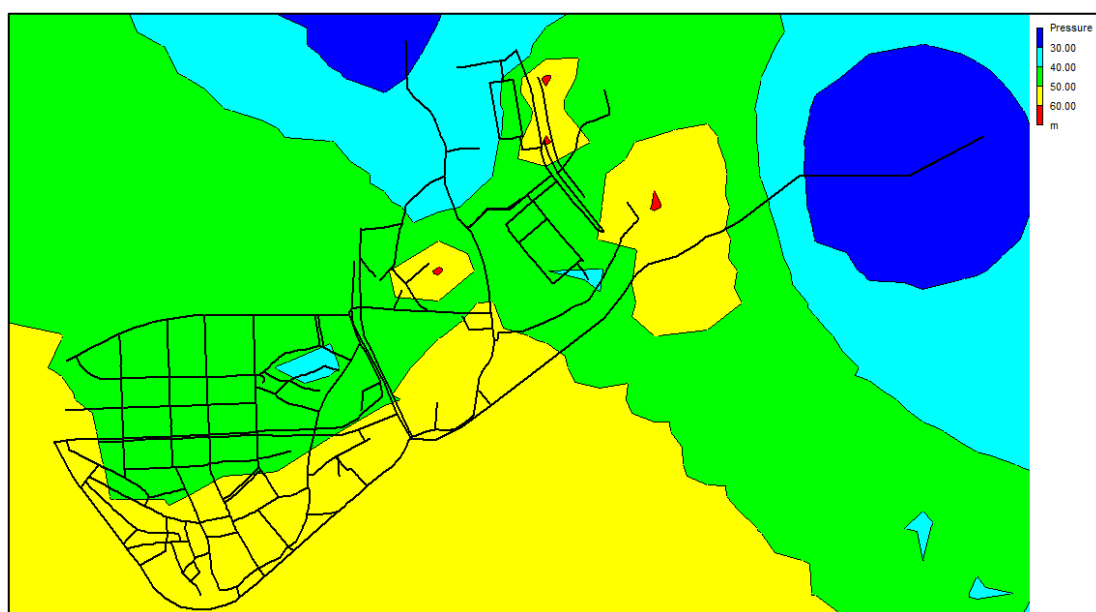


Figura 4.4 - Mapa das Pressões na Rede de Abastecimento para o Período de Menor Consumo (entre as 5h00m e as 6h00m) do Dia 17/05/2012 (Fonte: EPANET).

Através deste simulador hidráulico foi ainda possível observar o perfil diário de escoamento de caudal de água à saída do reservatório que abastece a ZMC. No caso em estudo, esses valores seriam os obtidos através do medidor de caudal que será instalado na câmara de manobras à entrada da ZMC. Na figura 4.5 apresenta-se o gráfico retirado do EPANET, para o dia em estudo no exemplo prático apresentado nesta dissertação.

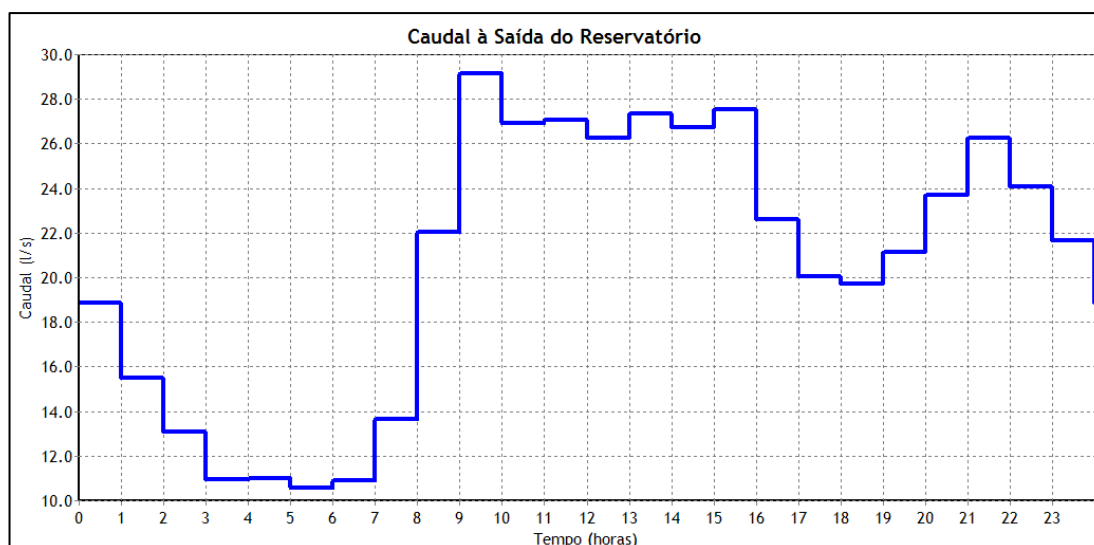


Figura 4.5 - Gráfico do Caudal à Saída do Reservatório Durante o Dia 17/05/2012 (Fonte: EPANET).

A análise pormenorizada a todos estes dados provenientes do EPANET para o caso prático em estudo serão feitas no ponto seguinte desta redacção.

4.5 - Análise dos Resultados Obtidos no EPANET

Analisar-se-á nesta fase os resultados obtidos e expostos no ponto 4.4 da presente dissertação.

Relativamente aos níveis de pressão a que a rede opera (VRP regulada para operar a 2,7 bar), pode verificar-se que para período de maior consumo (entre as 9h00m e as 10h00m), figura 4.3, a maioria dos locais de consumo abrangidos na ZMC serão abastecidos com pressões dentro dos limites legislados mencionados anteriormente (entre 26 e 60 m.c.a.). Existem apenas alguns locais da rede onde os valores da pressão poderão ser ligeiramente superiores a 60 m.c.a., mas sendo o desfasamento pouco significativo, podem considerar-se aceitáveis. No limite superior da ZMC os valores da pressão são próximos do valor mínimo legislado mas ainda assim estão de acordo com Decreto Regulamentar nº23/95. Como era de esperar, junto ao mar, a pressão terá valores superiores à maioria dos locais da rede, dado que as cotas são mais baixas.

Observando agora a figura 4.4, relativa ao período de menor consumo da rede (entre as 5h00m e as 6h00m), e por isso, no período de maiores pressões, pode verificar-se que não existem grandes discrepâncias relativamente ao período de maior consumo, podendo ser tiradas as mesmas ilações.

O facto de não haver grandes variações de um período para o outro, é devido ao sobredimensionamento da rede para os consumos actuais, o que faz com que não haja grandes oscilações de perdas de carga que façam com que a pressão varie de forma significativa.

Verificou-se ainda que, mesmo nas horas de maior consumo, a maior parte das condutas tem escoamento com velocidades inferiores a 0,2 m/s o que pode provocar problemas

relacionados com a qualidade da água. No entanto essa vertente não foi objecto de estudo na presente dissertação.

Relativamente à figura 4.5, referente aos valores do caudal à saída do reservatório virtual criado no EPANET, que correspondem na prática, aos valores que serão obtidos no medidor de caudal a instalar à entrada da ZMC, pode verificar-se o comportamento já previsto no ponto 4.3 deste trabalho. Ou seja, observa-se, de igual forma, que o período de menor consumo é entre as 5h00m e as 6h00m e que, analogamente, o período de maior consumo é entre as 9h00m e as 10h00m.

O perfil de consumo é o esperado teoricamente, isto é, existe um consumo mais reduzido durante a madrugada (entre as 5h00m e as 6h00m), quando as populações estão em menor actividade, e verificam-se dois picos de consumo, quando sobretudo o consumo doméstico aumenta, entre as 9h00m e as 10h00m e entre as 21h00m e as 22h00m.

4.6 - Sugestões de Melhoria do Funcionamento do SAA

Através da análise de resultados obtidos no EPANET, e considerando as condições operacionais em estudo já referidas ao longo de todo o trabalho, é possível concluir que não existem problemas relativos aos níveis de pressão e abastecimento da rede de distribuição da ZMC. No entanto, podem-se fomentar algumas hipóteses para diminuir os valores das perdas reais do sistema.

Como foi mencionado anteriormente na presente redacção, este tipo de perdas pode ser reduzido realizando, em simultâneo, dois procedimentos principais: o controlo activo de perdas e a gestão de pressão na rede de abastecimento.

O primeiro procedimento mencionado, consiste em vistoriar e controlar permanentemente o estado de funcionamento e de conservação das condutas da rede de distribuição, detectando fugas e reparando eventuais rupturas que possam existir nas condutas de forma rápida e eficaz. Desta forma, diminuem-se os volumes de água perdidos e os custos associados.

O segundo procedimento que se pode, e deve, realizar de modo a colmatar as perdas reais de água é a gestão de pressão na rede, tendo em conta que quanto maior for a pressão a que a rede se encontra a operar, maior será a probabilidade de formação de rupturas e maiores serão os volumes de água perdidos nas eventuais fugas que possam existir nas condutas.

No caso em estudo, este tipo de gestão pode ser executado através da redução da pressão na VRP instalada à entrada da ZMC. Após a câmara de manobras ser construída, e houver dados de medições reais disponíveis, a EG poderá averiguar se é possível diminuir a pressão a que a VRP está regulada para operar (neste caso, 2,7 bar). Diminuindo a pressão de entrada de água na ZMC, haverá uma diminuição geral na pressão em todas as condutas da rede. No entanto, essa diminuição geral poderá provocar problemas de falta de pressão nos locais a cotas superiores, sendo os seus valores próximos do limite mínimo legislado. Então, nesse caso, a pressão não poderá ser alterada na VRP, e os locais onde as cotas são menores, e as pressões são mais elevadas, continuarão a ter pressões que podem ser reduzidas. Assim sendo, poder-se-á executar um sub-zonamento, criando zonas seccionadas através de válvulas

redutoras de pressão e de seccionamento que poderão ser reguladas para que, nesses locais onde a pressão é superior, esta possa ser reduzida, criando, desta forma, patamares de pressão ao longo da rede da ZMC.

Estas alterações na rede modificam todo o comportamento do funcionamento da ZMC, sobretudo aos níveis das pressões, velocidades, qualidade da água, etc. Essas variações podem ser verificadas e avaliadas através do modelo calibrado criado nesta dissertação, não acarretando custos e riscos adicionais à EG, nem provocando incómodo à população residente.

Capítulo 5

Neste último capítulo apresentam-se as conclusões relativas à dissertação elaborada no âmbito do MIEA da FEUP, em regime empresarial, na empresa INDAQUA MATOSINHOS - Gestão de Águas de Matosinhos, S.A. O tema abordado foi a Implementação e Monitorização de uma ZMC no SAM, mais concretamente denominada de MTARR224, situada na freguesia de Leça da Palmeira.

5.1 - Conclusões Gerais

Devido à necessidade permanente de água, foram criados pelo Homem, sistemas de abastecimento e de distribuição de água, compostos pelo reservatório e pela rede de distribuição, que devem ser devidamente dimensionados.

Este bem deve ser utilizado de forma sustentável, o que nem sempre se verifica. O BH é, por exemplo, uma ferramenta capaz de dar informação acerca da gestão deste recurso natural, e permite conhecer a distribuição de perdas de água e dos consumos no sistema.

As perdas de água podem ser classificadas como perdas aparentes ou reais, consoante a água é consumida mas não facturada pela EG ou simplesmente não é consumida devido a possíveis fugas na malha da rede de distribuição. Como entidades que pretendem lucro (ou praticar tarifas mais baixas, no caso dos serviços municipalizados), as EG fomentam políticas para a sua redução. As perdas aparentes são mais difíceis de administrar pois estão relacionadas com a conduta humana ou com problemas técnicos relativos aos contadores, já as perdas reais são mais controláveis, visto que se referem às condições de funcionamento dos SAA, e podem ser reduzidas com medidas como a gestão de pressão na rede e o controlo activo de perdas.

De modo a poder controlar os caudais, e as perdas num SAA, as EG podem ainda dividir a sua rede de distribuição por ZMC, verificando as entradas e saídas de água e estimando os consumos. O processo de implementação desta medida de gestão engloba duas etapas: a concepção (na qual se faz um planeamento preliminar do sistema de medição zonada e uma simulação hidráulica das ZMC, averiguando a viabilidade do sistema) e a instalação (na qual são feitos o levantamento das condições do local, a eleição dos pontos de medição, a

selecção e obtenção de *dataloggers*, as obras de construção e de instalação dos medidores de caudal e, por fim, a verificação do sistema).

Numa primeira abordagem este tipo de zonas é criado para detectar e avaliar as perdas de água e, posteriormente pode ser utilizado para melhorar o problema da sua redução.

Neste processo de zonamento o controlo de perdas é executado com base nos métodos volumétrico e dos caudais nocturnos, e a regulação de pressão é feita usualmente com a instalação, à entrada da ZMC, de uma VRP.

Assim, conclui-se que a modelação de uma rede de distribuição de água é indispensável para analisar o seu comportamento nas diversas situações de funcionamento, permitindo dimensioná-la, configurá-la e alterá-la conforme as necessidades.

Para a realização desse trabalho pode utilizar-se o programa de modelação hidráulica EPANET que permite, também, fundamentar decisões, não acarretando os riscos e custos que essas simulações teriam se fossem testadas localmente. A utilização deste programa consiste em desenhar um esquema do SAA, editar as propriedades e formas de operação dos seus constituintes, definir as opções de simulação, simular um cenário e obter os seus resultados. Na FEUP foi desenvolvido, no programa iterativo MATLAB, um conjunto de funções que permitem elaborar diversos cálculos e trocar informação com o EPANET. Ambos os programas mencionados foram aplicados na execução desta dissertação.

A ZMC MTARR224 é abastecida pelo reservatório da Cruz de Pau. Sabe-se, através dos dados facturados entre Março de 2011 e Fevereiro de 2012, que existem cerca de 4 000 locais de consumo doméstico e quatro GC (Holiday Inn Hotels e três terminais da APDL).

Estava prevista a construção de uma câmara de manobras, à entrada da ZMC, ainda no período de realização desta dissertação, no entanto tal não foi concretizado. Nesse local serão instalados um medidor de caudal (*OPTIFLUX 2000*) e uma VRP (*HYDROBLOC*), com o objectivo de, após o estudo e a simulação hidráulica elaborados neste trabalho, poder controlar e adaptar as pressões da rede de abastecimento.

Para o caso em análise, a VRP criada no EPANET foi programada para operar a 2,7 bar. Também foi possível, através desse programa, definir as zonas eventualmente críticas no que respeita à pressão.

Para a modelação da rede, foi necessário obter informação relativa ao seu traçado e constituição, e dados referentes ao consumo dos seus clientes, podendo atribuí-lo a cada troço de conduta e, após ponderação, a cada nó. Desta forma, estimou-se o “peso” de cada nó no consumo total da rede.

As perdas na rede de abastecimento devem ser atribuídas aos nós, pois estes são os objectos configuráveis como dispositivos emissores no modelo do EPANET. Tendo este facto em consideração, distribuiu-se o caudal total de perdas por todos os nós da malha e, para isso, calcularam-se os coeficientes de ponderação de perdas (*c_{pp}*) de cada troço de conduta. Após obter os valores dos *c_{pc}* e *c_{pp}* foi possível recorrer ao MATLAB para criar um ficheiro que posteriormente se utilizou no EPANET de modo a obter um modelo calibrado, com a distribuição do caudal total de perdas pelos nós representativa da realidade.

No exemplo prático, desenvolvido e apresentado nesta dissertação, foi concebido um modelo hidráulico calibrado da rede em estudo, no EPANET, para o dia 17 de Maio de 2012, quinta-feira. Para este dia, apenas eram conhecidos os valores reais dos consumos dos GC

dessa área. Os consumos totais da rede, os consumos domésticos horários e os caudais de perdas consumos tiveram de ser extrapolados e estimados.

O arbítrio dos valores dos consumos totais da rede teve por base os factores horários e os perfis de consumo de outros locais semelhantes à zona em estudo. Após essa extrapolação calculou-se a média do caudal total, obtendo-se um valor de 20,70 l/s, e foi possível verificar que o consumo total mínimo ocorre na sexta hora do dia, ao qual corresponde um valor de 10,59 l/s. Analogamente, o período de maior consumo verifica-se entre as 9h00m e as 10h00m.

Após tratamento dos valores referentes aos consumos dos GC, cedidos pela empresa foi possível estimar o seu valor correspondente à hora de menor consumo total da rede, tendo-se alcançado o resultado de cerca de 0,6536 l/s.

O caudal de água consumido na hora de menor consumo foi calculado, tendo em conta a aproximação de 2 l/h por contador, obtendo-se o valor de 8 132 l/h, ou seja, 2,26 l/s.

O caudal de perdas máximo foi determinado para o pior cenário que pode ocorrer num SAA, subtraindo ao consumo total mínimo da rede, o consumo mínimo nocturno e o consumo total dos grandes consumidores a essa mesma hora. O resultado deste cálculo foi de 7,68 l/s.

Calibraram-se, também, os dispositivos emissores do modelo hidráulico por forma a originar o caudal total de perdas calculado, de modo a que este ficasse preparado para gerar perdas de água a qualquer instante, em função das oscilações de pressão induzidas pelas variações dos consumos. Para esse processo recorreu-se novamente ao programa MATLAB.

Relativamente aos valores dos consumos domésticos horários da rede, estes tiveram de ser estimados, através de um método iterativo.

Por fim, foi possível calcular a percentagem de perdas do SAA em estudo, obtendo-se um valor de 36,88%.

Para poder avaliar as condições de pressão e escoamento de caudal no SAA, retiraram-se do EPANET, para o dia escolhido, o mapa de pressão na rede nos períodos de menor e maior consumo (entre as 5h00m e as 6h00m e entre as 9h00m e as 10h00, respectivamente). Relativamente aos níveis de pressão a que a rede opera, constatou-se que não existem grandes diferenças entre os períodos referidos, tendo-se verificado que, para os dois cenários, os níveis de pressão estão de acordo com o legislado no Decreto Regulamentar nº23/95 (26 m.c.a. para o limite mínimo e 60 m.c.a. para o limite máximo). Como era expectável, junto ao mar, a pressão toma níveis mais elevados do que nos restantes locais da ZMC, visto que as cotas são mais baixas.

O facto de não existirem variações de pressão consideráveis nos períodos referidos, é devido ao sobredimensionamento da rede para os consumos actuais (que são bastante reduzidos), o que faz com que não haja grandes oscilações de perdas de carga.

Verificou-se ainda que as velocidades de escoamento são, na maior parte das condutas, inferiores a 0,2 m/s o que pode provocar problemas relacionados, sobretudo, com a qualidade da água. No entanto não foram retiradas mais conclusões acerca deste assunto pois essa vertente não foi objecto de estudo na presente dissertação.

Extraiu-se, ainda, do EPANET o gráfico relativo aos valores do caudal à saída do reservatório virtual criado, sendo possível confirmar as horas de ocorrência dos períodos de menor e maior consumo. Constatou-se, também, que o perfil de consumo enquadra-se no esperado para uma rede de abastecimento maioritariamente doméstico, ou seja, existe

consumo mais baixo durante a madrugada (entre as 5h00m e as 6h00m) e verificam-se dois picos de consumo, entre as 9h00m e as 10h00m e entre as 21h00m e as 22h00m.

Por fim, e de modo a fomentar uma melhoria do SAA, foram sugeridas medidas para colmatar as perdas reais da rede. Os procedimentos sugeridos foram controlar activamente as perdas e gerir a pressão na rede. Essa gestão pode ser realizada tentando diminuir o valor de pressão para o qual a VRP, à entrada da ZMC, foi regulada (neste caso, 2,7 bar). Ou então, caso isso não seja viável para toda a rede, ensaiar um sub-zonamento com instalação de válvulas redutoras de pressão e de seccionamento para diminuir a pressão nas zonas em que os seus níveis ainda o permitam, sem que no entanto se deixem de cumprir os valores legislados, e criando, desta forma, patamares de pressão ao longo da rede.

O modelo calibrado criado nesta dissertação constitui uma ferramenta que se crê útil para avaliar e verificar as implicações que estas variações que se sugeriram possam ter na ZMC, sem no entanto acarretar custos e riscos à EG e incómodo aos seus clientes.

A calibração do modelo e o exemplo referidos nesta dissertação basearam-se em valores estimados. No entanto, presume-se que esses dados serão próximos da realidade, e que quando a ZMC for implementada, e as respectivas medições forem executadas, os resultados obtidos sejam semelhantes aos que aqui se apresentaram.

- Esta página foi intencionalmente deixada em branco -

Referências

- [1] INDAQUA. Disponível em <http://www.indaqua.pt>.³
- [2] Eurico Zimbres. Disponível em <http://www.meioambiente.pro.br/agua/guia/ociclo.htm>.
- [3] Sanesul (2011). Disponível em <http://www.sanesul.ms.gov.br>.
- [4] ADNA - Águas do Norte Alentejano (2012). Disponível em <http://www.adna.com.pt>.
- [5] Decreto Regulamentar nº23/95 como o disposto no Diário da Republica a 23 de Agosto de 1995.
- [6] Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Campina Grande (2006). Disponível em <http://www.dec.ufcg.edu.br/saneamento/Redes001.html>.
- [7] DHV, S.A. Disponível em <http://www.dhv.pt/noticias/artigos/detalhes/50/Modelacao-de-redes-de-distribuicao-de-agua>
- [8] Alegre, H., Coelho, S.T., Almeida, M.C., Vieira, P. (2005). “Controlo de perdas de água em sistemas públicos de adução e distribuição”, ERSAR.
- [9] Martins, C.P. (2009). “Balanço hídrico e indicadores de desempenho no subsistema de abastecimento de água de São João de Lobrigos-Santa Marta de Penaguião”. Disponível em http://repositorio.utad.pt/bitstream/10348/266/1/msc_cpfmartins.pdf, UTAD.
- [10] Costa, R.F. (2010). “Balanço hídrico em gestão de controle de perdas”. Disponível em [http://www.centropaulasouza.sp.gov.br/pos-graduacao/workshop-de-pos-graduacao-e-pesquisa/anais/2010/Trabalhos/gestao-e-desenvolvimento-de-tecnologias-ambientais/Trabalhos%20Completos/COSTA,%20Robson%20Fontes%20da%20\(1\).pdf](http://www.centropaulasouza.sp.gov.br/pos-graduacao/workshop-de-pos-graduacao-e-pesquisa/anais/2010/Trabalhos/gestao-e-desenvolvimento-de-tecnologias-ambientais/Trabalhos%20Completos/COSTA,%20Robson%20Fontes%20da%20(1).pdf), Centro Paula Souza.

³ Nota: Os sítios da internet referenciados foram acedidos regularmente durante todo o período de elaboração desta dissertação (de Fevereiro a Julho de 2012).

- [11] Martins, Joaquim Poças (2011). “Redução de Perdas - Gestão da Mudança e Sustentabilidade em Sistemas de Abastecimento de Água”, FEUP.
- [12] BAYARD. Apresentação “Gestion de la pression”. 2012.
- [13] BAYARD. Apresentação “Protection et regulation des reseaux d’eaux claires”. 2012.
- [14] Henriques, J.D., Pires da Palma, J.C., Ribeiro A.S. (2006). “Medição de caudal em sistemas de abastecimento de água e de saneamento de águas residuais urbanas”, ERSAR.
- [15] ZEBEN (2012). Disponível em <http://www.zeben.pt/site.php?Tipo=8&IDPag=18186>.
- [16] LNEC - Laboratório Nacional de Engenharia Civil (2011). “Simulação hidráulica e de parâmetros de qualidade em sistemas de transporte e distribuição de água”. Disponível em <http://epanet.lnec.pt/>
- [17] Rossman, L.A. (2004). “Manual do Utilizador do EPANET 2.0”, ERSAR e LNEC.
- [18] Math Works. Disponível em <http://www.mathworks.com/products/matlab>.
- [19] Alegre, H., Coelho, S.T., Almeida, M.C., Vieira, P. (2009). “Sistema de avaliação da qualidade dos serviços de águas e resíduos prestados aos utilizadores”, ERSAR. Guia 12
- [20] Leça da Palmeira - A freguesia. Disponível em <http://www.leca-palmeira.com>.
- [21] Instituto Superior Técnico (2010). “Sistemas de abastecimento e distribuição de água - Reservatórios”. Disponível em https://dspace.ist.utl.pt/bitstream/2295/904619/1/S02_AT_Aulas%20Reservatorios_2010_2011.pdf
- [22] AdDP - Águas do Douro e Paiva (2007). Disponível em <http://www.addp.pt/pt/consumos.php?ref=matosinhos>.
- [23] KROHNE. Ficha técnica do *OPTIFLUX 2000*. (2007).
- [24] KROHNE. Ficha técnica do *OPTIFLUX 2000*. (2005).
- [25] Decreto-Lei n.º 71/2011 como o disposto no Diário da República a 16 de Junho de 2011.
- [26] BAYARD. Apresentação “La vanne de regulation - Gamme Hydrobloc”. (2012).
- [27] BAYARD. Ficha técnica *Hidraulic control Valves - Hydrobloc Sistem*. (2000).
- [28] BAYARD. Ficha técnica *Vanne de Regulation - Hydro Limiteur de Debit*. (2000).

Anexos

Anexo A - Quadros Presentes no Guia Técnico 9 da ERSAR Para o Dimensionamento Hidráulico dos Caudalímetros Electromagnéticos.

Quadro B - CE Tubulares: Gama Recomendável de Valores da Relação entre Diâmetros Interiores do Primário e da Conduta Principal para o Caudal Médio de Dimensionamento.

Velocidade média do escoamento na conduta principal U_c (m s ⁻¹)	Relação entre as velocidades médias do escoamento na conduta principal e no primário* $\frac{U_c}{U}$	Relação entre os diâmetros interiores do primário e da conduta principal $\frac{D}{D_c}$
1,0	0,22	0,47
1,1	0,24	0,49
1,2	0,27	0,52
1,3	0,29	0,54
1,4	0,31	0,56
1,5	0,33	0,58
1,6	0,36	0,60
1,7	0,38	0,61
1,8	0,40	0,63
1,9	0,42	0,65
2,0	0,44	0,67

Quadro C - CE Tubulares: Correspondências Recomendáveis entre Velocidades Médias do Escoamento no Primário e na Conduta Principal (para o Caudal Médio de Dimensionamento) em Função das Relações entre os Respetivos Diâmetros Interiores

Velocidade média do escoamento na conduta principal U_c (m s ⁻¹)	Velocidade média do escoamento no primário U (m s ⁻¹)			
	$\frac{D}{D_c} = 0,50$	$\frac{D}{D_c} = 0,55$	$\frac{D}{D_c} = 0,60$	$\frac{D}{D_c} = 0,65$
1,0	4,0	3,3	2,8	2,4
1,1	4,4	3,6	3,1	2,6
1,2	4,8	4,0	3,3	2,8
1,3	5,2	4,3	3,6	3,1
1,4	5,6	4,6	3,9	3,3
1,5	6,0	5,0	4,2	3,6
1,6	6,4	5,3	4,4	3,8
1,7	6,8	5,6	4,7	4,0
1,8	7,2	6,0	5,0	4,3
1,9	7,6	6,3	5,3	4,5
2,0	8,0	6,6	5,6	4,7

Quadro D - CE Tubulares: Correspondências entre Diâmetros Nominais do Primário e da Conduta Principal em Função das Relações entre os Respectivos Diâmetros Interiores.

Diâmetro nominal da conduta principal	Diâmetro nominal do primário			
	$\frac{D}{D_c} = 0,50$	$\frac{D}{D_c} = 0,55$	$\frac{D}{D_c} = 0,60$	$\frac{D}{D_c} = 0,65$
DN 50	DN 25	DN 25	DN 32	DN 32
DN 65	DN 32	DN 32	DN 40	DN 40
DN 80	DN 40	DN 40	DN 50	DN 50
DN 100	DN 50	DN 50	DN 65	DN 65
DN 125	DN 65	DN 65	DN 80	DN 80
DN 150	DN 80	DN 80	DN 80 ou DN 100	DN 100
DN 200	DN 100	DN 100	DN 125	DN 125
DN 250	DN 125	DN 125 ou DN 150	DN 150	DN 150
DN 300	DN 150	DN 150	DN 200	DN 200
DN 350	DN 200	DN 200	DN 200	DN 250
DN 400	DN 200	DN 200	DN 250	DN 250
DN 500	DN 250	DN 300	DN 300	DN 300 ou DN 350
DN 600	DN 300	DN 350	DN 350	DN 400
DN 700	DN 350	DN 400	DN 400	DN 500
DN 800	DN 400	DN 400	DN 500	DN 500
DN 900	DN 500	DN 500	DN 500	DN 600
DN 1000	DN 500	DN 500 ou DN 600	DN 600	DN 600 ou DN 700
DN 1200	DN 600	DN 700	DN 700	DN 800
DN 1400	DN 700	DN 800	DN 800	DN 900
DN 1600	DN 800	DN 900	DN 1000	DN 1000
DN 1800	DN 900	DN 1000	DN 1100	DN 1200
DN 2000	DN 1000	DN 1000 ou DN 1200	DN 1200	DN 1200 ou DN 1400

Anexo B - Dimensionamento do Elemento Primário de um Caudalímetro Electromagnético.

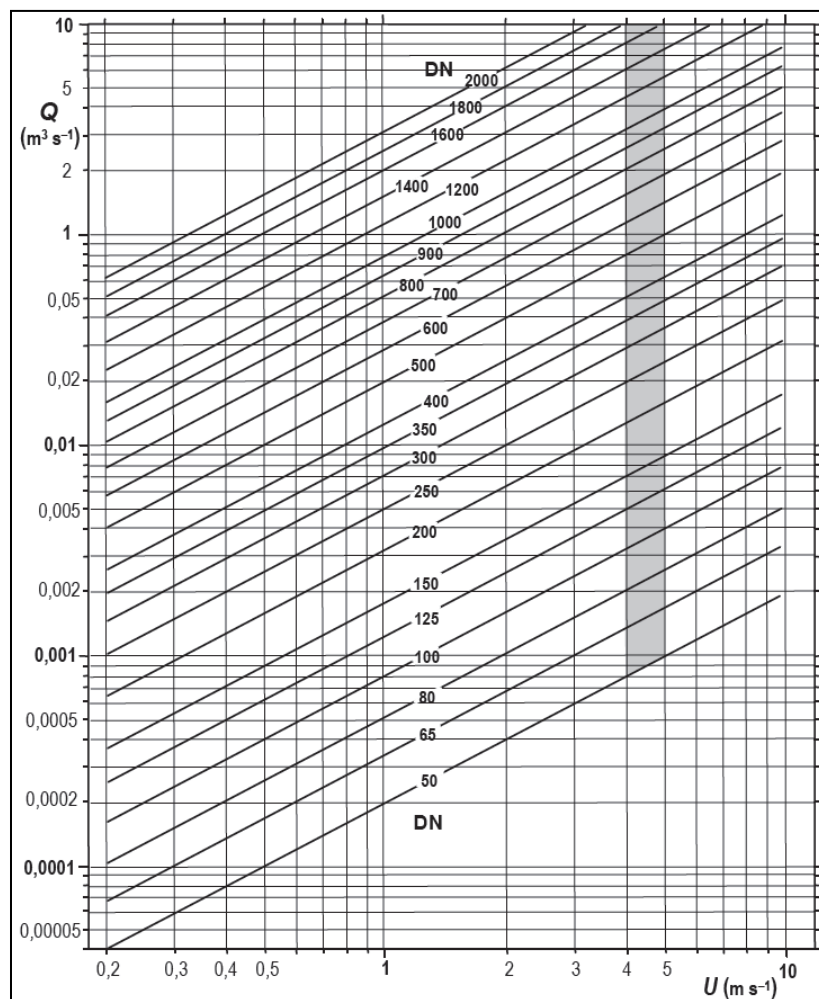


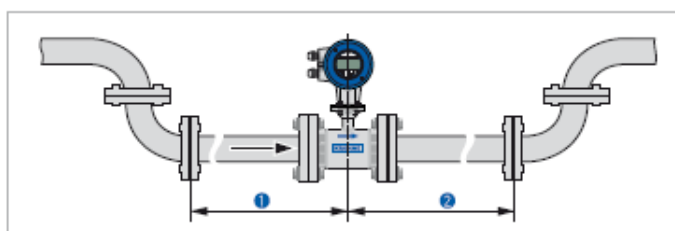
Figura A - Ábaco de dimensionamento do primário tubular, ou da conduta de instalação do primário, de um medidor de caudal.

Anexo C - Características Técnicas do OPTIFLUX 2000 (a)

OPTIFLUX 2000

Technical data

Installation conditions



- ① $\geq 5DN$
② $\geq 2DN$

Further installation conditions can be found in the Quick Start document.

Nominal diameter	VN14										VN15								VN16							
ASME [inch]	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"	5"	6"	8"	10"	12"	14"	16"	18"	20"	24"	28"	32"	36"	40"	48"	56"	64"	72"	80"
DN [mm]	25	32	40	50	65	80	100	125	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800	900	1000	1200	1400	1600	1800	2000

Nominal flange pressure

EN 1092-1 - PN 40																								
EN 1092-1 - PN 25																								
EN 1092-1 - PN 16																								
EN 1092-1 - PN 10																								
EN 1092-1 - PN 6																								
ISO insertion length																								
ASME B16.5 - 150 lbs RF																								
ASME B16.5 - 300 lbs RF																								
ASME B16.5 - 600 lbs RF																								
ASME B16.5 - 900 lbs RF																								
ASME B16.5 - 1500 lbs RF																								
AWWA - class B or D FF																								
JIS 10 K																								
JIS 20 K																								
Larger than DN 2000 / ASME 80" on request																								
AWWA flanges, DN 700 - 1000 / ASME 28" - 40" ≤ 10 bar																								
AWWA flanges, DN 1200 - 2000 / ASME 48" - 80" ≤ 6 bar																								

OPTIFLUX 2000

Nominal diameter	VN14										VN15										VN16									
ASME [inch]	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"	5"	6"	8"	10"	12"	14"	16"	18"	20"	24"	28"	32"	36"	40"	48"	56"	64"	72"	80"				
DN [mm]	25	32	40	50	65	80	100	125	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800	900	1000	1200	1400	1600	1800	2000				

Liner

Polypropylene																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													</
---------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----

Electrodes

Hastelloy C4																															
Stainless steel 1,4571 (AISI 316 Ti)																															
Titanium																															

Grounding rings

Hastelloy C4																															
Stainless steel 1,4571 (AISI 316 Ti)																															
Titanium																															

Flanges

Steel 1.0460 (C 22,8)																															
Steel 1.0038 (RSt37-2)																															
Stainless steel 1.4404 (AISI 316 L)																															
Stainless steel 1.4571 (AISI 316 Ti)																															

Materials

Measuring tube - austenitic stainless steel																															
Housing (polyurethane coated) sheet steel																															
Housing stainless steel																															
Die-cast aluminium connection box (polyurethane coated)																															
Stainless steel connection box																															
	Other materials on request																														

OPTIFLUX 2000

Nominal diameter	VN14								VN15								VN16									
ASME [inch]	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"	5"	6"	8"	10"	12"	14"	16"	18"	20"	24"	28"	32"	36"	40"	48"	56"	64"	72"	80"
DN [mm]	25	32	40	50	65	80	100	125	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800	900	1000	1200	1400	1600	1800	2000

Protection category

IP 66 / 67 eq. NEMA 4/4X / 6																											
IP 68 field eq. NEMA 6P																											
IP 68 factory eq. NEMA 6P																											

Approvals

Non-Ex																											
EEx zone 1 / 2																											
FM - class I div. 2																											
CSA - GP																											
CSA - class I div. 2																											
SAA - Aus Ex zone 2																											
TIIS - zone 2																											
Please note the approvals are for flow sensors only.																											

Versions

Compact + IFC 300 C																											
Separate + IFC 300 F, R, W																											
Compact + IFC 010 C																											
Separate + IFC 010 W																											

Electrical conductivity

Min. conductivity	min. 20 µS/cm
-------------------	---------------

■ standard ■ optional □ on request

OPTIFLUX 2000

Measuring accuracy

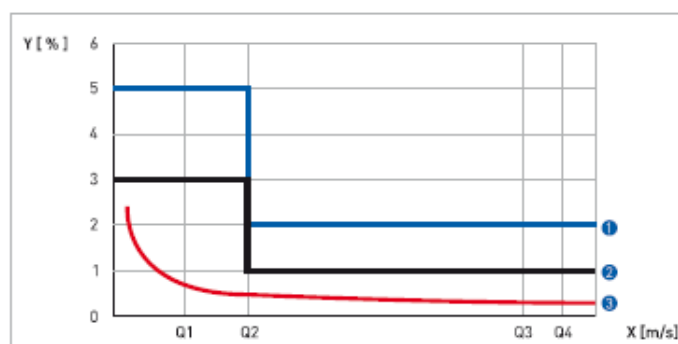


Figure 4-1: X (Flow velocity [m/s]); Y (Inaccuracy [%])

- ① Demands according to EN 14154 OIML R-49 class 2
- ② Demands according to EN 14154 OIML R-49 class 1
- ③ OPTIFLUX 2000

Temperature range

	Process [°C]		Ambient [°C]	
	min.	max.	min.	max.

Hardrubber

Separate flow sensor (OPTIFLUX 2000 F)	-5	80	-40	65
Compact with IFC 300 (OPTIFLUX 2300 C)	-5	80	-40	65
Compact with IFC 010 (OPTIFLUX 2010 C)	-5	80	-25	60

Polypropylene

Separate flow sensor (OPTIFLUX 2000 F)	-5	90	-40	65
Compact with IFC 300 (OPTIFLUX 2300 C)	-5	90	-40	65
Compact with IFC 010 (OPTIFLUX 2010 C)	-5	90	-25	60
* Polypropylene available for DN 25 - 150				

OPTIFLUX 2000

	Process [°F]		Ambient [°F]	
	min.	max.	min.	max.

Hardrubber

Separate flow sensor (OPTIFLUX 2000 F)	23	176	-40	149
Compact with IFC 300 (OPTIFLUX 2300 C)	23	176	-40	149
Compact with IFC 010 (OPTIFLUX 2010 C)	23	176	-13	140

Polypropylene

Separate flow sensor (OPTIFLUX 2000 F)	23	194	-40	149
Compact with IFC 300 (OPTIFLUX 2300 C)	23	194	-40	149
Compact with IFC 010 (OPTIFLUX 2010 C)	23	194	-13	140
* Polypropylene available for ASME 1" - 6"				

Metrological performance

DN	Q1	Q2	Q3	R	Q4
	(Q3 / R)	(Q1 * 1,6)		(Q3 / Q1)	(Q3 * 1,25)
[mm]	[m3/hr]	[m3/hr]	[m3/hr]		[m3/hr]
25	0,04	0,064	16	400	20
32...40	0,063	0,1	25	400	31,3
50	0,1	0,16	40	400	50
65	0,16	0,25	100	630	125
80	0,25	0,41	160	630	200
100	0,4	0,63	250	630	313
125...150	0,63	1,02	400	630	500
200	1	1,6	1000	1000	1250
250	1,6	2,56	1600	1000	2000
300	2,5	4	2500	1000	3125
350	5	8	2500	500	3125
400...450	8	12,8	4000	500	5000
500...600	12,6	20,2	6300	500	7875
650...750	20	32	10000	500	12500
800...950	32	51,2	16000	500	20000
1000...1200	50	80	25000	500	31250
1300...1500	80	128	40000	500	50000
1600...1700	100	160	40000	400	50000
1800...2100	160	256	40000	250	50000
2200...2500	250	400	40000	160	50000
2600...3000	400	640	40000	100	50000

OPTIFLUX 2000

Vacuum load

Liner	Diameter	Minimum operating pressure absolute in mbar (abs) at process temperature			
	[mm]	20°C	40°C	60°C	80°C
Polypropylene	DN25...150	250	250	400	400
Hardrubber	DN200...300	250	250	400	400
	DN350...1000	500	500	600	600
	DN1200...3000	600	600	750	750

Liner	Diameter	Minimum operating pressure absolute in psia at process temperature			
	[inch]	68°F	104°F	140°F	176°F
Polypropylene	1...6"	3.6	3.6	5.8	5.8
Hardrubber	8...12"	3.6	3.6	5.8	5.8
	14...40"	7.3	7.3	8.7	8.7
	48...120"	8.7	8.7	10.9	10.9

Anexo D - Características Técnicas do OPTIFLUX 2000 (b)

OPTIFLUX 2000

El especialista para aguas puras y residuales

El sensor de caudal electromagnético OPTIFLUX 2000 es la solución óptima para las aplicaciones con aguas puras y residuales.

Su duración y fiabilidad a largo plazo le hacen perfecto para el mercado del agua.



Campos de aplicación

Industrias

- Aguas puras y residuales
 - redes de distribución y riego de agua
 - tratamiento de agua
 - Ingeniería ambiental
- Tratamiento de aguas residuales
 - municipal
 - papel y pulpa
 - metales y minas
 - diferentes procesos industriales
- Energía
 - estaciones refrigeradoras
 - calefacción de distritos

Ejemplos de aplicaciones

- Desde agua potable hasta agua de abastecimiento y agua de mar
- Desde aguas subterráneas y residuales hasta lodos y aguas negras
- Agua de refrigeración
- Detección de fugas

OPTIFLUX 2000

El especialista para aguas puras y residuales

Aspectos sobresalientes

- Aprobaciones para agua potable incluyendo KTW, NSF, WRc, KIWA
- Vida útil de trabajo insuperable
- Para caudales desde 0,5 m³/hora hasta 300.000 m³/hora, 23 Gal US/min. hasta 1.320.000 Gal US/min.

Características del producto

- Amplia gama de diámetros hasta DN 3000
- Sin mantenimiento
- Comprobación "in situ" con el MagCheck de KROHNE
- Liner estándar:
 - polipropileno
 - goma dura
- Dimensiones de montaje según DVGW e ISO
- Protección
 - estándar IP 67
 - opcional IP 68
- Cumplimiento de OIML R-49 e ISO 4064
- Opcional: Permanentemente sumergido, instalación bajo tierra



OPTIFLUX 2000

La gama completa OPTIFLUX

Convertidores OPTIFLUX

Todos los convertidores se adaptan a todos los sensores

IFC 300

Uno para todas las aplicaciones



IFC 010

Convertidor económico



Sensores OPTIFLUX

OPTIFLUX 2000

Especialista en aguas puras y residuales



OPTIFLUX 4000

Especialista en todos los procesos



OPTIFLUX 5000

Altamente preciso y resistente a la corrosión



OPTIFLUX 1000

Solución económica



OPTIFLUX 6000

La solución sanitaria e higiénica



Caudalímetros para aplicaciones especiales

OPTIFLUX 4040 C

El caudalímetro a 2 hilos



OPTIFLUX 7300 C

El caudalímetro sin electrodos



TIDALFLUX 4110 PF

Para tuberías parcialmente llenas



BATCHFLUX 5015 C

Para el llenado volumétrico



BATCHCONTROL 5014 C

Para el llenado volumétrico



OPTIFLUX 2000		La responsabilidad de la validez, del uso que se pretende y de la resistencia a la corrosión de los materiales usados en su construcción reside únicamente en el comprador																			
Datos técnicos		● Estandar ○ Opcional - Bajo petición																			
Diámetro nominal	ANSI [pulgadas]	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"	5"	6"	8"	10"	12"	14"	16"	18"	20"	24"	28"	36"	48"
	DN [mm]	25	32	40	50	65	80	100	125	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700	900	1200
Presión nominal de la brida*	PN 40 - EN 1092-1	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	PN 25 - EN 1092-1	-	-	-	-	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	PN 16 - EN 1092-1	-	-	-	-	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	PN 10 - EN 1092-1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	PN 6 - EN 1092-1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	ISO : Longitud de inserción	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	150 lbs RF - ANSI B 16.5	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	300 lbs RF - ANSI B 16.5	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	Clase B o D FF (HR) - AWWA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	● ≤ 10 bar	● ≤ 6 bar	-	-
	10 K JIS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	20 K JIS	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
*Vea la carga de vacío en la tabla separada Mayor de DN 2000 / 80" bajo petición.																					
Líner**	Polipropileno	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	Goma dura	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
** Vea los límites de presión y temperatura																					
Electrodos	Hastelloy C4	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	Acero inoxidable 1.4571 (AISI 316 Ti)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	Tiánio	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Anillos de tierra	Hastelloy C4	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	Acero inoxidable 1.4571 (AISI 316 Ti)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	Tiánio	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Bridas	Acero 1.0460 (C 22.8)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	Acero 1.0038 (RSt 37-2)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Acero inoxidable 1.4404 (AISI 316 L)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	Acero inoxidable 1.4571 (AISI 316 Ti)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Materiales usados***	Tubo de medida	Acero inoxidable austenítico																			
	Aljamiento (recubierta de polietileno)	GTW-S 30 Chapa de acero																			
	Caja conexión (recubierta de polietileno)	Fundición de aluminio, opción: acero inoxidable																			
*** Otros materiales bajo petición																					
Categoría de protección	Estandar	IP 66 / 67 equivalente a NEMA 4/4X / 6																			
	Opcional	IP 68 campo equivalente a NEMA 6																			
		IP 68 fábrica equivalente a NEMA 6																			
Clase de aislamiento		E																			
Aprobac.****	No-Ex	●																			
	EEx zona 2	○																			
	FM - clase I div. 2	○																			
	CSA - GP	○																			
	CSA - clase I div. 2	○																			
	SAA - Aus Ex zona 2	○																			
	TIIS - zona 2	○																			
**** Aprobaciones disponibles para el sensor de caudal																					
Versiones	Compact+ IFC 300 C	●																			
	Separado + IFC 300 F, R, W	●																			
	Compact+ IFC 010 C	○																			
	Separado + IFC 010 W	○																			
Conductividad eléctrica		20 µS/cm, mínimo																			

OPTIFLUX 2000

Rango de temperatura

	Temperatura		Temperatura	
	min.	máx.	min.	máx.
Goma dura				
Sensor de caudal separado	-5°C	80°C	-40°C	65°C
OPTIFLUX 2300 C compacto con IFC 300	-5°C	80°C	-40°C	65°C
OPTIFLUX 2010 C compacto con IFC 010	-5°C	80°C	-25°C	60°C

Polipropileno				
Sensor de caudal separado	-5°C	90°C	-40°C	65°C
OPTIFLUX 2300 C compacto con IFC 300	-5°C	90°C	-40°C	65°C
OPTIFLUX 2010 C compacto con IFC 010	-5°C	90°C	-25°C	60°C

* Polipropileno disponible para DN 25 - 150

	Temperatura		Temperatura	
	min.	máx.	min.	máx.
Goma dura				
Sensor de caudal separado	23°F	176°F	-40°F	149°F
OPTIFLUX 2300 C compacto con IFC 300	23°F	176°F	-40°F	149°F
OPTIFLUX 2010 C compacto con IFC 010	23°F	176°F	-13°F	140°F

Polipropileno				
Sensor de caudal separado	23°F	194°F	-40°F	149°F
OPTIFLUX 2300 C compacto con IFC 300	23°F	194°F	-40°F	149°F
OPTIFLUX 2010 C compacto con IFC 010	23°F	194°F	-13°F	140°F

* Polipropileno disponible para ANSI 1" - 6"

Carga de vacío

Carga de vacío		Presión de trabajo mínima absoluta en mbar (abs) a la temp. del proceso			
Líner	[mm]	20°C	40°C	60°C	80°C
Polipropileno	DN 25 - 150	250	250	400	400
Goma dura	DN 200 - 300	250	250	400	400
	DN 350 - 1000	500	500	600	600
	DN 1200 - 3000	600	600	750	750

Carga de vacío		Presión de trabajo mínima absoluta en psia a la temp. del proceso			
Líner	[pulg.]	68°F	104°F	140°F	176°F
Polipropileno	1" - 6"	3.6	3.6	5.8	5.8
Goma dura	8" - 12"	3.6	3.6	5.8	5.8
	14" - 40"	7.3	7.3	8.7	8.7
	6" - 120"	8.7	8.7	10.9	10.9

OPTIFLUX 2000

Sensor de caudal

Tamaño nominal		Dimensiones en mm							Peso aprox. en kg**
DN [mm]	PN [bar]	L*	ISO 13 359	H	W	T _{box}	T _{fluido}	T _{ec300}	
25	40	150	200	141	115	218	246	296	7.0
32	40	150	200	157	140	234	262	312	8.0
40	40	150	200	166	150	243	271	321	8.0
50	40	200	200	185	165	262	290	340	8.0
65	16	200	200	199	185	276	304	354	10.0
80	40	200	200	209	200	286	314	364	12.0
100	16	250	250	237	220	314	342	392	15.0
125	16	250	250	266	250	343	371	421	19.0
150	16	300	300	299	285	376	404	454	22.0
200	10	350	350	357	340	434	462	512	34.0
250	10	400	400	405	395	482	510	560	48.0
300	10	500	500	455	445	532	560	610	58.0
350	10	500	550	507	505	584	612	662	78.0
400	10	600	600	563	565	640	668	718	98.0
450	10	600	x	613	615	690	718	768	x
500	10	600	x	667	670	744	772	822	128.0
600	10	600	x	777	780	854	882	932	164.0
700	10	700	x	883	895	970	998	1048	245.0
800	10	800	x	1009	1015	1086	1114	1164	328.0
900	10	900	x	1111	1115	1188	1216	1266	425.0
1000	10	1000	x	1221	1230	1298	1326	1376	507.0

- no disponible x dimensiones y pesos bajo petición

* Longitud total de montaje

Caudalímetro suministrado con anillos de tierra por separado

Dimensión L + 2 x 3 mm + 2 x espesor junta

** Peso aproximado del cuerpo del equipo con bridas

Todas las bridas de acuerdo con EN 1092-1

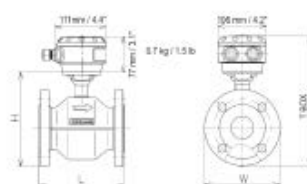
Tolerancias de las dimensiones de montaje L según ISO DIS 13 359

DN ≤ 200 / ≤ 8" : +0/-3 mm (0.12")

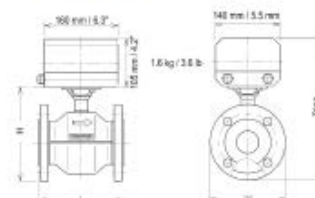
DN ≥ 250 / ≥ 10" : +0/-5 mm (0.2")

Dimensiones y pesos

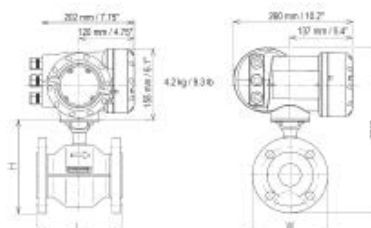
OPTIFLUX 2000 F



OPTIFLUX 2010 C



OPTIFLUX 2300 C



OPTIFLUX 2000

Sensor de caudal

Tamaño nominal		Dimensiones en pulg. de bridas de 150 lbs						Peso aprox. en lbs***	Dimensiones en mm de bridas de 150 lbs						Peso aprox. en kg**
ANSI	[psig]*	L**	H	W	T				L**	H	W	T			
					T _{box}	T _{IFC010}	T _{IFC300}					T _{box}	T _{IFC010}	T _{IFC300}	
1"	284	5.91	5.39	4.25	8.43	9.53	11.50	17.6	150	137	108	214	242	292	8.0
1 1/2"	284	5.91	6.10	5.00	9.13	10.24	12.20	19.8	150	155	127	232	260	310	9.0
2"	284	7.87	7.05	6.00	10.08	11.18	13.15	17.6	200	179	152	256	284	334	8.0
3"	284	7.87	8.03	7.50	11.06	12.17	14.13	29.0	200	204	191	281	309	359	13.2
4"	284	9.84	9.49	9.00	12.52	13.62	15.59	40.0	250	241	229	318	346	396	18.1
5"	284	9.84	10.55	10.00	13.58	14.69	16.65	x	250	268	254	345	373	423	x
6"	284	11.81	11.69	11.00	14.72	15.83	17.80	58.0	300	297	279	374	402	452	26.3
8"	284	13.78	14.29	11.00	17.32	18.43	20.39	95.0	350	363	279	440	468	518	43.1
10"	284	15.75	16.77	13.50	19.80	20.91	22.87	140.0	400	426	343	503	531	581	63.5
12"	284	19.69	20.08	16.00	23.11	24.21	26.18	210.0	500	510	406	587	615	665	95.3
14"	284	27.56	20.71	19.00	23.74	24.84	26.81	285.0	700	526	483	603	631	681	129.3
16"	284	31.50	23.07	21.00	26.10	27.20	29.17	365.0	800	586	533	663	691	741	165.6
20"	284	31.50	27.09	23.50	30.12	31.22	33.19	492.0	800	688	597	765	793	843	223.2
24"	284	31.50	31.50	32.00	34.53	35.63	37.60	675.0	800	800	813	877	905	955	306.2
28"	145	35.43	35.98	36.50	39.02	40.12	42.09	x	900	914	927	991	1019	1069	x
32"	145	39.37	40.75	41.73	43.78	44.88	46.85	x	1000	1035	1060	1112	1140	1190	x
36"	145	43.31	44.96	46.00	47.99	49.09	51.06	x	1100	1142	1168	1219	1247	1297	x
40"	145	47.24	49.41	50.75	52.44	53.54	55.51	x	1200	1255	1289	1332	1360	1410	x
48"	145	55.12	57.87	59.50	60.91	62.01	63.98	x	1400	1470	1511	1547	1575	1625	x
72"	145	78.74	82.80	86.50	85.83	86.93	88.90	x	2000	2103	2197	2180	2208	2258	x
80"	145	86.61	95.39	99.75	98.43	99.53	101.50	x	2200	2423	2534	2500	2528	2578	x

Tamaño nominal		Dimensiones en pulg. de bridas de 300 lbs						Peso aprox. en lbs***	Dimensiones en mm de bridas de 300 lbs						Peso aprox. en kg**
ANSI	[psig]*	L**	H	W	T				L**	H	W	T			
					T _{box}	T _{IFC010}	T _{IFC300}					T _{box}	T _{IFC010}	T _{IFC300}	
1"	740	5.91	5.71	4.87	8.74	9.84	11.81	x	150	145	124	222	250	300	x
1 1/2"	740	7.87	6.65	6.13	9.69	10.79	12.76	x	200	169	156	246	274	324	x
2"	740	9.84	7.32	6.50	10.35	11.46	13.43	x	250	186	165	263	291	341	x
3"	740	9.84	8.43	8.25	11.46	12.56	14.53	x	250	214	210	291	319	369	x
4"	740	11.81	10.00	8.25	13.03	14.13	16.10	x	300	254	210	331	359	409	x
6"	740	12.60	12.44	12.50	15.47	16.57	18.54	x	320	316	317	393	421	471	x

* A 68°F / 20°C.

x Dimensiones y pesos bajo petición

- no disponible

** Longitud total de montaje: Caudalímetro suministrado con anillos de tierra por separado: Dimensión L + 2 x 0.12" + 2 x espesor junta

*** Peso aprox. del cuerpo del equipo con bridas ANSI. Bridas 1/10" - 24" según ANSI B 16.5. Bridas 28" y mayores según ANSI B 1647 A.

Anexo E - Catálogo da Bayard: Válvulas de Controlo Hidráulico - Sistema *HYDROBLOC*

T H E H Y D R O B L O C S Y S T E M



The **Hydrobloc** system offers a full range of automatic control valves based on the association of a hydraulically operated, diaphragm actuated main valve and the combination of one or several suitable pilot valves. BAYARD has developed a modular system by the combination of 5 basic applications. Bayard Engineering is dedicated to the study of any solution to meet your needs (Over 1000 combinations - See page 18 to 19). Bayard's expertise of the Hydrobloc system benefits from 30 years of experience on site and in our R&D test laboratory.

Basic applications

- Pressure control
- Flow control
- Level control
- Pumping station control
- Network control

General characteristics

- PN : 10, 16 or 25 bar
- Max. working temperature : 65°C
- Fluid : water (max. mesh size : 2 mm)

Standards

- Purpose requirements and appropriate verification tests
- Pr EN 1074-1
- Pressure tests according to ISO 5208 (Rate 3)
- Body test pressure : 1.5 PN
- Seat test pressure : 1.1 PN
- Face to face dimensions :
- ISO 5752 serie 1
- EN 558 part 1 serie 1
- Flange drillings according to ISO 7005-2 (other drillings on request)

Key features of the Hydrobloc system

■ Comprehensive range

- DN 50 to DN 1000 globe pattern
- On request :
- Angle pattern
 - Additional functions
 - Additional features
 - Visual position indicator and pressure gauge(s)

■ Large flow coefficient and low head loss

(see page 4)

■ Corrosion protection

- Epoxy powder coating approved for use with potable water
- Stainless steel bolting

■ Easy to use, easy to modify

- A single compact unit ("combibloc") includes opening and/or closing speed control, calibrated orifice and chamber isolating cock.
- Easy modification or replacement of the pilot circuit components without flow interruption thanks to the chamber isolating cock.
- Top and bottom guiding of the trim.
- Access from the top for maintenance (without removing valve from the line).
- Main valve body fitted with drain plug.

■ Valves tested under real working conditions

- For special applications, the Bayard's test station enables to reproduce your site conditions.

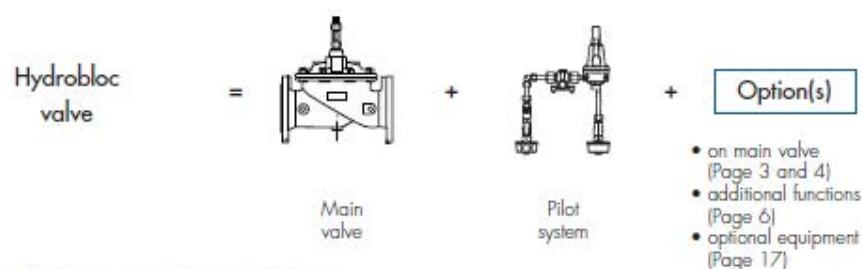
■ Maximum resistance to cavitation

- Special anti-cavitation kit on request.

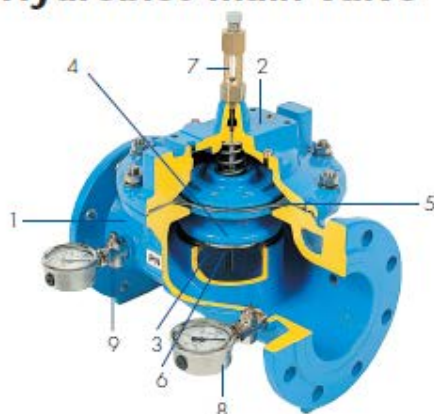
HYDRAULIC CONTROL VALVES

Structure of a Hydrobloc control valve

The Hydrobloc main valve is line pressure actuated and pilot controlled.



Hydrobloc main valve



* Not shown, specific for each application, on request
 ** According to valve type, on request

Designation

- 1 Body
- 2 Bonnet
- 3 Seat
- 4 Trim
- 5 Diaphragm
- 6 Valve Disc
- 7** Visual position indicator
- 8** Pressure gauge(s)
- 9** Pressure gauge(s) isolating cock(s)
- * Pilot valve
- * Pilot circuit
- * Combibloc

Material

Ductile iron
 Ductile iron
 Bronze
 (stainless steel option)
 Cast iron, stainless steel, rubber
 Textile reinforced rubber
 EPDM
 Brass, glass
 Stainless steel
 Nickel plated brass
 Bronze, stainless steel, elastomere
 Stainless steel tubing, nickel plated brass fittings
 Brass

Main valve's optional features

- **Anticavitation Kit (4)**
 Available for DN 50 to 350 ;
 Specific materials for seat and trim.
- **Stainless steel seat (3)**
 Material : SS 316 L
 Available for DN 50 to 350 (Other, please contact us)
- **Vertical or side position mounting**
 To be specified for additional drain plugs
 Not advised for DN > 200
- **Anti-scaling**
 For use with scaling water, the stem is coated with PTFE.
 Available for DN 50 to 350.
 PN 16
 Max. differential pressure : 10 bar
- **High corrosion execution**
 Stainless steel construction
 Ozone protection
- **Spring lift assembly**
 Valve normally open without pressure.
 Available for DN 50 to 350
- **Automatic air venting kit**
 For venting of the control chamber

THE HYDROBLOC SYSTEM

Basic main valves : other models

• Angle pattern



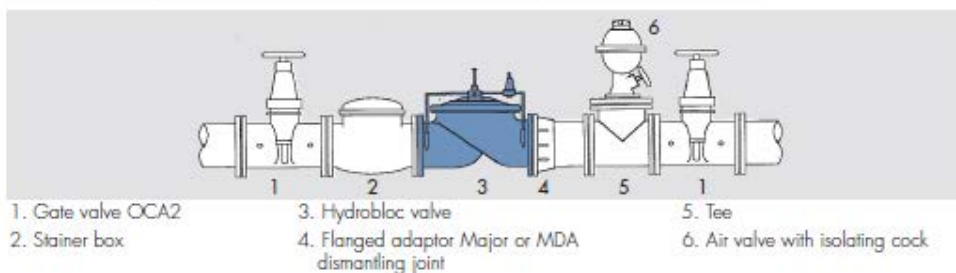
• Double chamber



• Built-in check valve (for double chamber)

Scheme of installation

For easy commissioning and maintenance, it is advised to install the valve as described below.



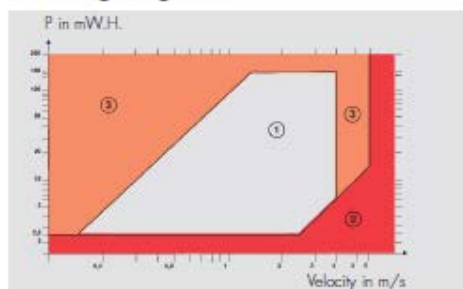
Hydraulic characteristics

■ K factor (globe pattern)

DN	50	65	80	100	125	150	200	250	300	350	400	500	600	700	800	900	1000
K	5	5	6.1	5.2	6	6.2	5.6	6.8	6.9	11.5	4.5	11.5	6.1	11.9	7.4	12.2	18.8

$\Delta P = K \frac{V^2}{2g}$ Δp in mV.H. (K = Head loss factor, V = velocity in m/s)

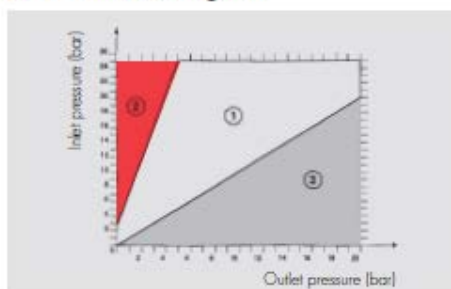
■ Sizing diagram



Select the DN according to available pressure drop Δp and velocity V in the inlet flange

- Zone 1 : Optimal working conditions
- Zone 2 : To be avoided. Please contact us.
- Zone 3 : Possible but not under permanent conditions (contact us)

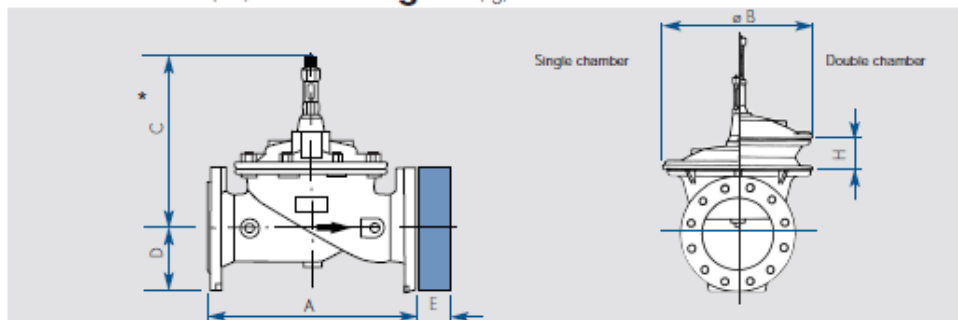
■ Cavitation diagram



- Zone 1 : Normal working conditions
- Zone 2 : Danger of cavitation. Risk of accelerated wear. Use an anti-cavitation kit or 2 valves in series.
Below 1 bar, please contact us.
- Zone 3 : Not applicable

HYDRAULIC CONTROL VALVES

Dimensions (mm) and weights (kg)



DN	50	65	80	100	125	150	200	250	300	350	400	500	600	700	800	900	1000
Main valve																	
Flange drilling ISO PN 10 - PN 16 - PN 25 according to request																	
A	230	290	310	350	400	480	600	730	850	980	1100	1250	1450	1650	1850	2050	2250
B	173	197	224	265	307	352	436	518	600	600	835	835	1085	1085	1360	1360	1360
C min.	132	159	179	205	280	327	401	443	491	491	651	651	959	959	1137	1137	1137
C	232	259	279	305	398	445	569	611	659	659	849	849	1231	1231	1409	1409	1409
C max.	414	441	421	527	602	649	853	895	943	943	1273	1273	1581	1581	1432	1432	1432
H	75	83	82	91	104	100	117	125	125	125	195	195	-	-	-	-	-
D	85	95	102	120	137	152	182	212	242	278	352	364	423	455	513	563	628
E	50	50	50	50	50	50	55	55	55	55	60	60	60	60	-	-	-
Weight Single chb	14	19	23	32	46	68	112	178	225	273	520	580	1205	1295	2200	2430	2495
Kg Dble chb	21	26	32	47	61	96	158	221	296	327	732	752	-	-	-	-	-

C min. without visual position indicator

C with visual position indicator

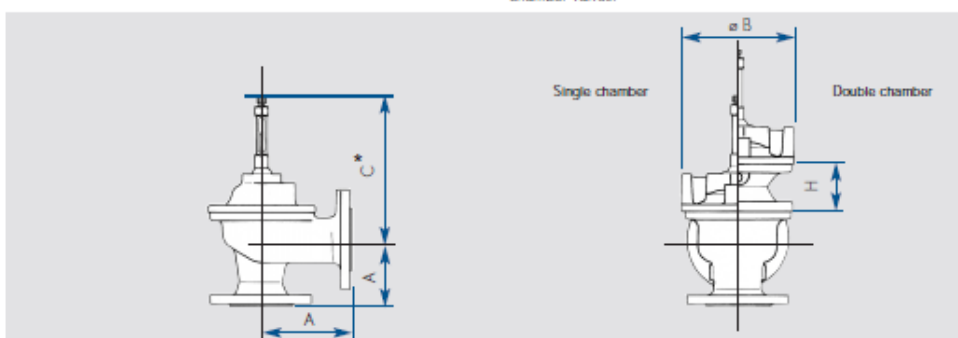
C max. with optional telemetric head

On some valves, the pilot circuit can be larger than the overall dimensions of the main valve

E = Thickness of orifice plate flange holder (flow limiting or overspeed valve).

According to execution, this one can be fitted either on downstream or on upstream flange or installed further down or up the pipe.

*H = Dimension to add to dimension "C" for height of double chamber valves.



DN	50	65	80	100	125	150	200	250	300	350	400
Flange drilling ISO PN 10 - PN 16 - PN 25 according to request											
A	125	145	155	175	200	225	275	325	375	425	475
C min.	132	136	146	166	229	264	314	363	405	405	65
C	232	236	246	266	347	382	482	531	573	573	849
C max.	414	418	388	488	551	586	766	815	857	857	1273
H	75	83	82	91	104	100	117	125	125	125	195
Weight Single chambre	14	18	22	30	45	65	115	180	220	235	525
Kg Dble chambre	21	25	31	45	60	93	161	223	291	306	737

T H E H Y D R O B L O C S Y S T E M

Pilot circuit elements

According to the selected pilot arrangement, Hydrobloc valves achieve following applications :

■ Pressure control

- Pressure reducing
- Pressure sustaining
- Pressure relief



■ Flow control

- Rate of flow (non compatible with overspeed)
- Hydraulic check valve (non compatible with reverse flow)
- Reverse flow
- Overspeed



■ Level control

• Altitude

Closing at an adjustable constant maximum level
Valve fully open until 0.30 m of max. level.
Throttling according to demand until closing.

• "SAVY" float control (2 levels)

• "VEGA" float control

Closing at constant level.

• "RAF" float modulating

Closing at top level. Proportional opening to level variation over 0.20 m.



■ Pumping station and network control

- Manual or remote control
- Solenoid operated opening or closing
- Solenoid selection between several pilots/ applications



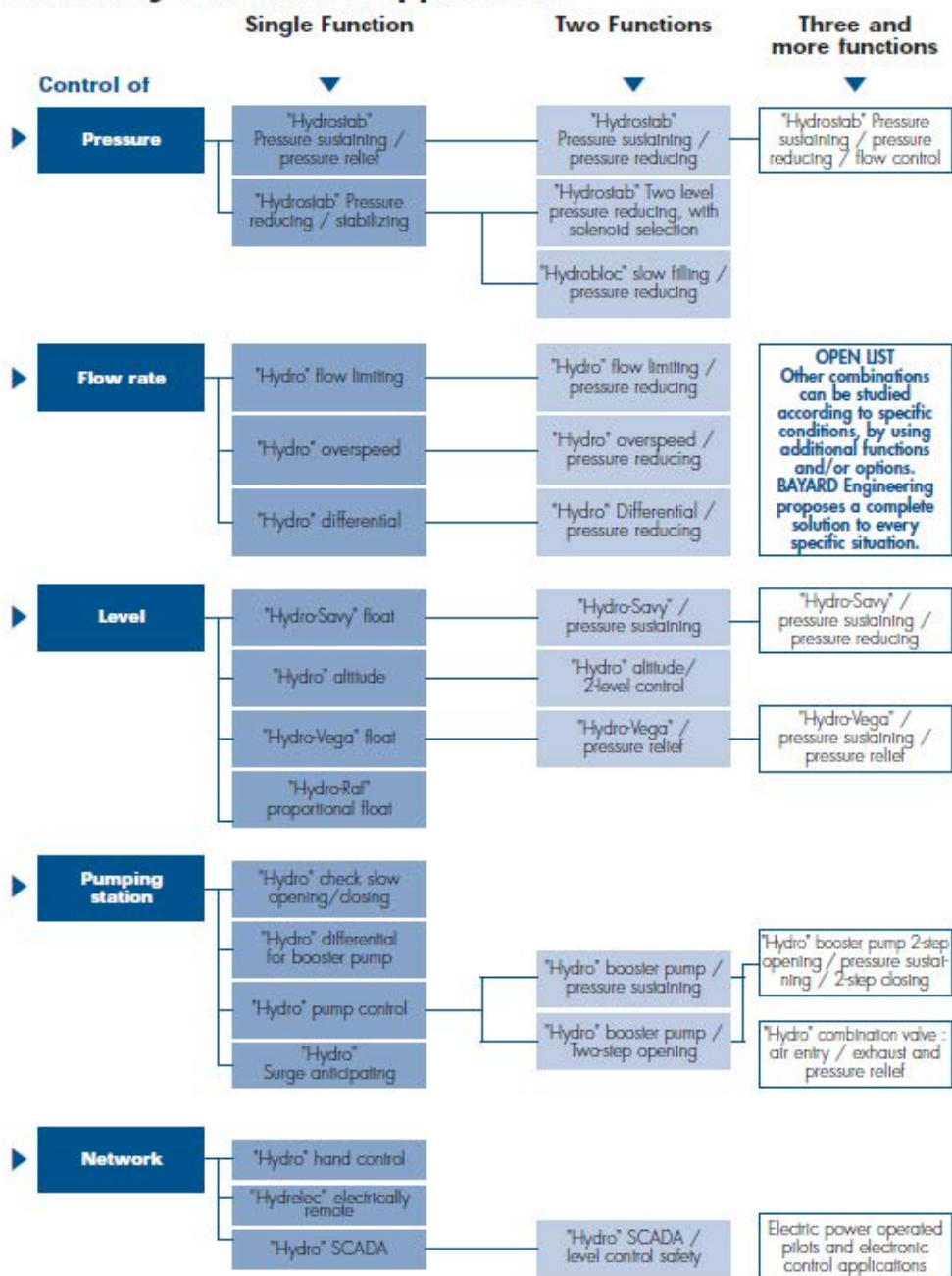
* Supply : Standard 24 V - AC, on request 12,48, 220 V - AC, or 12, 24, 48 V DC

Optional additional functions

Any combination of above elements is one among 1000 and more possibilities.

HYDRAULIC CONTROL VALVES

Summary of common applications



T H E H Y D R O B L O C S Y S T E M

PRESSURE CONTROL

- DN 50 to 700
PN 25
- DN 800 to 1000
PN 16
- Flanges drilled ISO PN
10, 16 or 25

"HYDROSTAB" PRESSURE REDUCING VALVE (PRV)

Ref. K1 10



- **Application**
Automatically reduces a higher inlet pressure to a steady lower downstream pressure regardless of variations of flow and/or of inlet pressure.
- **Adjustment ranges**
 - Standard spring
1 to 20 bar (DN 50 to 700)
 - Other springs
0.2 to 2 bar (DN 50 to 700)
1.5 to 2.5 bar (DN 50 to 350)
- **Special requirements**
DN > 700, please contact us

EXAMPLES OF MULTIPURPOSE VALVES

- "Hydrostab" pressure reducing, solenoid operated shut off valve
- "Hydrostab" two-level pressure reducing valve
- / ...

HYDRAULIC CONTROL VALVES

"HYDROSTAB" PRESSURE SUSTAINING / RELIEF VALVE

Ref. K1 20



■ Application

Maintains a constant upstream pressure, by either sustaining or relieving excess pressure to the downstream side.

■ Adjustment range

- Standard spring
1 to 20 bar (DN 50 to 700)
- Other springs
0.2 to 2 bar (DN 50 to 700)
1.5 to 2.5 bar (DN 50 to 350)

■ Special requirements

DN > 700, please contact us

"HYDROSTAB" PRESSURE REDUCING / SUSTAINING VALVE

Ref. K1 50



■ Application

Reduces a higher inlet pressure to a constant lower downstream pressure.
Sustains a minimum upstream pressure.

■ Adjustment ranges

- Standard springs
1 to 20 bar (DN 50 to 700)
- Other springs
0.2 to 2 bar (DN 50 to 700)
1.5 to 2.5 bar (DN 50 to 350)

■ Special requirements

DN > 700, please contact us

EXAMPLES OF MULTIPURPOSE VALVES

- "Hydrostab" pressure sustaining / check valve
- "Hydrostab" pressure sustaining / flow control valve
- /...

THE HYDROBLOC SYSTEM

FLOW CONTROL

- DN 50 to 700
- PN 16
- Flanges drilled ISO PN 10 or PN 16

"HYDRO" FLOW LIMITING VALVE

Ref. K2 10



■ Application

Prevents excess flow regardless of variations of inlet / outlet pressures.

■ Adjustment range

- $V^* = 2$ to 4 m/s (general)
- $V^* = 1$ to 2.5 m/s (low ΔP)

$V^* =$ Inlet flange flow velocity

■ Special requirements

- Please contact us for :
- Extremely low or high ΔP
 - PN > 16 bar
 - DN > 700

EXAMPLES OF MULTIPURPOSE VALVES

- "Hydro" flow limiting / pressure reducing valve
- "Hydro" 2 rates flow limiting valve with electrical selection
- /...

HYDRAULIC CONTROL VALVES

"HYDRO" OVERSPEED VALVE

Ref. K2 20



■ Application

Automatically closes in an adjustable time and permanently locks when flow overpasses preset value on downstream pipe burst.

■ Adjustment ranges

- $V^* = 2$ to 4 m/s (general)
 - $V^* = 1$ to 2.5 m/s (low Δp available)
- V^* = Inlet flange flow velocity

■ Special requirements

Please contact us for :

- $PN > 16$ bar
- $DN > 700$

■ Two-step closing

- Optional up to $DN 150$.
- Standard for $DN 200$ and over.

"HYDRO" DIFFERENTIAL VALVE

Ref. K1 30



■ Application

Maintains a constant differential pressure regardless of the pressure and flow values, in order to balance head losses in a network or variations of pump suction head

■ Adjustment range

- $\Delta p = 2$ to 20 mW.H.

■ Special requirements

Please contact us for :

- Higher ΔP
- $PN > 16$ bar
- Differential control of a booster pump

EXAMPLES OF MULTIPURPOSE VALVES

- "Hydro" overspeed / pressure reducing valve
- "Hydro" overspeed with hydraulic check function
- "Hydro" differential / pressure reducing valve
- / ...

T H E H Y D R O B L O C S Y S T E M

LEVEL CONTROL

- DN 50 to 1000
- PN 16
"Hydro" altitude valve
"Hydro-Savy" float valve
- PN 10
"Hydro-Vega" float valve
"Hydro-Rai" proportional float valve
- Flanges drilled ISO PN 10 or PN 16

"HYDRO" ALTITUDE VALVE

Ref. K3 10



■ Application

- Closes at a constant and adjustable level
- Throttles over approx. 0.30 m (balancing between flow coming into and out of the reservoir)
- Fully opens below

■ Adjustment range

- Standard
H = 1.5 to 8 m
- Others
- H = 6 to 40 m, DN < 400
- H = 6 to 30 m, DN ≥ 400

H : Altitude difference between the pilot valve inlet and the closing level.

■ Option

Two-level control

"HYDRO-SAVY" FLOAT VALVE

Ref. K3 20



■ Application

- Closes at high level and fully re-opens at lower adjustable level, allowing water renewal in the reservoir.

■ Adjustment range

- Difference between closing and re-opening level = 5 cm to 4 m.

■ Special requirements

- PN > 16 bar : please contact us.

■ Options

- Air valve kit for pilot circuit.
- Frost protected.
- Pressure relief (in case of upstream water hammer).

HYDRAULIC CONTROL VALVES

"HYDRO-VEGA" FLOAT VALVE

Ref. K3 40



■ Application

- Closes at a constant level.

■ Adjustment range

- According to location of the pilot valve in the tank.

■ Special requirements

- PN 16 or PN 25 versions available on request. Please contact us.

■ Options

- Frost protection.
- Pressure relief (in case of upstream water hammer).

"HYDRO-RAF" PROPORTIONAL FLOAT VALVE*

Ref. K3 30



■ Application

- Closes at a constant level.
- Opens proportionally to level variations up to 0.2 m below closing level.

■ Level adjustment range

- Standard
H = 0 to 0.7 m
- Others
H = 0.7 to 1.2 m (with 1 extension)
H = 1.2 to 1.7 m (with 2 extensions)

H : Altitude difference between the pilot valve inlet and the closing level.

■ Options

- Additional hydraulic stroke limitation

* Available from DN 65 to DN 700.

EXAMPLES OF MULTIPURPOSE VALVES

- "Hydro-Savy" On/Off and pressure sustaining (and/or reducing) valve.
- "Hydro" Altitude valve with solenoid closing / opening valve.
- "Hydro" Altitude and pressure sustaining valve.
- "Hydro" Altitude and flow limiting valve
- /...

THE HYDROBLOC SYSTEM

CONTROL OF PUMPING STATIONS

- DN 50 to 500
- PN 16 or PN 25
- Flanges drilled ISO PN 10, 16 or 25

PUMP CONTROL VALVES

The main function of pump control valves is to control pump startup and pump shutdown. Their characteristics depend on the type of pumps (deep well pump, booster pump, ...) and on the characteristics of the network. These valves are usually installed on the delivery side of a pump (surface or deep well).

"HYDRO" Check valve slow opening/closing

■ Operation

Hydraulic.

■ Application

- Slow opening/closing at adjustable speeds.
- Hydraulic slow closing upon reverse flow (check function).
- Generally used with an anti water hammer protection.

■ Options

- Pressure sustaining.
- Two-step opening.
- Pressure reducing.

"HYDRO" Differential valve for booster pump



■ Operation

- Hydraulic.

■ Application

- Controls the pressure difference between suction and delivery side of the booster pump in order to keep it working within its operating range.

■ Options

- Electric opening or closing control.
- Pressure reducing.
- Pressure sustaining.

"HYDRO" Pump control valve



■ Fonctionnement

- Hydraulic and electric

■ Application

- Pump start-up and shut-down against closed valve.
- Opening/closing at adjustable speeds.
- Hydraulic slow closing upon reverse flow (check function).

■ Standard execution

Double chamber main valve for full opening.

■ Options

- Pressure sustaining.
 - Pressure reducing.
 - Two-step closing.
 - Built-in check valve.
- Please contact us.

HYDRAULIC CONTROL VALVES

SAFETY CONTROL VALVES FOR PUMPING STATIONS

Safety control valves for pumping stations are designed to be used in addition to pump control valves in order to control :

- Pump shutdown in case of power failure.
- Air exhaust on pump start-up and air inlet on pump shutdown.
- Pump operation at zero flow.

Safety control valves are installed in derivation on the delivery line of the pumping station.

"HYDRO" Surge anticipating valve



■ Operation

- Hydraulic.

■ Application

- Limits water hammer effects due to sudden pump shut-down on power failure.
- Quick opening on pressure drop (at pump failure).
- Discharges overpressure to atmosphere or into pump intake.
- Closes down slowly without further overpressure.

■ Adjustment range

- Standard
P = 1 to 20 bar (DN 50 to 350)
- Others
P = 0.2 to 2 bar (DN 50 to 350)
P = 1.5 to 2.5 bar (DN 50 to 350)

■ Options

- Angle pattern.
- Solenoid control.

"HYDRO" Combination valve : air entry / exhaust and pressure relief



■ Operation

- Hydraulic.

■ Application

- In open position without water pressure.
- Air entry or exhaust at large rate on pump start-up or pump shut-down.
- Slow closing when delivery line is pressurized.
- Pressure relief on overpressure.

■ Adjustment range

- Standard
P = 1 to 20 bar (DN 50 to 350)
- Others
P = 0.2 to 2 bar (DN 50 to 350)
P = 1.5 to 2.5 bar (DN 50 to 350)

■ Options

- Globe pattern.
- Solenoid opening before pump start-up/shut-down.

OTHER PUMPING STATION EQUIPMENT IN OUR RANGE :

Check valves, "Vannair" air valves, "Djet" safety relief valves, etc... Please contact us.

T H E H Y D R O B L O C S Y S T E M

NETWORK CONTROL

- DN 50 to 700
- PN 16 or PN 25
- Flanges drilled ISO PN 10, 16 or 25

"HYDRO" HAND CONTROL VALVE

Ref. K4 10



■ Application

- Step-by-step manual operation.
- Opening / closing at an adjustable speed.

■ Special requirements

- DN > 700 : please contact us.

"HYDRELEC" VALVE (ELECTRICALLY REMOTE CONTROL VALVE)

Ref. K4 20



■ Application

- Remote step-by-step operation at an adjustable speed.

■ Standard

- Normally closed when de-energized.
- Voltage : 24 V 50 AC
- PN 25.

■ Special requirements

Please contact us for :

- DN > 700
- On/Off operation : 1 solenoid valve.

■ Options

- Normally open when de-energized.
- Normally blocked when de-energized.
- Other voltages AC/DC.

"HYDRO" SCADA VALVE

Ref. K4 40



■ Application

Remote step-by-step operation with potentiometric indicator designed to be used in "SCADA" systems.

■ Standard

- Normally blocked when de-energized.
- Voltage : 24 V DC.
- PN 16

■ Options

Additional safety functions such as :

- Pressure reducing
- Level control
- Flow limiting
- Other voltages

HYDRAULIC CONTROL VALVES

Optional equipment

■ Adjustable speed controls

- Opening speed control : RO
- Closing speed control : RF
- Opening and closing speed control : RFO



■ SCADA

- Control device including potentiometric indicator and 2 limit switches 24 V AC standard.



■ Twin-filter circuit

- Advised for use with raw water, allowing easy maintenance (other filter systems, and/or automatic cleaning please contact us).



■ Powered pilot valves

- Remote setting of pilot control
- 12 / 24 V DC
- Flow control : DN 50 to 700
- Pressure reducing and/or pressure sustaining : DN 50 to 350



■ Oil-dampened pressure gauge

■ Manual or solenoid operated by-pass of a function

Any function of our pilot circuits can be temporarily cancelled by means of additional manual or remote controls.

■ Electronic Pressure Reducing Controller



Please contact us.
(Automat, Wessex or similar,...)

Pilot for Electronic
Pressure reducing
controller

■ Limit switches

- Standard execution with 2 induction switches
- Standard voltage : 24 V / 240 V AC
- On request : 12 / 48 V DC
- Fitted with 1 induction switch only



■ Potentiometric indicator

0 - 1000 Ω (4/20 mA with converter)

■ BAYARD handset for Time Based Electronic Controller

- Battery powered controller and handset.
- On site control and programming of HYDROBLOC valves (opening, closing, switching and/or cancelling pilot controls).





tyco / Flow Control / **Tyco Waterworks**

BAYARD

4, avenue Lionel Terray - BP 47
69881 Meyzieu cedex - France
Phone + 33 (0)4 37 44 24 24 - Fax + 33 (0)4 37 44 23 01
e-mail : bayard@tyco-valves.com - web : www.bayard.fr

Anexo F - Catálogo da Bayard: Válvula de Controlo "HYDRO Limitador de Caudal" DN 50 a 1000 - K2 Série 10

VANNE DE REGULATION "HYDRO LIMITEUR DE DEBIT" DN 50 à 1000 - Série K2 10



Vanne de régulation permettant la limitation et la stabilisation hydraulique du débit.



Descriptif

- Généralités sur le fonctionnement de la vanne Hydrobloc, voir fiche Série K.
- Gamme étendue présentant deux constructions différentes :
 - Modèle XG :
 - Grande capacité de débit,
 - Faibles pertes de charge,
 - Etanchéité à débit nul.
 - Modèle XGS :
 - Particulièrement adapté à la réduction de pression,
 - Excellente résistance à la cavitation,
 - Etanchéité à débit nul.
- Conception :
 - Double guidage autolubrifié de l'équipage mobile,
 - Corps et chapeau en fonte ductile revêtue époxy poudre,
 - Siège inox en standard jusqu'au DN 400 XG et 600 XGS,
 - Boulonnerie inox,
 - Tube et raccords du circuit pilote inox,
 - Filtre du circuit pilote avec tamis inox,
 - Emballage individuel.
- Facilité de mise en œuvre et d'entretien :
 - Indicateur de position avec purge manuelle en standard,
 - Livré avec robinet(s) porte-manomètre,
 - Equipé en standard d'un ralentisseur d'ouverture (RO) (uniquement DN 50 XG à 300 XG et DN 150 XGS à 400 XGS).
 - Robinet d'isolement de chambre indépendant du réglage de la vitesse de manœuvre,
 - Maintenance sans démontage de la conduite,
 - Démontage par le dessus.
 - Bouchon de vidange (inox).
- Conforme à la norme EN 1074-5.
- Diaphragme suivant norme NF EN ISO 5167/2.

Fonctions

- Limiter un débit quelles que soient les variations de la pression amont et de la pression aval dans les limites d'emploi conseillées.
- Fermer et remettre en régulation par commande manuelle.

Applications

- Fourniture d'eau en gros (industrie, syndicats inter-communaux, agriculture...),
- Equilibrage des débits sur un réseau,
- Limitation de débit vers un réservoir, une station de traitement,
- Mélange d'eau, etc...

Tests

- Fabrication entièrement testée suivant norme ISO 5208-2.

Caractéristiques

- Gamme :
 - DN 50 à 600 pour modèle XG,
 - DN 150 à 600 pour modèle XGS,
 - DN 700 à 1000 modèle XG et XGS, nous consulter.
- PFA 25.
- Pression différentielle maximum : 10 bar
- Température d'utilisation : + 1 °C à + 65°C.
- Etanchéité : catégorie A suivant norme ISO 5208-2.
- Dimensions face-à-face suivant normes NF EN 558-1 série 1 (sauf DN 1000) et ISO 5752 série 1 (sauf DN 1000) pour la vanne de base (hors bride porte diaphragme).
- Perçage des brides de raccordement suivant normes EN 1092-2 et ISO 7005-2 ISO PN 10, 16 ou 25 pour DN 50 à 1000 (autres perçages, nous consulter).
- Fluide : eau potable ou eau brute dégrillée à 2 mm.
- Réglage : 1 à 4 m/s, (autres valeurs, nous consulter).

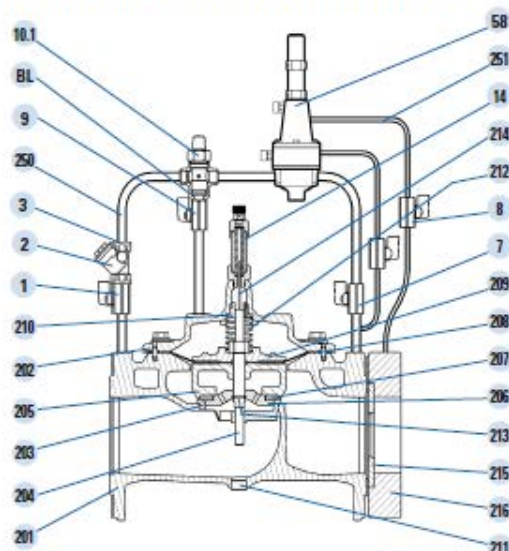


Caractéristiques et performances peuvent être modifiées sans préavis en fonction de l'évolution technique

PPHT06-06-151B-FR

VANNE DE REGULATION "HYDRO LIMITEUR DE DEBIT"
DN 50 à 1000 - Série K2 10

DN 50 XG à 300 XG et DN 150 XGS à 400 XGS



Rep.	Désignation	Nb	Matériaux	Normes
Vanne de base				
201	Corps*	1	Fonte GS / EN-GJS-450-10	NF EN 1563
202	Chapeau**	1	Fonte GS / EN-GJS-450-10	NF EN 1563
203	Siège	1	Inox 316 / X5CrNiMo17-12-2	NF EN 10088
204	Axe	1	Inox 420 / X20Cr13	NF EN 10088
205	Porte clapet** : DN50XG à 200XG	1	Fonte GL / EN-GJL-250	NF EN 1561
	DN250XG à 300XG		Fonte GS / EN-GJS-450-10	NF EN 1563
	DN150XGS à 250XGS		Fonte GL / EN-GJL-250	NF EN 1561
	DN300XGS à 400XGS		Fonte GS / EN-GJS-450-10	NF EN 1563
206	Serre clapet	1	Inox 316 / X5CrNiMo17-12-2	NF EN 10088
207	Clapet	1	Elastomère / EPDM	
208	Membrane	1	Elastomère toile / CR	
209	Flasque** : DN50XG à 150XG	1	Fonte GL / EN-GJL-250	NF EN 1561
	DN200XG à 300XG		Fonte GS / EN-GJS-450-10	NF EN 1563
	DN150XGS à 200XGS		Fonte GL / EN-GJL-250	NF EN 1561
	DN250XGS à 400XGS		Fonte GS / EN-GJS-450-10	NF EN 1563
210	Bague de guidage	1	Bronze / CuSn12	NF EN 1982
211	Bouchon	1	Inox 316L / X2CrNiMo17-12-2	NF EN 10088
212	Ressort	1	Inox 302 / X10CrNi18-08	NF EN 10088
213	Jonc de retenue	1	Inox 302 / X10CrNi18-08	NF EN 10088
214	Tige indicateur	1	Inox 321 / X6CrNiTi18-10	NF EN 10088
14	Indicateur de position	1	Cupro-alliage+verre+EPDM / CuZn39Pb3+EPDM	NF EN 12164
215	Diaphragme de mesure	1	Inox 304/X5CrNi18-10	NF EN 10088
216	Bride porte diaphragme** : DN 50 à 400	1	Acier/S 235 JR	NF EN 1002
	Joint torique	s/DN	Elastomère / EPDM	
	Boulonnerie	s/DN	Inox A2	NF EN 10088
Circuit pilote				
1	Robinet d'isolement amont	1	Cupro-alliage nickelé	
2	Filtre à tamis	1	Bronze+Cu-pro-alliage+Inox	
3	Diaphragme	1	Inox 303 / X8CrNiS18-9	NF EN 10088
7	Robinet d'isolement aval	1	Cupro-alliage nickelé	
8	Robinet d'isolement	2	Cupro-alliage nickelé	
9	Robinet d'isolement de chambre	1	Cupro-alliage nickelé	
10.1	Ralentisseur d'ouverture	1	Cupro-alliage+Inox+EPDM	
58	Pilote limiteur de débit G3/8	1	voir détail ci-contre	
BL	Bloc de liaison	1	Bronze / CuSn12	NF EN 1982
250	Tube circuit pilote	s/DN	Inox 316L / X2CrNiMo17-12-2	NF EN 10088
251	Flexible pression statique	2	EPDM + Inox 316L / X2CrNiMo17-12-2	NF EN 10088
	Raccords circuit pilote***	s/DN	Inox 316L / X2CrNiMo17-12-2	NF EN 10088
	Robinet porte manomètre***	2	Cupro-alliage nickelé	

Plan de nomenclature pour DN 50 XG à 300 XG et DN 150 XGS à 400 XGS, autres modèles nous consulter.

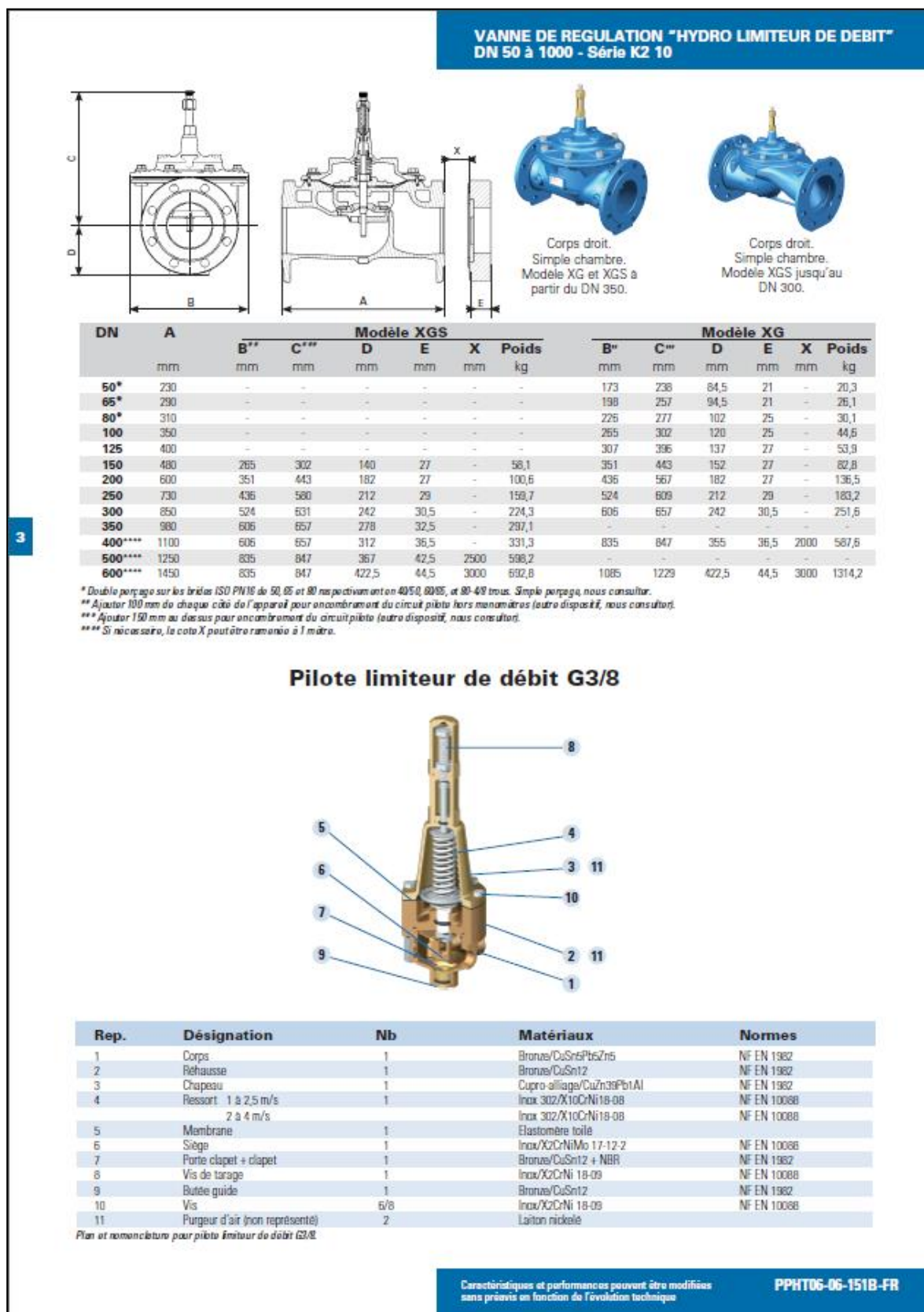
* Revêtement époxy bleu

** Revêtement cathodique + époxy bleu

*** Non représentés

Caractéristiques et performances peuvent être modifiées
sans préavis en fonction de l'évolution technique

PPHT06-06-151B-FR



VANNE DE REGULATION "HYDRO LIMITEUR DE DEBIT" DN 50 à 1000 - Série K2 10

Principe de fonctionnement

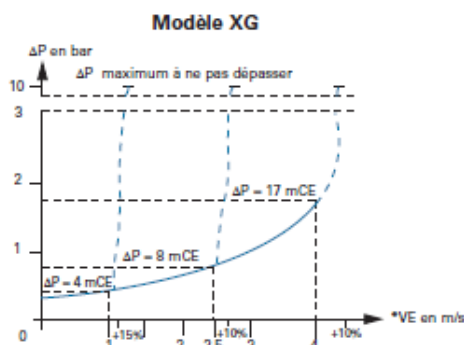
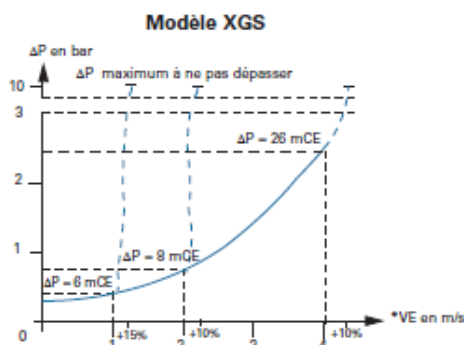
- Se reporter à la notice générale Série K pour les performances, le fonctionnement et les options sur la vanne Hydrobloc.
- Fonction limitation de débit :**
L'appareil se compose de la vanne de base à l'aval de laquelle est montée une prise de pression différentielle (diaphragme) et d'un circuit pilote. Le pilote mesure la pression différentielle entre l'amont et l'aval du diaphragme.
 - Si le débit augmente, la pression différentielle augmente, ce qui tend à faire fermer le pilote et par conséquent la vanne de base.
 - Si le débit diminue, la pression différentielle diminue, ce qui tend à ouvrir le pilote et par conséquent la vanne de base.

La vanne de base reproduit les mouvements du dispositif de pilotage.

Performances :

- Le principe de pilotage assure une excellente précision de la limitation de débit. Pour des débits inférieurs à la valeur de réglage, l'appareil n'introduit qu'une faible perte de charge générée par la vanne de base et le diaphragme (voir courbes et tableau ci-dessous).

Courbes type de régulation



Pertes de charge

Vitesse équivalente en m/s	Précision en % du débit réglé	Perte de charge* mini (hors régulation) en mCE pour modèle « XGS »	Perte de charge* mini (hors régulation) en mCE pour modèle « XG »
1,0	15%	6,0	4,0
1,5	10%	7,0	5,0
2,0	10%	8,0	6,0
2,5	10%	11,0	8,0
4,0	10%	26,0	17,0

* Valeurs moyennes pour un diaphragme de mesure standard, pouvant varier légèrement en fonction du DN.

Dimensionnement des appareils

Choix du modèle

La gamme BAYARD présente deux constructions différentes à partir du DN 150 : modèle XGS et XG.

Le choix entre les deux modèles dépend des conditions de débit et de pression.

- Le modèle XGS est particulièrement adapté quand il y a un risque de cavitation.
- Le modèle XG sera préféré quand la perte de charge disponible est faible.

Vitesses d'écoulement conseillées (VE)

Les vitesses d'écoulement conseillées sont liées aux plages de réglage des pilotes (voir paragraphe « Plages de réglage »).

Le diamètre des appareils de régulation doit être déterminé en fonction des conditions de débit et de la perte de charge disponible aux bornes de l'appareil. De manière générale, deux cas sont envisagés :

Cas 1

La perte de charge disponible au débit de réglage souhaité est faible (de l'ordre de 1 bar) tout en restant supérieure aux valeurs indiquées dans le tableau précédent. On choisira alors le DN pour lequel la vitesse VE (correspondant aux débits de réglage) se situe :

- dans la plage de 1 à 2 m/s pour le modèle XGS,
- dans la plage de 1 à 2,5 m/s pour le modèle XG.

Cas 2

La perte de charge disponible au débit de réglage souhaité est forte, et est largement supérieure aux valeurs indiquées dans le tableau précédent. On choisira alors le DN pour lequel la vitesse VE (correspondant aux débits de réglage) se situe :

- dans la plage de 2 à 4 m/s pour le modèle XGS,
- dans la plage de 2,5 à 4 m/s pour le modèle XG.

**VANNE DE REGULATION "HYDRO LIMITEUR DE DEBIT"
DN 50 à 1000 - Série K2 10**

Nota

- Si la perte de charge disponible au débit de réglage est supérieure à 10 bar, prévoir un dispositif de réduction de pression annexe. (stabilisateur de pression ou diaphragme complémentaire, nous consulter).
- Lors du choix du DN, prévoir les évolutions possibles du débit à limiter.
- Les valeurs indiquées sont obtenues avec un diaphragme standard. D'autres solutions sont possibles avec un diaphragme spécial.

Débits conseillés (litre/seconde)

		VE*/ DN	50	65	80	100	125	150	200	250	300	350	400	500	600	700	800	900	1000
Modèle	Cas 1	Débit mini	1	-	-	-	-	18	31	49	71	96	126	196	283	385	-	636	785
		Débit maxi	2	-	-	-	-	35	63	98	141	192	251	393	565	770	-	1272	1571
	Cas 2	Débit mini	2	-	-	-	-	35	63	98	141	192	251	393	565	770	-	1272	1571
		Débit maxi	4	-	-	-	-	71	126	196	283	385	503	785	1131	1539	-	2545	3142
Modèle	Cas 1	Débit mini	1	2,0	3,3	5,0	7,9	12	18	31	49	71	-	126	-	283	-	503	-
		Débit maxi	2,5	4,9	8,3	13	20	31	44	79	123	177	-	314	-	707	-	1257	-
	Cas 2	Débit mini	2,5	4,9	8,3	13	20	31	44	79	123	177	-	314	-	707	-	1257	-
		Débit maxi	4	7,9	13	20	31	49	71	126	196	283	-	503	-	1131	-	2011	-

* VE (m/s) = Vitesse Équivalente : vitesse moyenne dans la section d'entrée (DN).

Cavitation

Il convient de se reporter au diagramme de cavitation dans la notice générale Série K des vannes de régulation afin de vérifier la zone de fonctionnement.

Plages de réglage

5

Le tableau ci-dessous précise les plages de réglage de débit des appareils en fonction du DN et du type de pilote.

Modèle	DN	Pilote	Plage de réglage des ressorts standards
XGS	150 à 400	G3/8	1 à 2 m/s ou 2 à 4 m/s
	500 à 600	G3/4	1 à 2 m/s ou 2 à 4 m/s
XG	50 à 300	G3/8	1 à 2,5 m/s ou 2,5 à 4 m/s
	400 à 600	G3/4	1 à 2,5 m/s ou 2,5 à 4 m/s

Lors de la consultation ou de la commande, il est nécessaire de préciser la valeur de réglage du débit à limiter.

Montage

- Notice de pose et d'entretien livrée avec l'appareil et disponible, si besoin, sur demande.
- Le montage doit se faire suivant le schéma de principe figurant dans la notice générale Série K.
En cas de montage en parallèle, le by-pass devra être équipé selon le même schéma de principe.
Prévoir une ventouse ou Vannair à l'amont de l'appareil si la conduite monte ou est horizontale, à l'aval si elle descend.
- Si le débit de réglage doit être fréquemment modifié l'installation d'un compteur ou d'un débitmètre est souhaitable (montage de préférence à l'amont après une longueur droite selon instructions du constructeur).
- Pour une meilleure régulation, le diaphragme peut être déporté à l'aval (à partir des diamètres 400 XG et 500 XGS, le déport du diaphragme est obligatoire). On peut considérer qu'un tronçon droit de 5 x DN avec un minimum de 1 mètre correspond à une installation idéale. La récupération d'énergie est totale à 6 DN à l'aval du diaphragme.
- Pour une bonne précision de la limitation de débit, s'assurer que l'écoulement s'opère à pleine section dans la zone du diaphragme de mesure (amont et aval).
- Le regard doit être assez vaste et accessible pour permettre aisément le contrôle des manomètres (en option) et de l'indicateur de position, ainsi que les opérations de maintenance.
Une marge libre de 1 m autour et 0,20 m au-dessous des appareils est un minimum, à adapter selon DN.
- Le regard doit comporter un système de drainage ou une évacuation d'eau.
- La différence de pression entre l'amont et l'aval provoque une poussée qui peut être importante. Prévoir le(s) dispositif(s) de butée nécessaire(s).

Maintenance

Se reporter à la notice de pose et d'entretien livrée avec l'appareil.

Applications particulières

Pour les options disponibles sur la vanne de base ou le circuit pilote, se reporter à la notice générale Série K des vannes de régulation Hydrobloc.
Veuillez nous consulter pour les applications spécifiques, en précisant les conditions d'utilisation (pressions amont et aval ; débits minimum et maximum, hauteur de réservoir, configuration d'installation, fonctions souhaitées etc...).

Caractéristiques et performances peuvent être modifiées sans préavis en fonction de l'évolution technique

PPHT06-06-151B-FR

Anexo G - Tabelas de Correção dos DN para tubos de PEAD e PVC com Pressão Nominal de 10 bar

Tabela 8 - Correção dos DN para Tubos de PEAD com Pressão Nominal de 10 bar.

PEAD - PE 100 (PN 10)	
Diâmetro Nominal (mm)	Diâmetro Interior (mm)
63,00	55,40
75,00	66,00
90,00	79,20
110,00	96,80
125,00	110,20
140,00	123,40
160,00	141,00
180,00	158,60
200,00	176,20
225,00	198,20
250,00	220,40
280,00	246,80
315,00	277,60
355,00	312,80
400,00	352,60

Tabela 9 - Correção dos DN para Tubos de PVC com Pressão Nominal de 10 bar.

PVC-U (PN 10)	
Diâmetro Nominal (mm)	Diâmetro Interior (mm)
63,00	57,00
75,00	67,80
90,00	81,40
110,00	99,04
125,00	113,00
140,00	126,60
160,00	144,60
200,00	180,80
250,00	226,20
315,00	285,00
400,00	361,80
500,00	452,40

- Esta página foi intencionalmente deixada em branco -