

CONTROLO DE PERDAS APARENTES EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA COM UTILIZAÇÃO DE TELECONTAGEM

RUI MIGUEL GONÇALVES MALHEIRO

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de
MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM HIDRÁULICA

Orientador: Professor Doutor Joaquim Manuel Veloso Poças Martins

Co-Orientador: Engenheira Fernanda da Conceição de Abreu
Lacerda

JULHO DE 2011

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2010/2011

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ miec@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

✉ feup@fe.up.pt

🌐 <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 Civil - 2010/2011 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2011.*

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.

Este documento foi produzido a partir de versão electrónica fornecida pelo respectivo Autor.

AGRADECIMENTOS

Esta dissertação não é fruto exclusivo do meu trabalho mas conta com o apoio imprescindível de diversas pessoas que, da forma mais apropriada, fizeram valer as suas capacidades não só no sentido de viabilizar este trabalho, como ainda para que fosse atingida uma maior qualidade. Entre elas pretendo destacar:

O Prof. Joaquim Poças Martins, pela orientação, espírito crítico e flexibilidade com as minhas escolhas durante a realização do trabalho. Destaco ainda a grande oportunidade que me concedeu, de realizar o trabalho na Águas do Porto, EEM, e a disponibilização de recursos.

A Eng.^a Fernanda Lacerda pela disponibilização de sugestões e revisão do trabalho apresentado.

O Eng.^o João Paulo pela receptividade no esclarecimento de dúvidas e disponibilização de informação ao longo do trabalho. Destaco ainda o grande contributo na programação de software de tratamento de dados, que se revelou uma ferramenta importantíssima no estudo de caso da telecontagem.

A Eng.^a Rita Cunha, pelo acompanhamento do trabalho, as sugestões dadas, a informação disponibilizada e pela constante disponibilidade para esclarecimentos. De igual modo pretendo destacar a Eng.^a Inês Alves e o Eng.^o Arménio Miranda, pela dedicação e preocupação com que este trabalho corresse da melhor forma. Em todos eles realço o cuidado em proporcionar um bom ambiente de trabalho, que em muito favoreceu a qualidade desta dissertação.

Muitos outros colaboradores da Águas do Porto, EEM, que fizeram com que este trabalho corresse sempre da forma mais agradável e desembaraçada, disponibilizando todos os recursos para que fosse obtido o melhor resultado possível.

Os meus pais, que com o seu constante apoio, sempre me garantiram a segurança, confiança, estabilidade, compreensão e incentivo para que todos os meus projetos atingissem o melhor resultado possível.

Os colegas e amigos que, além de me acompanharem, proporcionarem bons ambientes e disponibilizarem a sua ajuda e troca de ideias, compreenderam as minhas ausências nos momentos em que precisava de dedicar-me inteiramente ao trabalho.

RESUMO

Uma das mais importantes problemáticas com que as entidades de distribuição de água se devem preocupar são as perdas no sistema de abastecimento. A água perdida é a soma das perdas reais e aparentes. Nesta dissertação faz-se uma abordagem ao controlo deste último tipo de água não facturada.

Através da disponibilização de dados da empresa Águas do Porto, EEM, são estudadas três situações integradas no combate de perdas aparentes; a subcontagem numa amostra dos contadores substituídos em 2009 na cidade do Porto, a investigação sobre casos particulares de consumidores, no sentido de entender se os seus contadores se adequam ao consumo, e por fim um estudo e exploração das potencialidades da telecontagem já implementada na cidade do Porto.

A primeira análise assenta nas variações dos consumos domésticos com a substituição. Baseando-se nas leituras registadas no ano anterior e posterior à substituição, procura-se perceber as variações de consumo e entender as necessidades de substituição de determinado tipo de contadores.

No segundo caso pretende-se fazer uma análise detalhada dos consumos de alguns grandes clientes, e entender se o contador que dispõem é o mais adequado às suas necessidades. Caso não seja, seleccionar um outro que possibilite uma contagem mais rigorosa.

Os sistemas de telemetria domiciliária instalados pela Águas do Porto, EEM, estão dispostos em várias zonas da cidade onde se verificam maiores dificuldades na recolha de leituras. Além disso a empresa decidiu implementar esta tecnologia em zonas piloto a fim de estudar as suas potencialidades. Uma delas é o Bairro de Aldoar. Aí existe um total controlo sobre a rede, o consumo é totalizado à entrada e todos os contadores dispõem de sistema de telecontagem.

O estudo apresentado pretende começar por fazer uma estimativa da água perdida na zona em estudo. Com base nessa informação e em outros fatores é feita uma análise ao potencial benefício da implementação do sistema de telemetria domiciliária no bairro. Objectiva-se com isso que a empresa fique com ideia mais clara com respeito ao benefício que terá na extensão do projecto a outras áreas da cidade.

PALAVRAS-CHAVE: perdas aparentes, contadores, subcontagem, consumo não autorizado, telecontagem

ABSTRACT

The losses in the water supply are one of the most important issues that companies responsible for water distribution must be concerned about. The water losses are the result of real and apparent losses. This dissertation presents an approach for the control of apparent water losses in non-revenue water.

Using data provided by Águas do Porto, EEM, three cases in combating the apparent losses are studied: the under-registration in a sample of the meters replaced in 2009 at Porto city; the investigation about particular consumers cases, as a way to understand whether their meters are suited to consumption. And, finally, we undertake a study exploring the potentialities of remote meter reading already implemented in the city of Porto.

The first analysis is based on changes in domestic consumption with replacement. Based on the readings recorded in the years immediately before and after the substitution, we seek to understand the changes in consumption and the needs to replace certain types of meters.

In the second case we intend to make a detailed analysis of consumption of a few large customers, and understand that whether the meter used by them is best suited to their needs. In case the meter is not appropriate, to select one which allows a more accurate record.

The domestic remote meter readings installed by Águas do Porto, EEM, arranged in several areas of the city, where there are major difficulties in the collection of readings. Furthermore, the company decided to implement this technology in pilot areas in order to study their potential. One of the pilot areas is Bairro de Aldoar. There exists a total control over the network, the consumption is totaled and all the counters have a remote meter reading system.

The present study aims to start by making an estimate of water wastage in the studied area. Based on that information and other factors, an analysis is performed about the potential benefits of implementing the domestic remote meter reading systems in neighborhood. With this objective the company will have a clearer view about the benefit that this will have on extending the project to other areas of the city

KEYWORDS: apparent losses, water meters, under-registration, unauthorized consumption, remote meter reading.

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	i
RESUMO	iii
ABSTRACT	v

1. INTRODUÇÃO

1

1.1. APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA	1
-------------------------------------	---

1.2. ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO	2
---------------------------------------	---

2. PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

5

2.1. MEDIÇÃO DE CONSUMOS	5
--------------------------------	---

2.1.1. CONCEITOS BÁSICOS	5
--------------------------------	---

2.1.2. LEGISLAÇÃO NA MEDIÇÃO DE CONSUMOS	6
--	---

2.1.2.1. Norma anterior, Directiva 75/33/CEE	7
--	---

2.1.2.1. Norma actual	8
-----------------------------	---

2.1.3. CONTAGEM DE ÁGUA	10
-------------------------------	----

2.1.3.1. Formas de medição de consumos	10
--	----

2.1.3.2. Principais contadores para medição de consumos	11
---	----

2.1.3.3. Administração do parque de contadores	18
--	----

2.1.4. SELEÇÃO DO MEDIDOR	20
---------------------------------	----

2.1.4.1. Gama de caudais previsíveis	20
--	----

2.1.4.2. Caudais extremos	21
---------------------------------	----

2.1.4.3. Precisão pretendida	21
------------------------------------	----

2.1.4.4. Pressão da rede	21
--------------------------------	----

2.1.4.5. Perda de pressão na rede	21
---	----

2.1.4.6. Caracterização físico-química da água	21
--	----

2.1.4.7. Particularidades do local de instalação	22
--	----

2.1.4.8. Condições de Instalação	22
--	----

2.1.5. ESTIMATIVAS DOS CONSUMOS	22
---------------------------------------	----

2.2. PERDAS APARENTES	22
-----------------------------	----

2.2.1. DEFINIÇÃO DE PERDAS APARENTES	22
--	----

2.2.2. FACTORES QUE CONSTITUEM AS PERDAS APARENTES	24
--	----

2.2.3. INFLUÊNCIA DOS ERROS DE MEDIÇÃO	25
2.2.3.1. Caracterização geral	25
2.2.3.2. Principais causas dos erros de medição	26
2.2.4. INFLUÊNCIA DOS ERROS HUMANOS	30
2.2.4.1. Caracterização geral	30
2.2.4.2. Problemas associados aos erros humanos	31
2.2.5. INFLUÊNCIA DOS ERROS INFORMÁTICOS	31
2.2.5.1. Caracterização geral	31
2.2.5.2. Principais causas dos erros informáticos	32
2.2.6. INFLUÊNCIA DO CONSUMO NÃO AUTORIZADO	32
2.2.6.1. Caracterização geral	32
2.2.6.2. Principais formas de consumo não autorizado	32
2.2.7. MÉTODOS DE COMBATE ÀS PERDAS APARENTES	35
2.2.7.1. Redução dos erros de medição.....	36
2.2.7.2. Redução dos erros humanos	38
2.2.7.3. Redução dos erros de informáticos.....	39
2.2.7.4. Redução do consumo não autorizado.....	40
2.3. TELECONTAGEM.....	41
2.3.1. ENQUADRAMENTO.....	41
2.3.2. CONSTITUIÇÃO DO SISTEMA	41
2.3.2.1. Unidade local	43
2.3.2.2. Concentrador	44
2.3.2.3. Sistema de comunicação	46
2.3.2.4. Unidade de recolha e processamento de dados.....	48
2.3.3. POTENCIALIDADES DOS SISTEMAS DE TELEMETRIA DOMICILIÁRIA.....	48
2.3.3.1. Principais motivações para a utilização da telecontagem	48
2.3.3.2. Desafios na instalação da telecontagem	49
2.3.3.3. Telecontagem no combate às perdas aparentes	50
2.3.4. ENQUADRAMENTO TÉCNICO E NORMATIVO.....	51
2.3.5. EXEMPLOS DA APLICAÇÃO DE SISTEMAS DE TELEMETRIA DOMICILIÁRIA EM PORTUGAL	52
2.3.5.1. Braga	52
2.3.5.2. Matosinhos	53
2.3.5.3. Aveiro.....	53

2.3.5.4. Oeiras e Amadora	53
2.3.5.5. Lisboa	54
2.3.5.6. Porto	54
2.4. CONCLUSÃO DA PESQUISA BIBLIOGRÁFICA	55
 3. ÂMBITO E OBJETIVOS	57
3.1. ÂMBITO	57
3.2. OBJETIVOS	57
2.4. CONCLUSÃO DA PESQUISA BIBLIOGRÁFICA	57
 4. ESTUDO DE CASO	59
4.1. ÁGUAS DO PORTO EEM	59
4.2. SUBSTITUIÇÃO DE CONTADORES	61
4.2.1. INTRODUÇÃO	61
4.2.2. ANÁLISE DOS DADOS	61
4.2.2.1. Apreciação por marca	65
4.2.2.2. Apreciação por modelo	68
4.2.2.3. Apreciação por calibre.....	70
4.2.2.4. Apreciação por estrato	73
4.2.2.5. Apreciação por volume totalizado	75
4.2.3. CONCLUSÕES	76
4.3. SELEÇÃO DO CONTADOR	76
4.3.1. INTRODUÇÃO	76
4.3.2. ANÁLISE DOS CONTADORES.....	78
4.3.2.1. Piscina 1	78
4.3.2.2. Hospital 1	81
4.3.2.3. Hospital 2	83
4.3.2.4. Hospital 3	85
4.3.2.5. Piscina 2	86
4.3.3. CONCLUSÕES	88
4.4. TELECONTAGEM NO BAIRRO DE ALDOAR	88
4.4.1. INTRODUÇÃO	88
4.4.2. CARACTERIZAÇÃO DO BAIRRO DE ALDOAR	89

4.4.3. SISTEMA DE ABASTECIMENTO NO BAIRRO DE ALDOAR	91
4.4.4. SISTEMA DE TELECONTAGEM NO BAIRRO DE ALDOAR.....	94
4.4.4.1. Unidade local	94
4.4.4.2. Concentradores e comunicação	97
4.4.4.3. Custos de implementação	99
4.4.5. RECOLHA DA INFORMAÇÃO	99
4.4.6. ANÁLISE DOS CONSUMOS	100
4.4.6.1. Consumos diários	101
4.4.6.2. Na análise semanal	104
4.4.7. ANÁLISE DE ÁGUA NÃO FATURADA	107
4.4.8. BALANÇO HÍDRICO BAIRRO DE ALDOAR	108
4.4.9. ANÁLISE ÀS PERDAS APARENTES	109
4.4.9.1. Consumos não autorizado.....	110
4.4.9.2. Erros de medição.....	112
4.4.9.3. Benefício da telecontagem no Bairro de Aldoar	113
4.4.9. CONCLUSÕES	114
 5. CONCLUSÕES FINAIS	 115
5.1. CONCLUSÕES	115
5.2. RECOMENDAÇÕES PARA ESTUDOS FUTUROS	116
 BIBLIOGRAFIA	 117
 ANEXOS	 121

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 2.1 Perfis de velocidades de escoamento laminar e turbulento	6
Fig. 2.2 Comparação das classes de precisão e curva de erros exemplo	8
Fig. 2.3 Comparação de contadores (adaptado de Estevan, 2005)	9
Fig.2.4 Esquema de funcionamento de contador volumétrico de êmbolo (electrodomesticosforum.com)	11
Fig. 2.5 Esquema de funcionamento de contador volumétrico de discos (Arregui, et al., 2006 (b))	12
Fig. 2.6 Componentes de um contador volumétrico de discos (Arregui, et al., 2006 (b))	12
Fig. 2.7 Foto de contadores volumétricos de modelos atuais	13
Fig. 2.8 Esquema de funcionamento de um contador velocimétrico do tipo multijacto (janz.pt, 2011).13	
Fig. 2.9 Constituição de um contador tipo multijacto (Arregui, et al., 2006 (b))	14
Fig. 2.10 Foto de contadores multijacto DN 15 de modelos actuais (Colarejo, 2011).....	14
Fig. 2.11 Esquema de funcionamento de um contador velocimétrico do tipo monojacto (janz.pt, 2011)15	
Fig. 2.12 Constituição de um contador tipo monojacto (Arregui, et al., 2006 (b))	15
Fig. 2.13 Foto de contadores monojacto de modelos actuais (Colarejo, 2011)	16
Fig. 2.14 Esquema de funcionamento de turbina helicoidal (Colarejo, 2011)	16
Fig.2.15 Esquema de funcionamento de contador Woltmann, de eixo horizontal e vertical, respetivamente (Colarejo, 2011)	16
Fig. 2.16 Foto de contadores Woltmann, de eixo horizontal e vertical, respetivamente (Colarejo, 2011)17	
Fig. 2.17 Medição de diferencial de pressão (electrodomesticosforum.com).....	18
Fig. 2.18 Diagrama de análise do período óptimo de substituição de um contador (janz.pt, 2011).....	19
Fig. 2.19 Representação de vários valores para o indicador ALI	24
Fig. 2.20 Os quatro componentes das perdas aparentes (Rizzo, et al., 2007)	24
Fig. 2.22 Curva de erro de um contador (Yaniv, s/data (a)).	25
Fig. 2.23 Acumulação de calcário no interior de um contador (Arregui, et al., 2005).....	26
Fig. 2.24 Entupimento parcial causado por calcário e partículas em suspensão (Arregui, et al., 2006 (b))	27
Fig. 2.24 Influência de um tanque de armazenamento privado nos padrões de consumo de água doméstica (Arregui, et al., 2005)	28
Fig. 2.25 Esquema de contador inclinado	28
Fig. 2.26 Curva de precisão de um contador de jacto de 15 mm em diferentes posições de montagem (Arregui, et al., 2005).....	29
Fig. 2.27 Ligação clandestina adaptado de Lédo (1999).....	33
Fig. 2.28 Ligação por “bypass” Lédo (1999)	33

Fig. 2.29 Ligação por derivação de ramal Lédo (1999).....	34
Fig. 2.30 Contador violado por colocação de objectos obstrutores no interior (Arregui, et al., 2006 (2))	34
Fig. 2.31 Contador Violado com lacre retirado, (adaptado de Pereira, 2007).....	35
Fig. 2.32 Contador Violado com furo na cúpula (adaptado de Pereira, 2007).....	35
Fig. 2.33 UFR (Yaniv, s/data (a))......	36
Fig. 2.34 Funcionamento de UFR (adaptado de (Yaniv, s/data (b)).A.R.I., s/data).....	37
Fig. 2.35 Uso de UFR na rede de distribuição (Yaniv, s/data (b)).	37
Fig. 2.36 Regulação dos caudais com UFR (Yaniv, s/data (a)).	37
Fig. 2.37 (1) – Contador e emissor de impulsos (2) – Concentrador (3) – Sistema <i>Drive-by</i> (4) – Descarga dos dados na EG(5) - EG.....	42
Fig. 2.38 – Unidade local. 1.contador 2.totalizador 3.emissor de impulsos e módulo de comunicação	43
Fig. 2.39 Exemplo de concentrador	44
Fig. 2.40 Instalação de um concentrador no topo de um edifício	44
Fig. 2.41 Exemplo de sistema <i>Drive-by</i> , TPL composto por um receptor de rádio e um PDA (Águas do Porto, 2011)	45
Fig. 2.42 Contadores dispostos em bateria(Medeiros, et al., 2007)	46
Fig. 2.43 Exemplo de repetidor de dados (janz.pt, 2011)	46
Fig. 2.44 Representação de estrutura de comunicações, adaptado (EnerMeter, 2011)).....	48
Fig. 4.1 Estrutura Organizacional da Águas do Porto EEM (Águas do Porto).....	59
Fig. 4.2 Influência da mudança de contador no consumo.....	64
Fig. 4.3 Número de contadores por marca.....	66
Fig. 4.4 Total dos volumes médios diários, por marca, antes da substituição [m ³]	66
Fig. 4.5 Consumo médio diário, por contador e por marca, antes da substituição [m ³].....	67
Fig. 4.6 Variações médias diárias nos consumos, por contador e por marca, com a substituição [m ³].....	67
Fig. 4.7 Número de contadores por modelo	68
Fig. 4.8 Total dos volumes médios diários, por modelo, antes da substituição [m ³].....	69
Fig. 4.9 Consumo médio diário, por contador e por modelo, antes da substituição [m ³].....	69
Fig. 4.10 Variações médias diárias nos consumos, por contador e por modelo, com a substituição [m ³]	70
Fig. 4.11 Número de contadores por calibre	71
Fig. 4.12 Total dos volumes médios diários, por calibre, antes da substituição [m ³].....	71
Fig. 4.13 Consumo médio diário, por contador e por calibre, antes da substituição [m ³].....	72
Fig. 4.14 Variações médias diárias nos consumos, por contador e por calibre, com a substituição [m ³]	72

Fig. 4.15 Número de contadores por estrato	73
Fig. 4.16 Total dos volumes médios diários, por estrato, antes da substituição [m ³]	73
Fig. 4.17 Consumo médio diário, por contador e por estrato, antes da substituição [m ³]	74
Fig. 4.18 Variações médias diárias nos consumos, por contador e por estrato, com a substituição [m ³]74	
Fig. 4.19 Variações médias de consumo com o uso em função do volume [m ³ /dia]	75
Fig. 4.20 Probabilidade de ocorrência de consumos, Piscina 1	79
Fig. 4.21 Variações do consumo diário médios na faturação no período em estudo, Piscina 1	80
Fig. 4.22 Probabilidade de ocorrência de consumos, Hospital 1, 01/07/2009 a 02/06/2011	82
Fig. 4.23 Variações do consumo diário médios na faturação no período em estudo, Hospital 1 [m ³] .82	
Fig. 4.24 Probabilidade de ocorrência de consumos, Hospital 2, 14/04/2008 a 11/06/2011	84
Fig. 4.25 Variações do consumo diário médios na faturação no período em estudo, Hospital 2 [m ³] .84	
Fig. 4.26 Probabilidade de ocorrência de consumos, Hospital 3, 01/01/2009 a 02/06/2011.....	85
Fig. 4.27 Variações do consumo diário médios na faturação no período em estudo, Hospital 3 [m ³] .86	
Fig. 4.28 Probabilidade de ocorrência de consumos, Piscina 2 [m ³ /h], 11/03/2010 a 02/06/2011.	88
Fig. 4.29 Variações na faturação no período em estudo	88
Fig. 4.30 Localização do Bairro de Aldoar na cidade do Porto (livemaps.com, 2008)	89
Fig. 4.31. Fotografia aérea do Bairro de Aldoar, delimitação, adaptado (livemaps.com, 2008).....	90
Fig. 4.32: Delimitação do bairro e pontos de entrega (Águas do Porto EEM)	92
Fig. 4.33 Conduitas e Ramais no Bairro de Aldoar (Águas do Porto EEM)	92
Fig. 4.34 Rede após colocação de válvulas de corte, totalizador e conduta adicional (adaptado Águas do Porto EEM)	93
Fig. 4.35 Disposição final dos concentradores e totalizador (adaptado Águas do Porto EEM)	94
Fig. 4.36 Curva de erros do contador Altair V3 DN 15.....	95
Fig. 4.37 Fotografia do contador Altair V3 DN 15	96
Fig. 4.38. Emissor de sinal Izar R3.5 868	96
Fig. 4.39 Contador Aquila V4 DN 100	97
Fig 4.40 Concentrador Izar Receiver GPRS/LAN	98
Fig. 4.41 Emissor de sinal Izar R3.5 868	98
Fig.4.42 Datalogger Cello 4.....	99
Fig. 4.43 Volumes consumidos, contados e não facturados, quarta-feira dia 1 de Junho	101
Fig. 4.44 Volumes consumidos, contados e não faturados, quinta-feira dia 2 de Junho	101
Fig. 4.45 Volumes consumidos, contados e não faturados, sexta-feira dia 3 de Junho.....	102
Fig. 4.46 Volumes consumidos, contados e não faturados, sábado dia 4 de Junho.....	102
Fig. 4.47 Volumes consumidos, contados e não faturados, domingo dia 5 de Junho.....	103

Fig. 4.48 Volumes consumidos, contados e não faturados, segunda-feira dia 6 de Junho.....	103
Fig. 4.49 Volumes consumidos, contados e não facturados, terça-feira dia 7 de Junho.....	104
Fig. 4.50 Soma semanal dos consumos a cada 5 minutos [m ³]	104
Fig. 4.51 Soma semanal dos consumos a cada hora	105
Fig. 4.52 Zonas de medição e controlo com a localização dos pontos de monitorização e controlo , pontos de entrega e reservatórios (Águas do Porto, 2010)	106
Fig. 4.53 Águas do Porto - Balanço Hídrico Zona Fonte da Moura e Preciosa de 1 Jul 2008 a 30 Jun 2009 (m3) (Águas do Porto, 2009)	106
Fig. 4.54 Volumes semanais de consumo não autorizado, perdas reais e aparentes no Bairro de Aldoar, dias 1 a 7 de Junho [m ³]......	107
Fig. 4.55 Volumes semanais de consumo não autorizado no Bairro de Aldoar, dias 1 a 7 de Junho [m ³]......	108
Fig. 4.56 Variações percentuais das perdas reais e aparentes no Bairro de Aldoar, dias 1 a 7 de Junho	108
Fig. 4.57 Balanço hídrico do bairro de Aldoar de 1 a 7 de Junho de 2011 [m ³]......	109
Fig. 4.58 Exemplo de contador com consumo médio semanal nulo, dias 1 a 7 de Junho	110
Fig. 4.59 Exemplo de contador com consumo médio semanal significativamente baixo, dias 1 a 7 de Junho	111
Fig. 4.60 Percentagens médias de contadores com caudais demasiado baixos, dias 1 a 7 de Junho.....	112
Fig. A.1 Dados metrológicos de contadores volumétricos estudados	123
Fig. A.2 Curva de precisão característica dos contadores volumétricos estudados.....	123
Fig. A.3 Dados metrológicos de contadores woltman estudados	124
Fig. A.4 Curva de precisão característica dos contadores woltman estudados.....	124
Fig. B.1 Percentagens de contadores considerados e de leituras reais no cálculo de perdas, quarta-feira 1 de Junho	125
Fig. B.2 Percentagens de contadores considerados e de leituras reais no cálculo de perdas, quinta-feira 2 de Junho	125
Fig. B.3 Percentagens de contadores considerados e de leituras reais no cálculo de perdas, sexta-feira 3 de Junho	126
Fig. B.4 Percentagens de contadores considerados e de leituras reais no cálculo de perdas, sábado 4 de Junho	126
Fig. B.5 Percentagens de contadores considerados e de leituras reais no cálculo de perdas, domingo 5 de Junho	127
Fig. B.6 Percentagens de contadores considerados e de leituras reais no cálculo de perdas, segunda-feira 6 de Junho	127

Fig. B.7 Percentagens de contadores considerados e de leituras reais no cálculo de perdas, terça-feira 7 de Junho.....	128
--	-----

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 2.1: Características metrológicas estabelecidas.....	7
Quadro 2.2 Razões de Q3 / Q1.....	9
Quadro 2.3 Comparação das propriedades dos contadores volumétricos e velocimétricos (Colarejo, 2011)	17
Quadro 2.4 Componentes do balanço hídrico (Alegre, et al., 2005).....	23
Quadro 2.5 Contador doméstico de jacto simples, precisão a 22.5 l/h (Arregui, et al., 2005)	28
Quadro 4.1. Exemplificação do registo de leituras de um contador	62
Quadro 4.2 Caracterização do contador antigo	62
Quadro 4.3 Resultados (1)	63
Quadro 4.4 Resultados (2)	65
Quadro 4.5 Constituição do parque de contadores	77
Quadro 4.6 Numero de contadores e calibres	78
Quadro 4.7 Consumos extremos Piscina 1 10/03/2010 a 01/06/2011	79
Quadro 4.8 Contador volumétrico Altair V3 32mm	80
Quadro 4.9 Contador volumétrico Altair V3 40mm	81
Quadro 4.10 Consumos extremos, Hospital 1, 01/07/2009 a 02/06/2011	81
Quadro 4.11 Contador woltmann 65 mm eixo horizontal.....	83
Quadro 4.12 Contador woltmann 50 mm eixo horizontal.....	83
Quadro 4.13 Consumos extremos Hospital 2 14/04/2008 a 11/06/2011	84
Quadro 4.14 Contador woltmann 100 mm	85
Quadro 4.15 Consumos extremos Hospital 3, 01/01/2009 a 02/06/2011	85
Quadro 4.16 Contador woltmann 200 mm	86
Quadro 4.17 Consumos extremos Piscina 2 10/03/2010 a 01/06/2011	87
Quadro 4.18 Contador volumétrico Altair V3 25mm	88
Quadro 4.19 Resumo do total de tipologias e moradores (Pacheco, 2010)	91
Quadro 4.20 Informações 2007.....	91
Quadro 4.21 Contadores Bairro de Aldoar.....	95
Quadro 4.22 Contador totalizador Bairro de Aldoar	97
Quadro 4.23 Custo dos equipamentos	99
Quadro 4.23 Estimativa das perdas aparentes recuperáveis, dias 1 a 7 de Junho	113

SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

Letras Latinas:

D – Diâmetro (m)

L – Comprimento [m]

Q_1 – Caudal mínimo [l/h]

Q_2 – Caudal de transição [l/h]

Q_3 – Caudal permanente [l/h]

Q_4 – Caudal de sobrecarga [l/h]

$Q_{\text{máx}}$ – caudal máximo [l/h]

Q_{min} – caudal mínimo [l/h]

Q_n – caudal nominal [l/h]

Q_t – caudal de transição [l/h]

Re – Número de Reynolds

V – Velocidade (m/s)

V_c – Volume consumido [m³]

V_i – Volume indicado pelo contador [m³]

Letras Gregas:

ε – Erro relativo [%]

μ = Viscosidade dinâmica (N.s/m²)

ρ = Densidade da água (Kg/m³)

Abreviaturas

AdP – Águas de Portugal

ALI - Apparent Loss Index

ANSI – American National Standards Institute

AT – Alta Tensão

AWWA – American Water Works Association

BT – Baixa Tensão

CE – Comunidade Europeia

CEE – Comunidade Económica Europeia
DN – Diâmetro Nominal
EEM – Entidade Empresarial Municipal
EG – Entidade Gestora
EM – Empresa Municipal
EN – Norma Europeia
EPAL – Empresa Portuguesa das Águas Livres
GPRS – General Packet Radio Service
GSM – Global System for Mobile Communications
ISSO – Open Systems Interconnection
IWA – International Water Association
MAT – Muito Alta Tensão
M-Bus – Meter Bus
MID – Measuring Instruments Directive
MT – Média Tensão
ONU - Organização das Nações Unidas
OSI – Interligação de sistemas abertos
PDA – Personal Digital Assistant
PEAD – Polietileno de Alta Densidade
PSTN – Public switched telephone network
RF – Rádio Frequência
RIEGA - Rede sem Fios de Ligações para a Gestão e Poupança de Água
SIG – Sistema de Informação Geográfica
SMAS – Serviços Municipalizados de Águas e Saneamento
SMS – Short Message Service
STD – Sistemas de Telemetria domiciliária
TPL – Terminal Portátil de Leitura
UFR – Unmeasured Flow Reducer
WRI – World Resources Institute

1

INTRODUÇÃO

1.1. APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA

Desde a mais longínqua antiguidade a água assume um papel inigualável à atividade humana. Já os primeiros povos procuravam permanecer onde este recurso fosse mais abundante, não sentindo desse modo carências dele, quer no consumo, quer como fonte de alimentos. Isto resultou no surgimento das primeiras e principais grandes cidades junto às margens de rios.

Com o crescimento das cidades e as alterações dos hábitos de consumo, a água começou a tornar-se um bem cada vez mais precioso e escasso. Também a posterior industrialização veio contribuir fortemente para a diminuição da disponibilidade deste elemento fundamental à vida de todos os seres, não só pelos elevados consumos, mas também pela quantidade de resíduos libertados, contaminado águas que até então eram límpidas e cristalinas.

Apesar da aparente disponibilidade de água no planeta, dados do *World Resources Institute* (WRI) apresentam uma percentagem de água disponível e própria para consumo humano de aproximadamente 1% da água do planeta. Essa pequena quantidade ainda é repartida pela agricultura, indústria e consumo individual, destinando-se a este último apenas cerca de 8% do total da água disponível para consumo. Para além disto, relatórios anuais da *Organização das Nações Unidas* (ONU) apresentam desfavoráveis previsões futuras. Estima-se que em 2025 cerca de 60% da população mundial viverá em regiões com escassez de água. Atualmente já existem dados estatísticos que contam com cerca de 1.1 mil milhões de pessoas praticamente sem acesso à água. Com o constante aumento da população, alteração das exigências de consumo e contaminação dos aquíferos o clima de caos aproxima-se a uma velocidade ameaçadora. Revela-se cada vez mais urgente o empenho do máximo número de entidades responsáveis, de modo a reverter o acentuado declínio de água disponível através de meios aos quais têm acesso, como leis, regulamentos e convenções. Apesar disto, esse esforço jamais será suficiente sem o empenho conjunto de todos nós.

Perante a já séria situação atual de escassez de água, um elevado número de estudos assegura que o uso por parte do consumidor é negligente. O combate a esta atitude passa por uma melhor educação ambiental, de modo a fazer com que a sociedade tenha consciência da urgente necessidade de racionalização da água e dos graves problemas que a humanidade está a vivenciar.

Por outro lado, precisa-se de desenvolver tecnologias para melhor reaproveitar a água, já que hoje a contaminação, sem o posterior tratamento, é um dos fatores que mais tem contribuído para o seu consumo excessivo. Apesar disso, a poupança não deixa de ser um aspecto determinante que revela grande urgência em explorar.

Ao mesmo tempo, por parte das entidades de distribuição verificam-se problemas sérios. Estima-se que, em média na Europa, 30 a 40 % da água colocada nas redes não chegue ao consumidor, portanto água perdida. Em certos países do Leste Europeu, onde existem fontes baratas e abundantes, é comum encontrar perdas de água superiores a 50%, assim como políticas que defendem um passivo controlo de perdas, ou seja, apenas a água que jorra pela rua merece atenção por parte da entidade de distribuição (ProWat, 2008).

Em Portugal, estima-se que 35% da água colocada nas redes de distribuição não chegue ao consumidor (AdP, 2002). Para além do grave desperdício do recurso natural, o elevado custo associado a este volume pode levar à insustentabilidade da empresa de distribuição, aumento de tarifas e mais significantes impactes ambientais e de saúde pública, devido à tensão sobre as captações. Posto isto, há necessidade de atuar no problema, conhecendo as suas origens, a sua constituição e adotando as mais eficientes estratégias.

A procura de eficiência no controlo dos processos e a redução de perdas mostram-se objetivos claros das entidades de distribuição. Estas necessidades traduzem-se na diminuição do volume de água perdido, e vêm ainda possibilitar um melhor desempenho no atendimento sem precisar de aumentar o volume de água captado da natureza.

O volume de água considerado perdido é subdividido em dois conjuntos. As perdas físicas que totalizam a água que se perde em fugas na rede e reservatórios, e as perdas aparentes. Este tipo de perdas, também denominado como comerciais, traduz o consumo não autorizado e os erros de medição. Trata-se de água que é consumida de um modo indevido, não faturado.

Nesta dissertação é feita uma abordagem ao controlo das perdas aparentes num sistema de abastecimento de água. É apresentada ainda uma análise a duas técnicas de combate a este tipo de perdas. Combate à subcontagem através da substituição do parque de contadores, e o combate a uma série de fatores com tradução direta nas perdas comerciais, através da telecontagem.

A telecontagem é uma técnica de obtenção, processamento e transmissão de dados à distância, recorrendo aos mais diversificados métodos tecnológicos de comunicação. Esta tecnologia está a ser usada na Águas do Porto EEM (Entidade Empresarial Municipal), tendo começado por ser implementada em pequenas áreas da cidade. A instalação do sistema foi feita preferencialmente em clientes que prometiam maior hipótese de exploração das potencialidades da tecnologia, no entanto pretende-se fazer a expansão a toda a rede.

1.2. ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação pretende fazer uma abordagem pormenorizada ao tema proposto, controlo de perdas aparentes em sistemas de abastecimento de água com recurso à telecontagem. Para isso começa por se fazer uma consulta à bibliografia existente sobre o assunto. De seguida são tiradas conclusões e estabelecidos objetivos de estudo, surgindo-se uma segunda parte destinada a um estudo de caso.

Em cada capítulo são abordados os temas que se descrevem em seguida.

• Capítulo 1

No primeiro capítulo é feita uma descrição geral da problemática abordada na dissertação. Pretende-se integrar os assuntos estudados nos atuais problemas da sociedade.

- **Capítulo 2**

Neste capítulo é feita uma pesquisa bibliográfica no âmbito do tema a desenvolver.

Por ser um tema de significativa importância e fundamental no entendimento das perdas aparentes, começa-se por fazer uma abordagem a aspectos essenciais na medição de consumos. Trata-se de entender as principais formas de medição de caudais utilizadas, os erros de medição associados ao processo de medição, o enquadramento legal do tema e ainda a estimativa de volumes consumidos.

Numa segunda fase é feita uma descrição das perdas aparentes. Apresentam-se as principais causas que lhe estão associadas e indicam-se algumas das soluções de minimização.

De seguida é apresentada uma análise aos sistemas de telemetria domiciliária. Descreve-se a constituição de todos os elementos que constituem o sistema e explica-se o modo de funcionamento. No mesmo subcapítulo são indicadas as principais potencialidades, assim como os desafios que uma empresa poderá ter ao adotar a telecontagem nos seus sistemas de medição. São ainda apresentadas as normas pelas quais se podem regular estes sistemas, e por fim, são apontados exemplos de telecontagem existentes a nível nacional.

- **Capítulo 3**

No terceiro capítulo são indicados aspectos que se considera de maior interesse estudar com base na bibliografia consultada. São ainda estabelecidos objetivos para um estudo mais aprofundado na presente dissertação.

- **Capítulo 4**

Aqui é apresentado o caso de estudo elaborado na dissertação. Começa-se por fazer uma apresentação da Águas do Porto, EEM, empresa sobre a qual o estudo incide, e que facultou todos os dados para os estudos feitos.

Neste capítulo são desenvolvidos três estudos no âmbito das perdas aparentes. O primeiro apresenta uma análise aos contadores substituídos em 2009 pela empresa, no sentido de perceber a subcontagem através da variação de consumos com a substituição.

Num segundo estudo são tomados casos particulares de grandes consumidores, na tentativa de entender as possibilidades de contagens incorrectas devido à inadequação do contador.

Por fim é feita uma análise aos dados da telecontagem instalada no Bairro de Aldoar na cidade do Porto. Desta vez pretende-se entender a dimensão das perdas aparentes e estudar as potencialidades da telecontagem no controlo deste tipo de perdas.

- **Capítulo 5**

No quinto capítulo são expostas conclusões gerais alcançadas ao longo da dissertação. São ainda apresentadas sugestões para possíveis estudos a realizar no mesmo âmbito.

2

PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

2.1. MEDIÇÃO DE CONSUMOS

2.1.1. CONCEITOS BÁSICOS

Antes de abordar o tema principal desta dissertação, considera-se essencial entender a forma como uma entidade de distribuição de água toma conhecimento dos consumos dos seus clientes, uma vez que a contagem de água se revela um aspecto fundamental no entendimento, estudo e combate às perdas aparentes.

Desde o instante em que a água é consumida até que a respetiva quantificação seja feita, a fim de conhecer os volumes de perdas e faturação, passa-se por uma grande diversidade de processos. Começando pela medição, seguindo-se as leituras dos contadores, a transferência e análise dos dados e a facturação, completam um processo que se fundamenta nos consumos medidos. Na base da fiabilidade do processo, está o rigor das leituras. Este capítulo aborda aspetos chave essenciais num ponto de grande importância numa entidade gestora (EG): a medição dos consumos.

Revela-se importante conhecer a forma como a água é medida, a diversidade de recursos para o fazer e o enquadramento legal que os rege. Neste capítulo faz-se ainda uma análise à situação mais frequente numa entidade gestora, que é a necessidade de estimar os consumos. Como é do conhecimento geral, nem todos os meses é possível obter a leitura precisa do consumo de água de cada cliente, há então necessidade de recorrer a estimativas.

Algumas noções básicas são fundamentais para se entender a metodologia de medição de consumos. Esta quantificação parte do conhecimento do caudal, que multiplicado por um intervalo de tempo resulta no volume despendido.

Para registar o caudal, a maioria dos contadores de água destinados a condutas sob pressão baseiam-se na velocidade. Através do conhecimento da velocidade média é feita a multiplicação pela secção do contador e obtendo-se o valor do caudal.

Cada contador apresenta uma forma de medição da velocidade particular, obtendo a velocidade média a partir da medição da velocidade num ponto (Estevan, 2005). Idealmente a distribuição das velocidades sem distorção numa secção é aproximada daquela que se dispõe na figura 2.1.

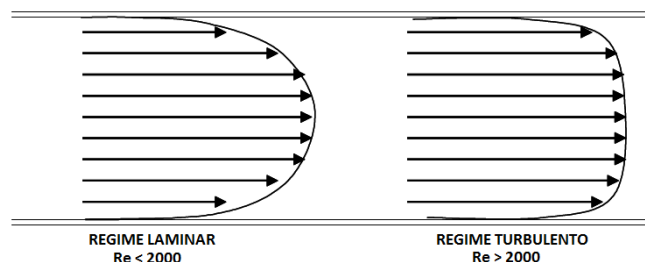


Fig. 2.1 Perfis de velocidades de escoamento laminar e turbulento

Sendo o escoamento classificado em função do número de Reynolds, Re , que é dado pela expressão 2.3.

$$Re = \frac{\rho V D}{\mu} \quad (2.1)$$

ρ = densidade da água (Kg/m^3); V = velocidade (m/s); D = diâmetro (m); μ = viscosidade dinâmica ($\text{Pa}\cdot\text{s}$)

Importa apenas lembrar que num escoamento laminar as partículas movem-se com velocidades baixas e muito ordenadamente, seguindo trajetórias bem definidas sem se entrecruzar. Já num escoamento turbulento verifica-se a situação contrária. As partículas não apresentam qualquer padrão de regularidade, cada partícula segue uma trajetória resultante de uma grande quantidade de pequenos movimentos de agitação irregular (Henriques, et al., 2006).

A questão que aqui se pretende abordar é que nenhum medidor de caudal é capaz de integrar a velocidade considerando todos os pontos da secção, mas apenas se baseia numa estimativa que parte da medição em alguns pontos. Posto isto, quando os perfis de velocidades variam a sua forma altera-se a relação entre a velocidade medida e a velocidade média, implicando maiores erros de medição do caudal (Estevan, 2005).

2.1.2. LEGISLAÇÃO NA MEDIÇÃO DE CONSUMOS

É imprescindível proceder a um enquadramento legal no sentido de tomar conhecimento da actual legislação que regulamenta a medição do consumo.

Através do Decreto-lei nº 192/2006 de 26 de Setembro, o Estado apresenta o controlo metrológico que contempla o rigor das medições efetuadas com instrumentos de medição. Esse decreto é fruto da transição europeia para a Directiva Metrológica Legal (2004/22/CEE), que vulgarmente se designa como MID (*Measuring Instruments Directive*). O referido articula-se com o Decreto-lei nº 291/90 de 20 de Setembro, aplicado aos instrumentos de medição que o novo decreto-lei não compreende.

A legislação mencionada emprega-se, entre outras áreas da economia, aos contadores de água fria e quente e estabelece os requisitos gerais a observar na colocação no mercado e em serviço dos instrumentos referidos.

O decreto-lei em causa remete à Portaria nº 21/2007 que se aplica a “*contadores de água limpa, fria ou quente, para uso domestico, comercial ou da indústria ligeira*”. No entanto, surgiu um desajuste

com a directiva anterior ainda em vigor, Directiva 75/33/CEE. Ambas as normas contemplam os requisitos técnicos e metrológicos essenciais de diversos instrumentos, no entanto diferentes designações são adotadas.

Mesmo sem pretender pormenorizar o que é descrito nas duas directivas que regem o assunto tratado, considera-se importante referir algumas das mais importantes definições nas legislações apresentadas.

2.1.2.1. Norma anterior, Directiva 75/33/CEE

Caudais característicos definidores de um contador:

Caudal de arranque (Q_s): menor caudal ao qual o contador inicia o seu movimento.

Caudal mínimo (Q_{min}): menor caudal ao qual o contador não deve exceder um erro máximo definido (5%).

*Caudal de transição (Q_t):*caudal a partir do qual se exigem um erro máximo menor (2%)

Caudal nominal (Q_n): caudal correspondente a metade do caudal máximo, cuja função é nomear o contador.

Caudal máximo ($Q_{máx}$): define o caudal máximo a que o contador deve funcionar, podendo apenas operar nessas condições em curtos períodos de tempo, sob risco de deterioração.

Interessa ainda referir que quando se fala de *gama de medição* compreende-se o intervalo de possíveis caudais entre o mínimo e máximo.

Na directiva em análise os contadores são designados em função da classe de precisão, A, B e C. A norma NP 2468/2007 apresenta uma outra classe mais precisa, Classe D. Na tabela que se segue apresentam-se as principais características definidoras de cada uma das classes:

Quadro 2.1. Características metrológicas estabelecidas

Classes Contadores	Caudal nominal (Q_n)			
	< 15 m ³ /h		≥ 15 m ³ /h	
	Valor de Q_{min}	Valor de Q_t	Valor de Q_{min}	Valor de Q_t
Classe A	0,04 Q_n	0,10 Q_n	0,08 Q_n	0,30 Q_n
Classe B	0,02 Q_n	0,08 Q_n	0,03 Q_n	0,20 Q_n
Classe C	0,01 Q_n	0,015 Q_n	0,006 Q_n	0,015 Q_n
Classe D	0,0075 Q_n	0,0115 Q_n	-	-

A figura que se segue ajuda a ter uma perspectiva mais fácil das diferenças de precisão previstas para cada uma das categorias A, B e C. Apresenta-se ainda uma exemplificação de uma curva de erro de um contador. Este tipo de curva une o valor do erro para os diferentes caudais de funcionamento do contador que caracteriza.

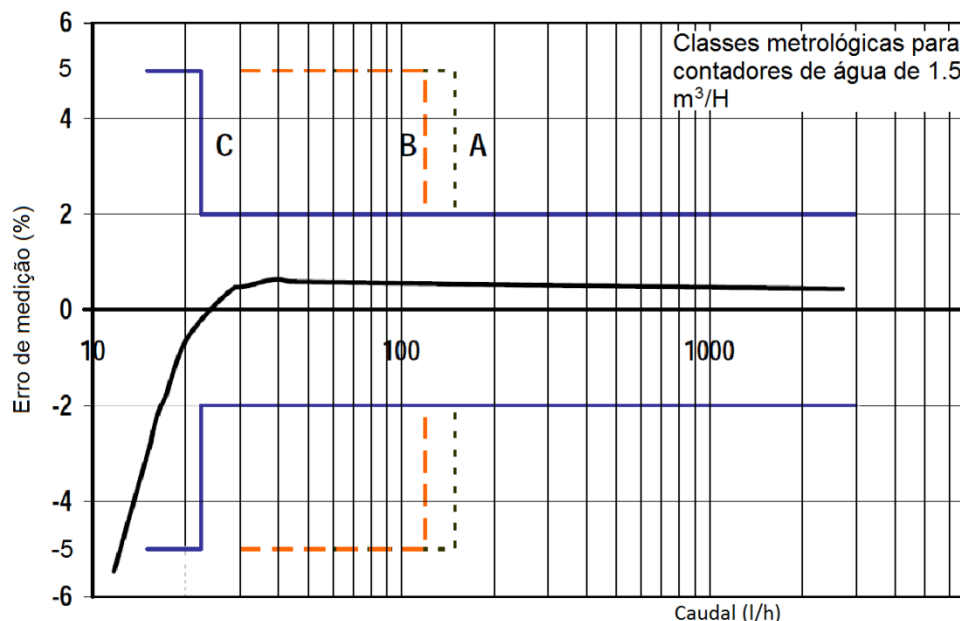


Fig. 2.2 Comparação das classes de precisão e curva de erros exemplo (adaptado de Estevan, 2005)

2.1.2.2. Norma atual

A norma atual, MID, transposta para a lei Nacional pela NP EN 14154-1:2008, identifica os contadores em função do seu caudal permanente, o que não acontecia com a anterior, que o fazia através do caudal nominal.

Nesta norma é dada uma maior importância ao intervalo de medição, sendo imposto aos contadores um intervalo de medição e intervalo admissível de erro. Também aqui é exposta a interessante definição de “contador de água” como sendo um “*instrumento concebido para medir de forma contínua, registar e indicar o volume de água que passa através dele, nas condições normais de funcionamento*”. Consta ainda a seguinte nota: “*Um contador inclui, pelo menos, o transdutor da medição, o calculador (inclui um dispositivo de regulação ou correção, caso exista) e um dispositivo indicador. Estes três dispositivos podem estar em alojamentos diferentes*”.

Também nesta norma as designações fundamentais alteram-se ligeiramente, do seguinte modo:

Caudal mínimo (Q_1): Menor caudal sobre o qual o contador fornece informação com um erro inferior ao máximo admissível, antes designado por $Q_{\min}$.

Caudal de transição (Q_2): Caudal situado entre os caudais permanente e mínimo onde os caudais podem pertencer a uma zona inferior ou superior, em que cada uma possui um erro máximo admissível, designado anteriormente por Q_t .

Caudal permanente (Q_3): Caudal máximo que ao qual o contador funciona em condições normais.

Caudal de sobrecarga (Q_4): Caudal máximo em que o contador tem capacidade de funcionar sem se danificar, por um curto período de tempo, semelhante ao designado na anterior norma por $Q_{\max}$.

O caudal de arranque deixa de ser referido na norma atual.

Posto isto, é possível definir-se as características a especificar pelo fabricante dos contadores. A gama de caudais, designada por *Intervalo de Medição*, que deve respeitar as seguintes relações:

$$Q_2/Q_1=1.6$$

$$Q_4/Q_3=1.25$$

$$Q_3 / Q_1 = \text{Variável}$$

Para a terceira razão podem ser admitidos mais do que um valor. Na tabela que se segue são apresentadas as possibilidades de razões entre estes dois caudais.

Quadro 2.2 Razões de Q_3 / Q_1

Q_3 / Q_1									
10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80
100	125	160	200	250	315	400	500	630	800

Constate-se que a relação entre o caudal máximo e o caudal permanente será sempre a mesma, 1.25, assim como a relação entre o caudal de transição e o caudal mínimo, 1.6. Assim sendo, qualquer mudança alterará também o caudal de transição. A percepção destas objeções é facilitada através da figura 2.3, que mostra uma variação dos limites de erros de um contador $Q_3 = 2.5 \text{ m}^3/\text{h}$, quando se aumenta a razão Q_3 / Q_1 .

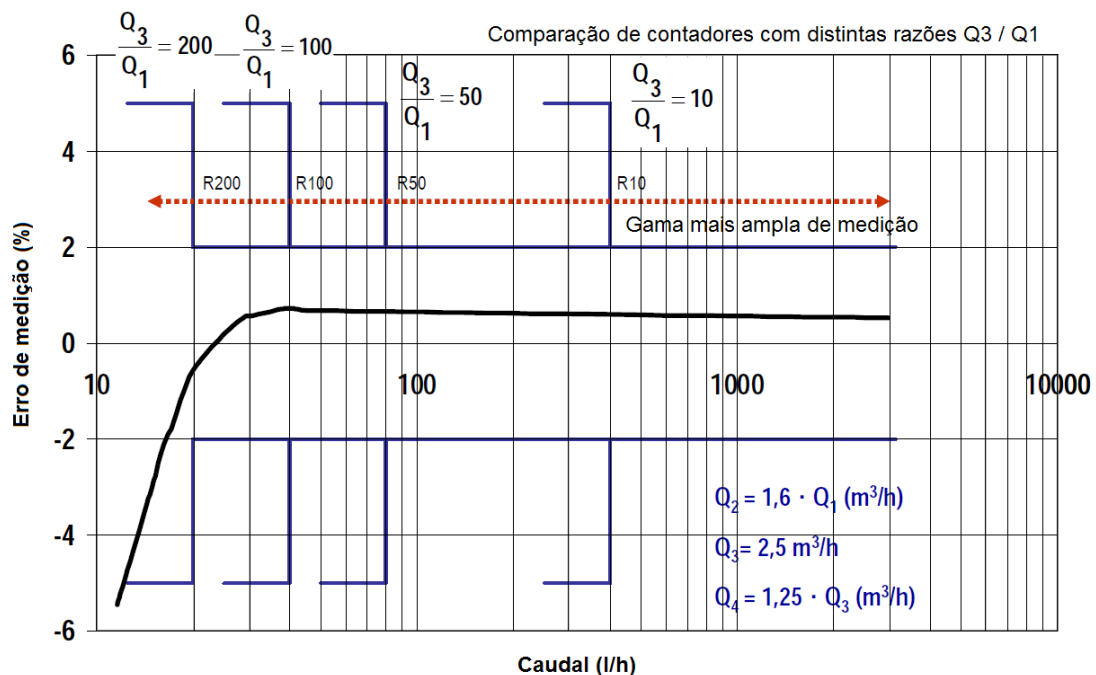


Fig. 2.3 Comparação de contadores (adaptado de Estevan, 2005)

Assim, valores mais altos de Q_3 / Q_1 apresentam um intervalo de medição mais amplo.

2.1.3. CONTAGEM DE ÁGUA

A intenção deste subcapítulo é apresentar uma abordagem das formas possíveis de medir os consumos. A utilização de contadores é a forma mais lógica e que as entidades de distribuição entendem adotar. Assim, apresentar-se-á uma abordagem geral ao vasto leque de possíveis contadores que o mercado disponibiliza, com um especial enfoque para os que são úteis à medição dos consumos num sistema de abastecimento de água.

No entanto, apesar das entidades de distribuição disporem desta excelente ferramentas de medição, nem sempre as suas potencialidades são exploradas ao máximo. Como já anteriormente se percebeu, pelas mais diversificadas causas, um contador não funciona corretamente, por muitas razões este pára de funcionar, e também pelos mais diversificados motivos o contador desempenha o seu objetivo na perfeição, mas a leitura não é recolhida. Também será abordado, neste item, a “medição de consumo” quando este não é medido, ou seja, o que a entidade gestora faz, e como faz, quando precisa saber o consumo de um cliente e não conhece a leitura indicada no seu contador. Está-se, obviamente, a falar em estimativas.

2.1.3.1. Formas de medição de consumos

Naturalmente desde as idades mais remotas que existe a necessidade de contabilizar um certo produto para poder ser transacionado com justiça. A água não é exceção. Os primeiros contadores surgiram de uma conceção muito simples: contar o número de vezes que um recipiente de volume previamente conhecido era preenchido. Ora isto é a forma mais intuitiva e direta de quantificar a água. Partindo deste princípio, cria-se o primeiro tipo de contadores, os volumétricos. Esta invenção foi concebida à custa de um mecanismo com recurso a pistões e comando de válvula, que faz com que funcione de um modo semelhante a um motor. A sua evolução deu-se essencialmente no tamanho, vindo a ser produzidos modelos cada vez mais compactos no decorrer da sua era (Alves, et al., 1999).

No entanto a evolução foi ainda mais além, tornando possível que a partir dos anos 40 fosse possível usar contadores baseados numa diferente metodologia, tipo turbina ou diferencial. Aqui o conceito base é a medição da velocidade da água. Aproveitando o movimento do escoamento, é introduzida uma turbina de modo a permitir conhecer a velocidade e através da secção, o caudal. Devido ao seu baixo custo, simplicidade de manutenção e tamanho reduzido, estes contadores foram gradualmente dominando o mercado, vindo assumir nos dias de hoje uma maioria absoluta nas redes de distribuição (Alves, et al., 1999).

Dentro dos designados contadores de turbina pode ainda encontrar-se três diferenciações. Os monojato, os multijato e ainda aqueles que possuem turbina helicoidal.

Ultimamente uma maior variedade de contadores de água têm surgido, tendo vindo a popularizar-se cada vez mais e nas mais diversificadas utilizações. Também a tecnologia se adaptou a estes pequenos mecanismos, através de totalizadores eletrónicos ou mesmo com o contador totalmente eletrónico, sem peças móveis (Alves, et al., 1999).

Apesar desta significativa evolução, os custos elevados e as dificuldades de manutenção continuam a fazer com que os contadores a instalar no consumidor final ainda não mereçam ser os que usam a mais diferenciada tecnologia de medição. Sendo assim, interessa conhecer mais detalhadamente os contadores que constituem o parque de uma empresa de distribuição, para que desse modo se possa pensar o combate às perdas aparentes com maior eficácia.

Apesar de menos usados, não deixa de ser curiosa a grande variedade de contadores de água atualmente existentes. Electromagnéticos, ultra-sónicos, mássicos ou mesmo Tubo de Venturi são alguns dos exemplos.

2.1.3.2. Principais contadores para medição de consumo

Apresenta-se nos itens que se segue uma breve descrição das tipologias de funcionamento dos contadores mais utilizados pelas entidades gestoras nos consumidores finais. Considera-se do interesse do tema conhecer ainda as principais vantagens e os mais relevantes inconvenientes de cada tipologia de contador, assim como os mecanismos de medição em que cada um deles se baseia. Entende-se que com estas informações torna-se facilitado o processo de intervenção junto do parque de contadores no sentido de minimizar as perdas aparentes.

• Volumétricos

Os contadores volumétricos são maioritariamente constituídos por dois tipos: os que possuem um pistão rotativo e os de disco nutante.

Os contadores de pistão rotativo usam a mais primitiva ideologia de medição. O fluxo é dividido em pequenos êmbolos de volume conhecido, que são contados em seguida. Para isso, os êmbolos giram excentricamente dentro de uma câmara cilíndrica. Ora constata-se a simplicidade do mecanismo na figura que se segue.

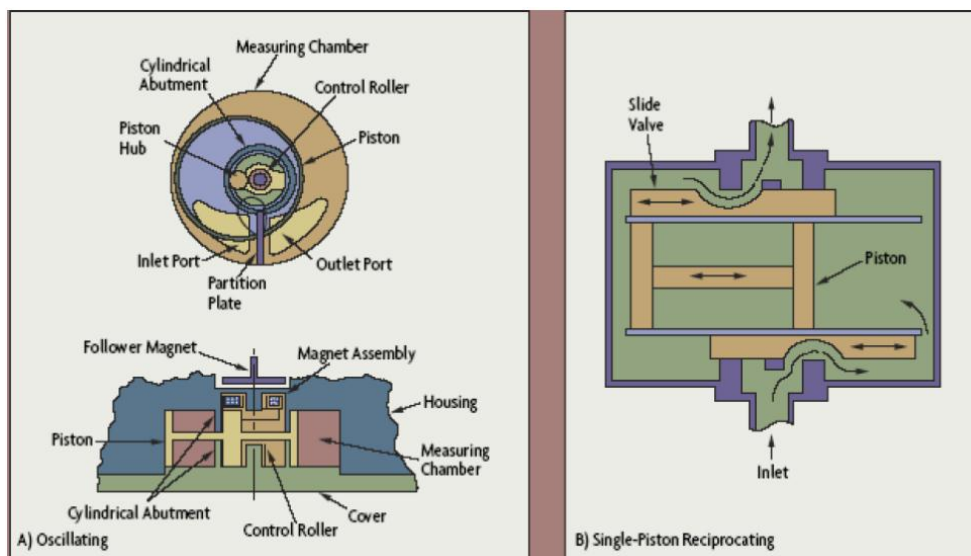


Fig. 2.4 Esquema de funcionamento de contador volumétrico de êmbolo (electrodomesticosforum.com)

Uma das mais importantes características deste tipo de contadores é o seu bom desempenho para caudais muito baixos, chegando a atingir inícios de funcionamento de 1 l/h. Outras das características está relacionada com a grande facilidade de instalação, o que torna o seu uso agradável mesmo em situações de contagem provisória (Alves, et al., 1999).

Os contadores volumétricos de pistão rotativo apresentam naturalmente algumas desvantagens. Logo o facto de ser de êmbolo rotativo é já uma delas. Pela necessidade de grande rigor nas movimentações do êmbolo, este trabalha com folgas muito reduzidas, então há grande probabilidade de encravamentos com qualquer sólido que a água contenha. Um segundo inconveniente destes contadores é o seu custo acrescido devido ao volume de metal que o compõe (Alves, et al., 1999). Deste modo estes contadores podem facilitar o aumento de água não faturada no caso de terem folgas maiores, ou bloquear facilmente, caso procurem um maior rigor nas medições.

Os contadores de disco nutante funcionam com o mesmo princípio que os anteriores, apenas diferem no mecanismo. Estes possuem uma câmara com formato esférico com um disco no interior que se movimenta com a passagem da água. As movimentações do disco são transferidas para o totalizador, convertendo-se no volume consumido.

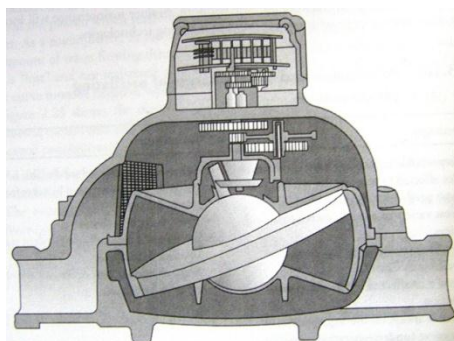


Fig. 2.5 Esquema de funcionamento de contador volumétrico de discos (Arregui, et al., 2006 (b))

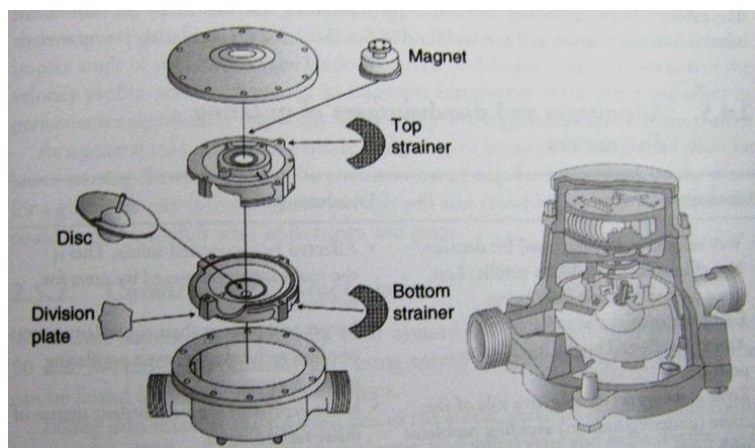


Fig. 2.6 Componentes de um contador volumétrico de discos (Arregui, et al., 2006 (b))

As vantagens e inconvenientes destes dispositivos são semelhantes às indicadas no caso dos contadores de êmbolo. Atualmente esta tipologia de contadores não é muito utilizada.

A Norma que regula os contadores volumétricos é a ISO 4064 *Measurement of water flow in closed conduits – Meter for cold portable water – Part I, II e III*



Fig. 2.7. Foto de contadores volumétricos de modelos atuais (Colarejo, 2011)

- **Velocimétricos**

O parque de contadores que compõe o fornecimento de água na atualidade é quase todo ele composto por contadores velocimétricos. O seu modo de operação é diferente das metodologias até agora expostas. Trata-se de uma turbina impulsionada pela velocidade da água (Alves, et al., 1999).

Também para este tipo de contadores a norma de referência internacional é a *ISO 4064 Measurement of water flow in closed conduits – Meter for cold portable water – Part I, II e III*.

Similarmente os velocimétricos podem ser subdivididos em diferentes tipos. Os mais comuns são os contadores velocimétricos do tipo monojato, do tipo multijato e do tipo hélice ou Woltmann.

A tipologia multijato foi a primeira a surgir. Basicamente este modelo é constituído por uma carcaça metálica e um *kit* de medição, composto por uma turbina, uma câmara de medição, uma placa separadora e um totalizador (Alves, et al., 1999).

A movimentação da turbina é facultada pela velocidade da água, direcionada através dos orifícios que compõem a câmara de medição. O totalizador limita-se a girar em função do movimento transmitido pelos mecanismos que fazem a sua ligação com a turbina.

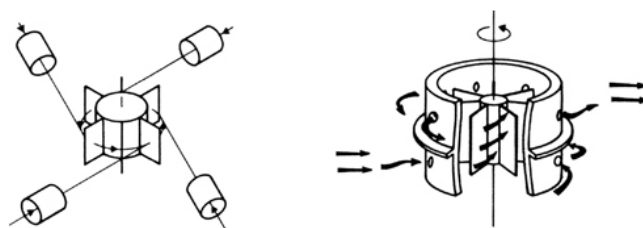


Fig. 2.8 Esquema de funcionamento de um contador velocimétrico do tipo multijato (janz.pt, 2011)

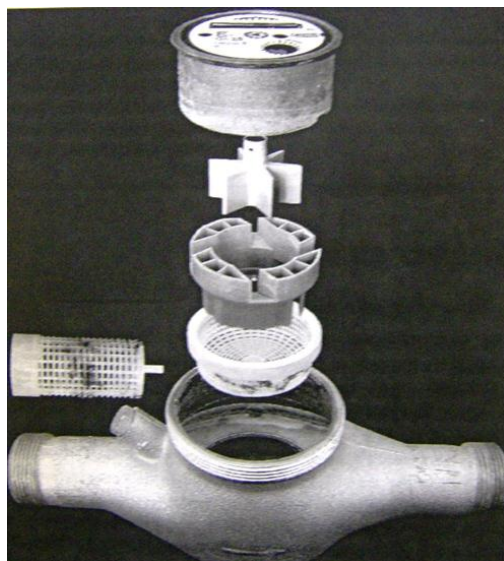


Fig. 2.9 Constituição de um contador tipo multijacto (Arregui, et al., 2006 (b))

Uma das principais vantagens dos contadores velocimétricos tipo multijacto é a indiferença da qualidade de medição relativamente à carcaça. Apenas depende do *kit* de medição, podendo este ser mesmo substituído sem necessidade de remover o contador, o que torna o processo significativamente mais barato. Também a sua durabilidade e resistência facultadas pela robustez da concepção são características a realçar (Alves, et al., 1999).



Fig. 2.10 Foto de contadores multijacto DN 15 de modelos actuais (Colarejo, 2011)

Os principais aspectos negativos são a seu custo, comparativamente aos monojacto, e ainda a sensibilidade à instalação inclinada.

Com a procura de um contador mais simples e compacto foi desenvolvido contador do tipo monojacto. Nesta tipologia a câmara de medição foi eliminada permanecendo a túbida sob ação de um jacto único.

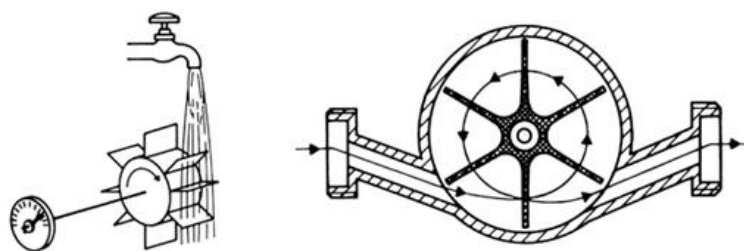


Fig. 2.11 Esquema de funcionamento de um contador velocimétrico do tipo monojacto (janz.pt, 2011)

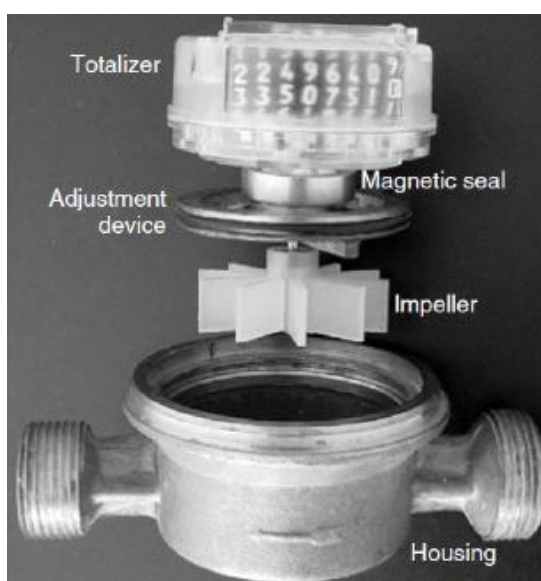


Fig. 2.12 Constituição de um contador tipo monojacto (Arregui, et al., 2006 (b))

O preço mais baixo que os contadores multijacto é uma das vantagens desta tipologia, no entanto não é exclusiva, também o seu tamanho compacto, a maior resistência a sólidos de suspensão e a maior variabilidade de inclinação da instalação são características deste tipo de contadores (Alves, et al., 1999).

Como pontos negativos pode-se referir a dificuldade de manutenção, a sensibilidade metrológica a perturbações no escoamento e a menor resistência comparativamente aos do tipo multijacto.

Esta tipologia de contadores apresenta ainda uma particularidade que não se encontra nos volumétricos. A possibilidade de produzir contagens prejudiciais ao consumidor. Num contador de velocidade, quer se trate de um monojato ou multijato, a contagem faz-se via indirecta, através da passagem da água pelo elemento móvel (turbina). A solução mecânica de calibração inclui vários resultados construtivos (canais de *bypass*, deflectores hidrodinâmicos, etc.) Uma desregulação desses elementos ou acumulação de sujidade podem resultar variações relevantes de erro, em ambos os sentidos (janz.pt, 2011).



Fig. 2.13 Foto de contadores monojato de modelos actuais (Colarejo, 2011)

Por fim os contadores do tipo Woltmann, com turbina helicoidal, mais utilizados para grandes diâmetros (acima de 50 mm), caracterizam-se pela baixa perda de carga que provocam sobre o escoamento e a resistência a caudais maiores. Este tipo de contadores predominam em clientes com grandes consumos.



Fig. 2.14 Esquema de funcionamento de turbina helicoidal (Colarejo, 2011)

Este tipo de contadores pode funcionar com eixo de rotação segundo a horizontal ou vertical.

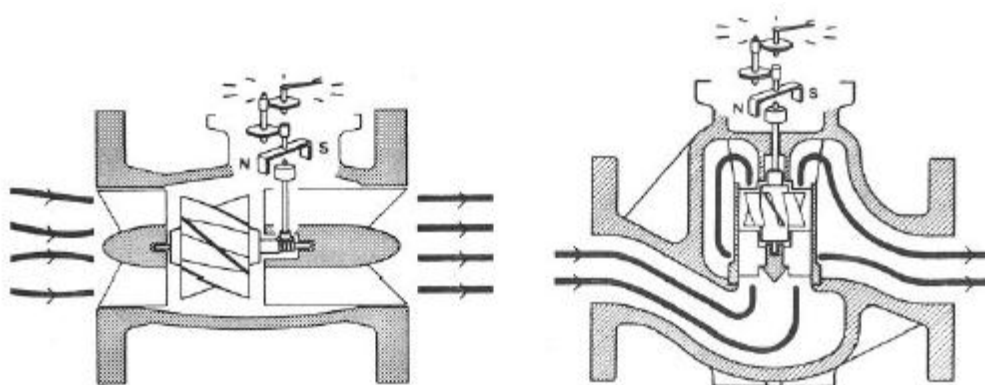


Fig. 2.15 Esquema de funcionamento de contador Woltmann, de eixo horizontal e vertical, respetivamente (Colarejo, 2011)

A principal diferença entre os contadores Woltmann de rotor horizontal ou vertical é que os segundos são mais adequados para escoamentos com turbulência, enquanto que os primeiros facultam maior facilidade de escoamento.

Este tipo de contadores caracteriza-se pela sua excelente sensibilidade a baixos caudais, não afetação pelo perfil de velocidades, não sofrerem interferência do ângulo de instalação e a curva de erros ser sempre negativa, nunca facultando leituras prejudiciais ao cliente.

As suas desvantagens relacionam-se com o custo, a sua sensibilidade a sólidos na água e o seu elevado peso e volume (Arregui, et al., 2006 (b)).



Fig. 2.16 Foto de contadores Woltmann, de eixo horizontal e vertical, respetivamente (Colarejo, 2011)

Sendo os contadores volumétricos e velocimétricos os mais usados pelas entidades gestoras, considera-se importante fazer uma comparação entre as suas principais particularidades.

Quadro 2.3 Comparação das propriedades dos contadores volumétricos e velocimétricos (Colarejo, 2011)

Parâmetros	Comportamento do contador	
	Volumétrico	Turbina
Preço	Mais elevado	Mais baixo
Caudal de arranque (sensibilidade)	Mais baixo	Mais elevado
Exatidão (em novo)	Cl. "C" ou "D"	Cl. "A" e "B" ("C")
Exatidão (no envelhecimento)	Pouco negativo	Aleatoria
Exatidão (ao longo do tempo)	Estável	Aleatoria
Necessidade de assistência	Pouca	Significativa
Efeito de lamas, incrustações, algas	Pouco afetado	Muito afetado
Efeito da presença de areias	Mais afetado	Menos afetado
Dependência de condições de instalação	Indiferente	Afetado
Efeito de golpes de ariete	Resiste melhor	Resiste mal

• Diferencial de Pressão

Esta tipologia de contadores bastante usada internacionalmente caracteriza-se por possuir uma restrição na linha de fluxo. Junto a essa restrição dá-se um aumento de velocidade e uma consequente queda de pressão. O caudal é medido em função da diferença de pressão de montante para jusante.

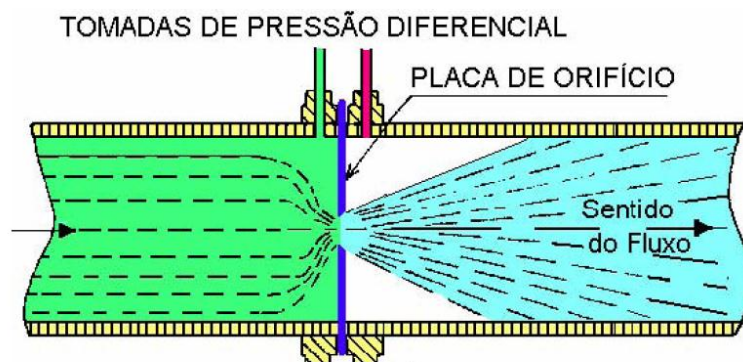


Fig. 2.17 Medição de diferencial de pressão (electrodomesticosforum.com)

A Norma que regulamenta esta tipologia de contadores é a ISO 5176 *Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices inserted in circular cross-section conduits running full*.

A principal desvantagem deste tipo de contadores é a sua grande vulnerabilidade a desgastes e incrustações, e também o facto de originarem uma significativa perda de carga, principalmente em caudais mais elevados.

2.1.3.3. Administração do parque de contadores

Através dos tópicos abordados até agora já se entendeu a grande diversidade de contadores disponíveis no mercado, algumas das principais vantagens e inconvenientes dos principais modelos disponíveis e acessíveis a uma EG. Sabe-se também que uns contadores apresentam um custo mais elevado, outros mostram-se mais acessíveis, mas falta saber mais sobre um outro assunto, como é que uma empresa sabe que o tempo de vida útil do seu parque de contadores está a chegar ao fim.

Um dos capítulos acima refere-se à subcontagem de um contador como um dos principais aspectos que conduz ao aumento das perdas aparentes. Nesse mesmo capítulo refere-se a idade dos contadores como uma das principais causas da subcontagem. É importante conhecer o momento em que um contador deve dar lugar a um novo mais eficiente, o momento em que a água que o velho contador não conta, facilmente paga a sua substituição por um mais eficiente. Considera-se essencial englobar neste capítulo essa abordagem, por isso apresenta-se uma resumida abordagem à bibliografia existente sobre o assunto.

• Idade de substituição de um contador

Segundo previsões regulamentares, nomeadamente o Regulamento de Controlo Metrológico de água Potável Fria (Portaria nº 331/87), existe um limite para o qual um contador merece ser sujeito a uma verificação periódica. Tratando-se de contadores de tarifa doméstica com diâmetro nominal DN 15 e DN 20 é indicado um período de 15 e 10 anos, conforme se trate de contadores volumétricos ou de velocimétricos, respectivamente.

O surgimento da MID apresentou alterações à legislação anterior nos períodos de verificações periódicas a seguir. Essa verificação normalmente torna-se mesmo numa reparação geral do contador.

Apesar disto, bem se sabe que a subcontagem não se inicia nestas idades definidas. Antes depende de uma grande variedade de fatores iniciando-se bem antes destes períodos de referência. No decorrer do tempo a subcontagem vai aumentando. O comportamento do contador funciona normalmente desta forma, nunca com aumento da velocidade de contagem. Contadores tornam-se mais lentos por variadíssimos motivos, como já antes se referiu. Por exemplo, a erosão da turbina ou deterioração dos apoios nos contadores volumétricos são algumas causas.

Como a prática refere, os limites apresentados pela legislação não devem ser tomados como uma referência exaustiva a seguir, mas cada EG deve antes achar o período de verificação ou substituição do seu parque de contadores, em função dos parâmetros que considera mais relevantes. Uma substituição prematura trás consigo custos que não garantem o reembolso, no caso de ser atrasada a empresa perde receita que muitas vezes teria já pago a verificação.

No momento do estudo da substituição a entidade deve fazer uma análise que conte com todos os custos associados ao processo. Naturalmente, os mais perceptíveis são o custo de aquisição do novo contador, ou de reparação do antigo, e os custos de recursos humanos que estão associados ao processo.

Do outro lado da balança de ponderação podem colocar-se os custos pertencentes à perda de faturação e exploração da água. Estes custos sofrem um crescimento no decorrer do tempo de funcionamento do contador, como se sabe. Contabilizam-se ainda neste custos aqueles que são provenientes da ação de intervenção programada de substituição, ou seja, o custo unitário de substituição de um contador é diferente daquele que se pode obter ao substituir um grande número.

Juntando estes dois principais fatores de análise torna-se assim possível fazer uma análise comparativa, ora elaborando um diagrama, este terá uma forma como a que se apresenta na figura 2.18.

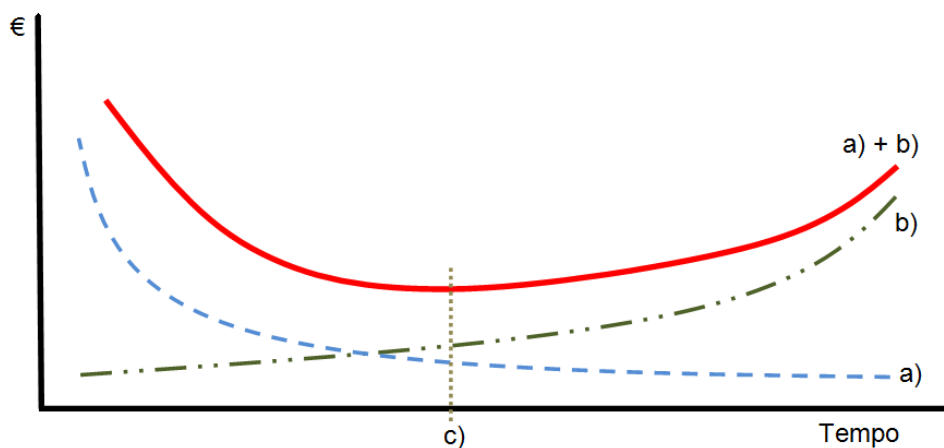


Fig. 2.18 Diagrama de análise do período ótimo de substituição de um contador (janz.pt, 2011)

Neste diagrama entenda-se a curva a) como a representação da evolução no tempo dos custos de substituição. Na curva b) representa-se a variação das perdas por subcontagem. Somando estes dois fatores a) + b) obtém-se a curva que nos permite saber qual o momento ideal de substituição, instante em que os custos são mínimos, maximizando a rentabilidade da substituição, ponto c).

O conhecimento do período de vida útil de um contador deve assim ser fruto de uma análise pormenorizada tomando em consideração todos os parâmetros que estão associados ao processo. Dependendo de cada caso existem critérios a tomar em conta que para outras entidades de distribuição ou marcas de contador não serão relevantes, no entanto, subsistem três principais grupos de custos normalmente a considerar.

O primeiro é o custo de produção da água. Fala-se aqui na avaliação das perdas que engloba todos os custos de produção ou de compra a terceiros.

Um segundo grupo poderá ser o custo combinado de manutenção do parque de contadores, onde entram os custos de aquisição dos novos contadores ou a reparação dos antigos.

O terceiro grupo de custos está associado às despesas operacionais de todo o processo de substituição, onde se conta com a mão-de-obra, os transportes, a armazenagem, reparações, etc.

Como se tornou já perceptível, não existe um prazo que seja comum a todos os contadores, apesar disso, estudos já efetuados em Portugal apontam para um período médio de substituição dos contadores domésticos volumétricos de 10 a 12 anos (janz.pt, 2011). Naturalmente este período de referência não pode ser considerável para todo o tipo de contadores, os velocimétricos de monojato, por exemplo, ainda não foram tão estudados nacionalmente, mas estudos efetuados no estrangeiro, onde estes contadores são mais comuns, referem idades entre 5 e 8 anos (janz.pt, 2011).

2.1.4. SELECÇÃO DO MEDIDOR

Como é sabido, uma correta medição é essencial para um sistema de distribuição viável. O controlo de perdas, as possibilidades de aplicação de políticas tarifárias restritivas de consumo, as informações operacionais que irão basear planos de reestruturação e expansão de redes são só alguns dos aspetos que exigem a correta medição dos consumos (Sanchez, 1997).

Como já antes foi referido, a correta seleção do contador é um aspeto de grande relevância no sentido de obter uma mais adequada medição dos consumos. O subdimensionamento pode facultar uma medição mais rigorosa no início da utilização do contador, mas com a rápida deteriorização este irá deixar de desempenhar a sua tarefa corretamente. Um sobredimensionamento contará com maior subcontagem perante os baixos consumos e um desnecessário custo de aquisição.

Para que o contador possa facultar uma medição adequada é então necessário que as suas características técnicas e metrológicas se adaptem ao escoamento. Existe assim uma diversidade de critérios que devem ser tidos em conta no momento da seleção do tipo de contador e respectivo calibre. O conjunto dos aspetos que de seguida se apresentam devem assim ser tomados em conta considerar as características da rede, a qualidade da água e o tipo de consumidor a abastecer (janz.pt, 2011).

2.1.4.1. Gama de caudais previsíveis

Um dos principais aspetos a garantir está relacionado com a gama de caudais previsíveis para o contador. Assim é necessário atentar os regimes altos estáveis, baixos estáveis, os altos com quebras cíclicas e não cíclicas, baixos com picos de consumo, sejam ou não cíclicos. Há necessidade ainda de analisar se se trata de regimes muito variáveis, aleatórios ou não.

A escolha de um padrão de consumos que efetivamente reflita as necessidades do cliente é fulcral na análise deste parâmetro.

2.1.4.2. Caudais extremos

A análise dos caudais máximos e mínimos apresenta extrema importância pois define os limites da gama de medição. O calibre é fundamentalmente escolhido com base nestes caudais, também porque na prática existe uma certa correlação estes caudais e o calibre.

2.1.4.3. Precisão pretendida

A escolha de um contador precisa ainda de tomar em consideração a precisão que se pretende. Apesar da crescente necessidade de poupança de água, é preciso compatibilizar as características metrológicas do contador escolhido com as necessidades de precisão que se deseja. Uma entidade gestora de um local de que apresenta escassez de água terá que ser mais rigorosa na selecção dos seus contadores.

2.1.4.4. Pressão da rede

A pressão disponível na rede de distribuição exige um contador adequado, assim devem ser consideradas:

- Pressão mínima, que normalmente é de 0.3 bar
- Pressão de serviço, considerando-se inferior à pressão máxima previsível (habitualmente 10, 16, 25 ou 40 bar).
- Pressão máxima admissível, que é a pressão que o contador suporta sem sofrer danos. Normalmente é o dobro da pressão de serviço.

2.1.4.5. Perda de pressão na rede

A consideração da perda de pressão provocada pelo contador é ainda outro fator de importância. Mediante o tipo de contador haverá maior ou menor perda, sendo então necessário considerar a pressão disponível na rede. A perda de pressão é função quadrática do caudal, então quanto maiores os caudais medidos, maior será a importância deste aspeto, principalmente em baixas pressões.

2.1.4.6. Caracterização físico-química da água

As características químicas da água, merecem ser analisadas, quer as que resultam do processo de tratamento quer as particularidades de origem natural. Por exemplo, o cloro pode produzir ataques aos materiais constituintes do contador, tal como o calcário, por incrustações.

Também as características físicas devem ser consideradas. A presença de sólidos como areias, lamas ou matérias decantáveis pode exigir filtros ou a opção por certos tipos de contadores em detrimento de outros.

2.1.4.7. Particularidades do local de instalação

O local onde o contador vai ser instalado condiciona a sua escolha. Em certas situações verifica-se a necessidade de integração de troços retos ou estabilizadores, principalmente quando se trata de contadores de velocidade, o que pode não ser viável, por exemplo, sem determinadas condições de espaço.

2.1.4.8. Condições de exploração

Os esforços resultantes das condições de exploração podem ainda determinar a escolha do contador. Poderão ser exercidos esforços dinâmicos nas condutas, como acontece pela ocorrência de golpes de aríete (Colarejo, 2011).

Assim, é necessário tomar em consideração todos os aspectos anteriormente referidos de modo a otimizar o investimento do contador e minimizar subcontagens.

2.1.5. ESTIMATIVAS DOS CONSUMOS

Como se sabe, uma EG não dispõe de recursos suficientes para fazer recolha mensal de todas as leituras. Nos meses em que um contador não é lido, a faturação do consumo terá que ser feita por estimativa.

O processo de estimativa é consideravelmente simples. Normalmente a EG dispõe de um software que procede a uma análise do histórico do consumo do cliente. Com base num consumo médio de um período de referência é estimado o consumo para o intervalo em questão.

O procedimento geral nas entidades de distribuição não varia do procedimento apresentado. Uma maior dissemelhança verifica-se sim nos períodos de referência utilizados.

Normalmente os softwares utilizados permitem optar por uma diversidade de períodos de referência bastante diversificada, deste modo a EG poderá optar por aquela que mais se adequa aos padrões de consumo dos seus clientes. Por exemplo, em alguns casos são consideradas as médias dos dois meses anteriores, em outros a média dos dois meses homólogos do ano anterior. Em qualquer situação a empresa terá que proceder a um reajuste no momento que tiver acesso à leitura real.

2.2. PERDAS APARENTES

2.2.1. DEFINIÇÃO DE PERDAS APARENTES

Perdas de água quantificam água entrada no sistema que não pertence ao consumo autorizado. Dentro desta categoria surgem, como já acima referido, as perdas físicas ou reais e as comerciais ou aparentes. A *International Water Association* (IWA) apresenta o balanço hídrico, onde a água entrada no sistema pode ser qualificada segundo o seu fim, e conforme disposto no quadro 2.1.

As perdas aparentes quantificam a água que foi consumida mas não faturada. Generalizadamente podem ser constituídas por uso não autorizado e os erros de medição. Este tipo de perdas é geralmente significativo podendo mesmo representar 50% ou mais da percentagem da água não faturada, dependendo de aspectos técnicos como critérios de dimensionamento e manutenção de contadores e procedimentos comerciais e de facturação (Silva, et al., 2003).

Verifica-se um uso não autorizado sempre que são falseadas as leituras do contador por parte do cliente, de modo a alterar a leitura real, aspecto que será desenvolvido mais adiante. Os erros de medição devem-se à incorreta contagem pelo próprio contador devido a diversas razões que serão abordadas nas páginas seguintes.

Quadro 2.4 Componentes do balanço hídrico (Alegre, et al., 2005)

Balanço hídrico				
Água entrada no sistema	Consumo autorizado	Consumo autorizado faturado	Consumo faturado medido	Água faturada
			Consumo faturado não medido	
		Consumo autorizado não faturado	Consumo não faturado medido	Água não faturada
			Consumo não faturado não medido	
	Perdas de água	Perdas aparentes (comerciais)	Uso não autorizado	
			Erros de medição	
		Perdas reais (físicas)	Fugas nas condutas de adução e/ou distribuição	
			Fugas e extravasamentos nos reservatórios da adução e/ou distribuição	
			Fugas nos ramais	

Segundo a IWA, a medição das perdas aparentes como uma simples percentagem pode ser demasiado simplista. Recomenda-se então o uso de um indicador de desempenho, *Apparent Loss Index* (ALI), que relaciona o valor das perdas aparentes com um valor de referência de 5% da água faturada (Rizzo, et al., 2007). Um indicador que expresse as perdas comerciais como uma simples percentagem da água fornecida pode ser enganoso, uma vez que não expressa o verdadeiro valor da perda de receita (Farley, et al., 2008). O ALI retrata uma indicação das perdas aparentes a combater considerando que uma parte delas é inevitável, como reflete a figura 2.2.

$$\text{Indicador perdas aparentes (ALI)} = \frac{\text{Valor de perdas aparentes}}{5\% \text{ da água faturada}} \quad (2.2)$$

Para um melhor entendimento deste indicador, a imagem que se segue compara as perdas aparentes inevitáveis com as recuperáveis e apresenta o respetivo indicador ALI.

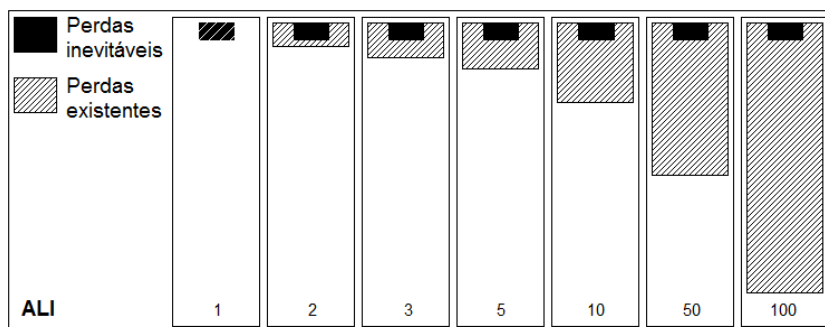


Fig. 2.19 Representação de vários valores para o indicador ALI

2.2.2. FATORES QUE CONSTITUEM AS PERDAS APARENTES

As perdas aparentes são claramente constituídas por quatro componentes que podem interagir entre si de forma intercalável. A IWA apresenta um esquema bastante claro onde essas componentes são mencionadas e tomadas como próprio método de combate a este tipo de perdas.

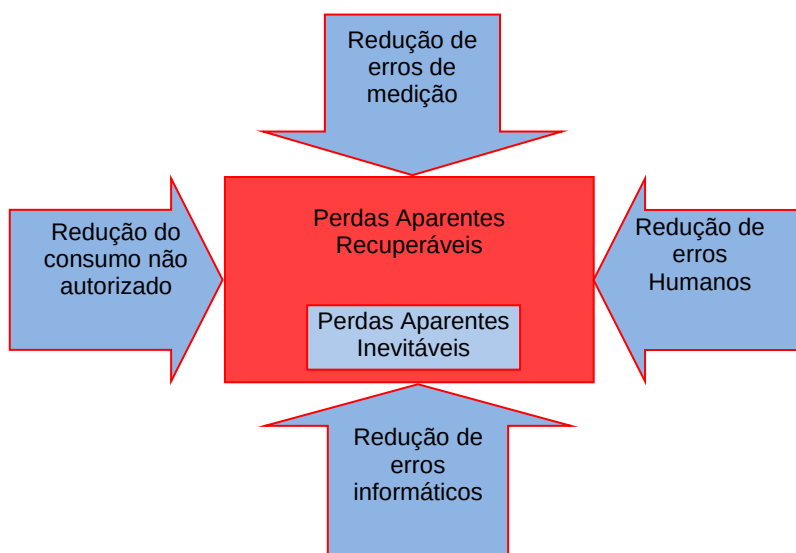


Fig. 2.20 Os quatro componentes das perdas aparentes (Rizzo, et al., 2007)

Percebe-se assim, através do esquema elucidativo, que existe uma parcela de perdas aparentes que são inevitáveis, ou seja com que a empresa de distribuição terá que contar apesar do esforço de redução, já que o investimento na sua eliminação não é sustentável. No entanto, a mais importante porção são perdas recuperáveis, e essas sim revelam uma maior urgência em eliminar.

Alguns dos principais elementos que constituem as perdas aparentes são os erros de medição. Estes devem-se principalmente a desacertos de contagem no contador. Os erros humanos é outro fator, dá-se principalmente através da incorreta recolha da leitura dos contadores. Há ainda erros informáticos, que também podem contribuir para as perdas comerciais numa empresa de distribuição de água. Por fim, o consumo não autorizado revela-se também um importante fator a combater para redução das perdas aparentes. Neste tópico englobam-se os roubos e fraudes de água.

Este conjunto de parâmetros constituem então uma significativa quantidade da água não faturada por parte duma entidade gestora, sendo assim é necessário adotar os mais eficientes métodos a fim de minimizar ao máximo as perdas aparentes recuperáveis. Posto isto, nos próximos itens é apresentada uma análise mais detalhada sobre cada um destes quatro elementos de grande relevância no combate de perdas aparentes.

2.2.3. INFLUÊNCIA DOS ERROS DE MEDIÇÃO

2.2.3.1. Caracterização geral

Pelas mais diversificadas razões um contador acaba por apresentar valores afetados de um determinado erro. Esse erro é, de forma simplificada, a diferença entre o valor mostrado pelo contador e o volume líquido realmente consumido. Apesar de ser o valor absoluto do erro, na prática é comum usar-se o conceito de erro relativo, expresso em percentagem (janz.pt, 2011), dado por:

$$\varepsilon = \frac{V_i - V_c}{V_c} \times 100 \quad (2.3)$$

Sendo que V_i representa o valor indicado pelo contador e V_c o volume realmente passado.

Olhando que o contador funciona como uma caixa registadora da entidade de distribuição, entende-se que eventuais subcontagens vão refletir-se no valor da receita da entidade gestora (EG). Os erros de medição são considerados um importante componente das perdas aparentes. (Yaniv, s/ data). Segundo alguns estudos, é comum registarem-se subcontagens médias anuais na ordem dos 15%, mas já não é comum atingirem-se subcontagens médias apenas na ordem dos 5% (Taborda, 1999).

Os contadores apresentam uma gama de precisão dependente de diversos aspectos. Um elemento de grande relevância, e possivelmente o mais importante, é a gama de caudais para a qual o aparelho é dimensionado. O erro de medição que um contador apresenta, dentro da gama de caudais possíveis, segue uma curva da forma apresentada na figura seguinte.

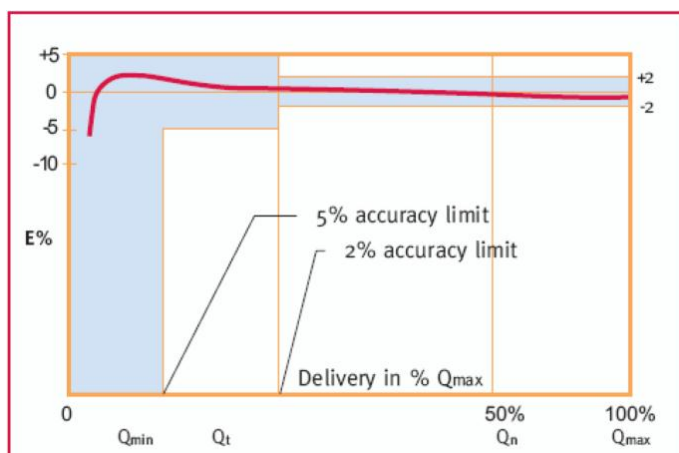


Fig. 2.21 Curva de erro de um contador (Yaniv, s/data (a)).

A curva de erro de um contador apresenta quatro pontos principais ao longo da amplitude de caudais aconselhável: caudal mínimo ($Q_{\min}$), caudal de transição (Q_t), caudal nominal (Q_n) e caudal máximo ($Q_{\max}$). Um contador novo (multijacto classe B, por exemplo) com desempenho ideal, antes de atingir o caudal mínimo de dimensionamento, apresenta um erro bastante significativo e de grande variabilidade. Ultrapassado esse valor o contador deve apresentar um erro máximo de 5%. Já com o caudal nominal pode-se esperar-se um erro inferior a 2% até ser alcançado o caudal máximo, que é dado por duas vezes o caudal nominal (Yaniv, s/data (a)).

Abaixo do caudal mínimo a curva de precisão apresenta significativa inclinação, garantindo precisões inaceitáveis. Alguns caudais deixam mesmo de ser contados.

Existe uma grande quantidade de fatores que afastam o comportamento de um contador da sua grama de precisão ideal. No tópico seguinte é feita uma análise aos mais relevantes.

2.2.3.2. Principais causas dos erros de medição

Como foi já referido, no decorrer do tempo de vida útil de um contador, este tende a aumentar a subcontagem devido ao desgaste por simples acção do uso. Esse desgaste não depende apenas do uso do aparelho mas também das características da água medida. Quando a água é mais agressiva física ou quimicamente, a precisão é afetada num curto período de tempo, assim como com a presença de sólidos em suspensão (Rizzo, s/ data).

A deposição de calcário no interior do corpo do contador pode também levar à dificuldade de rolamento das peças móveis, ou mesmo bloqueio do contador. Isso reflete-se com maior intensidade em pequenos caudais, onde a força de rotação exercida é especialmente baixa (Arregui, et al., 2005).



Fig. 2.22 Acumulação de calcário no interior de um contador (Arregui, et al., 2005)

Por vezes também se verifica uma mais rápida deterioração com a utilização de águas sazonais, como acontece em cidade pequenas com a quase totalidade da população flutuante, onde os contadores permanecem parados durante quase todo o ano (Arregui, et al., 2006(a)). Outro dos motivos da deterioração precoce são as roturas nos ramais de abastecimento. Algumas vezes, nos casos em que são necessárias maiores intervenções nas condutas de abastecimento, acabam por entrar pequenos grãos de areia que, ora vão bloquear o contador, ora o desgastam com a sua passagem.

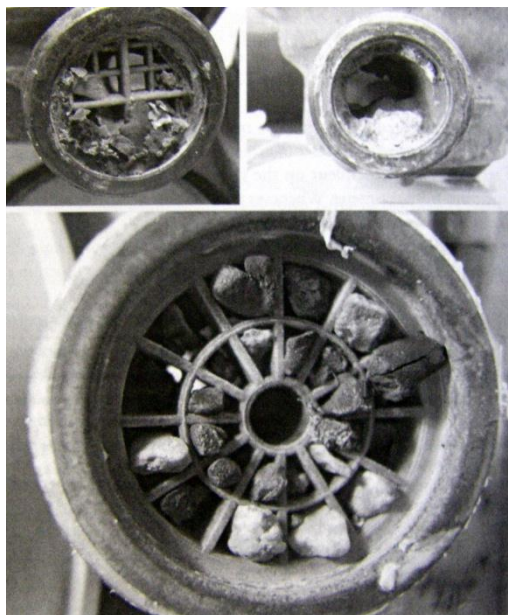


Fig. 2.23 Entupimento parcial causado por calcário e partículas em suspensão (Arregui, et al., 2006 (b))

Deste modo revela-se a extrema importância da consideração dos correctos padrões de consumo no momento do dimensionamento, até porque há tendência em adoptar contadores de maiores dimensões, de modo a atender a possíveis aumentos no consumo, ou por preocupação por eventuais perdas de carga. Nesses casos, esta atitude pode implicar que o contador venha a trabalhar na parte inferior da sua escala de desempenho, logo em subcontagem (Rizzo, s/ data). De outro modo, um subdimensionamento proporciona a rápida deterioração do contador. Nestes casos é provável haver um registo com elevada precisão no momento da instalação, no entanto permanece com este rigor por um curto período de tempo, havendo mesmo forte tendência de ruptura de algumas peças (Arregui, et al., 2005).

Dificuldade de medição e consequentes erros verificam-se também quando existem tanques de armazenamento de água com válvula de bóia, devido aos baixos caudais (Arregui, et al., 2005). A figura seguinte apresenta um exemplo das variações de consumo num consumidor com este tipo de tanque de armazenamento.

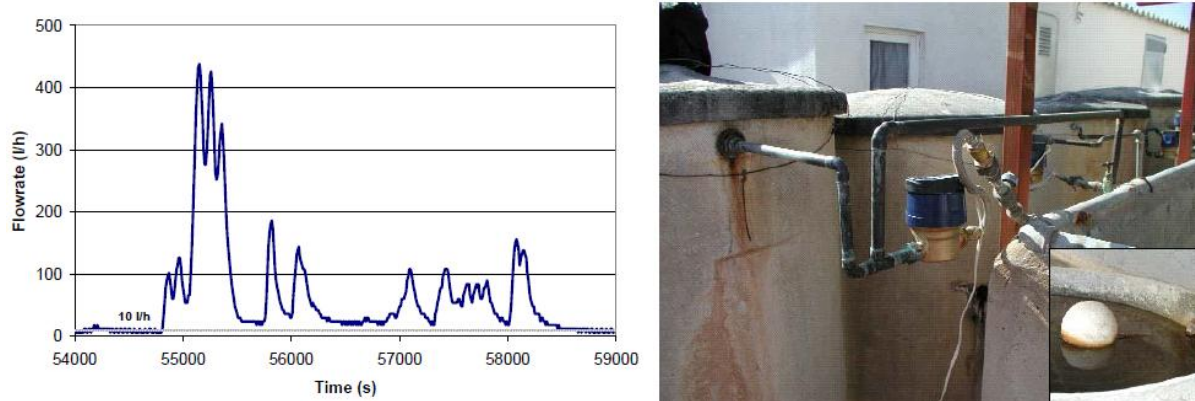


Fig. 2.24 Influência de um tanque de armazenamento privado nos padrões de consumo de água doméstica (Arregui, et al., 2005)

A figura apresenta ainda um exemplo da grande facilidade de ocorrência de erros de medição pela dificuldade de adaptação do contador à variabilidade de consumos.

As fugas nas redes domiciliárias dos clientes podem também ser uma razão para contagem deficitária. Correspondem a caudais inferiores ao mínimo do contador, acabando por não ser registados. Por exemplo, uma fuga num autoclismo, com um caudal de 5 a 8 l/h numa habitação com um contador DN15 (doméstico), pode não ser registada ou ser apenas parcialmente. Note-se que essa fuga consegue representar 40 m³/ano, o que significa aproximadamente um terço do consumo de um cliente doméstico normal (Taborda, 1999).

Outro dos fatores que pode ter impacto significativo no desempenho de um contador é a sua instalação. Determinados contadores são de jacto são projetados para serem montados horizontalmente, e podem não ter um bom desempenho quando instalados de outra forma, como na vertical, devido ao aumento do atrito das peças móveis. Esse atrito vai aumentando a médio ou longo prazo influenciando significativamente a precisão. Generalizadamente um contador pode perder uma classe metrológica quando instalado na posição incorrecta. Estima-se que uma instalação inadequada conduza a um erro estimado de 3%, vindo a aumentar no decorrer do tempo (Arregui, et al., 2006 (b)). Em contadores volumétricos este problema não se verifica.

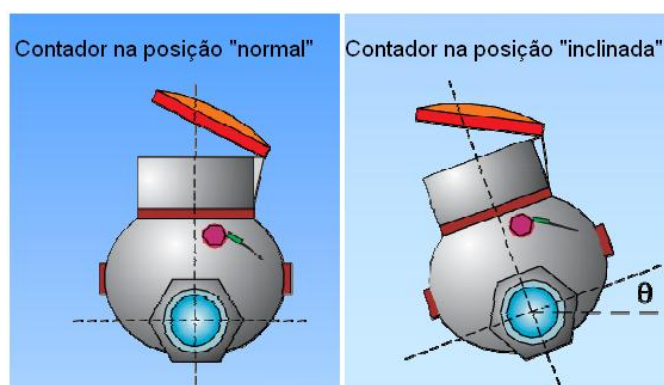


Fig. 2.25 Esquema de contador inclinado

Arregui et al (2005) apresentam um exemplo de como este fator pode aumentar o erro de medição em baixos caudais.

Quadro 2.5 Contador doméstico de jacto simples, precisão a 22.5 l/h (Arregui, et al., 2005)

	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4	Modelo 5
	Classe C	Classe B	Classe B	Classe C	Classe C
Montagem Horizontal	1.5%	-0.6%	-5.7%	0.3%	0.2%
Montagem 45°	-2.9%	-10.1%	-37.9%	-2.6%	-4.5%
Diferença de erro	4.4%	9.5%	32.2%	-2.9%	4.7%

Como mostra o quadro, a variação do erro para pequenos caudais é bastante significativa, e isso acentua-se principalmente nos contadores de classe C.

O mesmo autor dá ainda uma forma gráfica à possível variação dos erros de um contador a 45° comparativamente a outro a 90°.

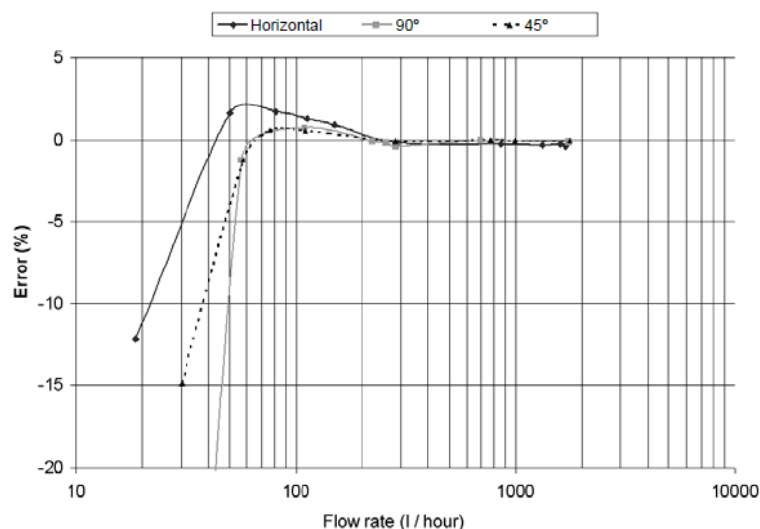


Fig. 2.26 Curva de precisão de um contador de jacto de 15 mm em diferentes posições de montagem (Arregui, et al., 2005)

Em casos onde o contador é instalado no exterior pode existir também uma possibilidade acrescida de se verificarem erros de medição. Tal situação verifica-se em condições meteorológicas extremas. Por exemplo, altas temperaturas podem deteriorar principalmente os comportamentos plásticos e até mesmo deformá-los. Por outro lado, as baixas temperaturas podem aumentar a pressão dentro do contador, ultrapassando o valor máximo permitido (Arregui, et al., 2006(a)).

Com poucas exceções, o comportamento metrológico dos contadores é afetado de alguma forma pela distribuição de velocidades na entrada do dispositivo. Há assim necessidade de tornar o escoamento mais homogêneo. Algumas vezes isso pode passar pela colocação de um maior comprimento de tubo reto a montante. Estes erros podem de igual modo dar-se por acumulação de sedimentos no filtro

obstruindo e asfixiando o contador, situação comum em contadores domésticos. Os contadores volumétricos, tipo monojato, são os mais afetados (Arregui, et al., 2006 (b)).

A adulteração dos contadores pode ser outra das causas da subcontagem. Apesar de nem todos os contadores poderem ser facilmente manipulados, há alguns menos protegidos contra violação que outros (Arregui, et al., 2006(a)).

Analizados os principais aspectos que contribuem para o acréscimo dos erros de medição, entende-se que uma EG deve ter uma estratégia de medição que zele por todos eles. Essa estratégia deve ser definida tomando em conta o custo potencial da implementação das políticas em relação ao potencial de rendimento.

2.2.4. INFLUÊNCIA DOS ERROS HUMANOS

2.2.4.1. Caracterização geral

Os erros humanos dão-se especialmente por leituras dos contadores mal interpretadas. Estes erros podem ser introduzidos negligentemente pelos leitores. Muitas vezes o envelhecimento ou mau estado do contador, os locais de difícil acesso ou outras difíceis condições de leitura podem induzir o leitor em erro, como por troca de uma vírgula ou de um algarismo. Esta situação tem maior probabilidade de ocorrer quando se trata de leitores menos experientes (Farley, et al., 2008).

Em condições de humidades elevadas o embaciamento do visor pode também dificultar o processo de recolha de leituras. Normalmente instalados ao nível do solo, certos contadores facilitam a recolha errada de leituras (Arregui, et al., 2006 (b)).

Devido à escassa bibliografia existente sobre o assunto, considerou-se interessante apresentar uma abordagem aos erros humanos baseada na experiência da empresa Águas do Porto EEM. Por tratar-se de uma empresa de referência considerou-se que a sua experiência no combate aos erros humanos pode mesmo ser um exemplo a seguir por muitas outras entidades de distribuição de água.

A recolha de leituras é feita por um técnico especializado no assunto que goza já de alguns anos nesta atividade. Consigo o profissional leva uma tabela com os dados mais importantes de cada cliente. Naturalmente dados como a morada, o tipo de tarifa, o número de contador, o período de tempo decorrido desde a última leitura, e em função disto um aviso com a importância de fazer essa leitura. Essa mesma tabela contém ainda o valor da última leitura, para que o leitor possa fazer uma breve análise a cada contador lido, precisamente no momento de recolha. Desta forma o leitor combate já os seus possíveis erros, e analisa ainda o consumo que o cliente teve, estando deste modo atento a possíveis fraudes ou situações anómalas. Exemplo disso podem ser situações de contador parado. Se o leitor faz uma leitura em que o contador apresenta o mesmo valor que a anterior, ele pode solicitar ao cliente que abra uma torneira para verificar se o contador funciona. Outra situação pode ainda ocorrer, note-se que no caso de o cliente consumir a partir de um reservatório a movimentação do contador não será imediata. Para testar esta situação o leitor poderá fechar a válvula imediatamente a montante do contador, e averiguar se o cliente continua a ter água.

O leitor poderá ainda observar as condições em que o contador se encontra no sentido de detetar possíveis irregularidades, como desmonte do contador, manipulação ou até ligações diretas. Pode ainda apurar a existência de fugas no próprio contador ou junto deste, eventualmente por porcas desapertadas ou perfurações nas condutas.

Numa segunda fase, podendo já ser num outro lugar, o leitor insere os dados num PDA a partir do qual esses mesmos dados são descarregados na base de dados da empresa. Também aí as possibilidades de

ocorrência dos erros humanos são viáveis. Os dados são transferidos para o modo digital manualmente, então a possibilidade de ocorrência de equívocos é plausível. Apesar disso, também o PDA tem um software que faz uma análise imediata no momento de inserção dos dados, combatendo deste modo as eventuais incorreções.

Este é um processo bastante simples que apesar disso possibilita a ocorrência de erros. No entanto, através da metodologia descrita, situações de incorrecção não se verificam com uma frequência preocupante, mas que mesmo assim não dispensam de ser cuidadas.

2.2.4.2. Problemas associados aos erros humanos

Problemas associados aos erros humanos parecem bem claros no contexto das perdas aparentes. Quando os dados de uma leitura são inconvenientemente recolhidos, este erro transmite-se pela base de dados da empresa. As incoerências associadas a um erro humano implicam a informação errada que a empresa tem das leituras, o que conduz uma expressiva diversidade de problemas.

Quando a entidade de distribuição se julga conhecedora do consumo de determinado cliente e esse dado não está correto, irá emitir a fatura errada. Vai ainda usar os seus dados para fazer um balanço de perdas que não correspondem à realidade. A empresa não terá tanta facilidade em detetar irregularidades num cliente, visto que os seus consumos não seguirão um padrão normal. Também terá maior dificuldade na elaboração de estimativas nos períodos de tempo em que as leituras não forem recolhidas, e então aumenta o erro na percepção do estado das perdas, ficando assim sem elementos que a façam partir para o terreno no combate às perdas de água. No fundo, a empresa vai estar desinformada da realidade, assim essa situação afasta a entidade da eficiência.

A eficácia de uma empresa é também dependente da satisfação dos clientes, se as faturas forem emitidas com erros parece natural que os consumidores irão manifestar o seu descontentamento, o que implicará ainda anulação de faturas e correção das mesmas, acarretando perturbação ao funcionamento do sistema.

2.2.5. INFLUÊNCIA DOS ERROS INFORMÁTICOS

2.2.5.1. Caracterização geral

Depois de serem recolhidas as leituras, essas informações são transmitidas à base de dados da EG. As incorreções que possam advir do seu processamento são designadas por erros informáticos.

Este tipo de erros pode surgir com significativa frequência e são razão de preocupação por parte da EG. Ao serem introduzidos dados incorretos na base de dados, essas informações devem ser detectadas para que o erro não se propague. Em determinados casos surgem mesmo falhas dos próprios sistemas informáticos, vindo a gerar informações erróneas que acabam por não ser detectadas. Exemplo disso é a ocorrência de emissão de faturamento sobre volumes de água impossíveis, que acaba por surgir no seio das entidades gestoras. Outro caso poderá ser o envio de determinada faturação para o cliente errado. Trata-se de situações que, embora pareçam pouco recorrentes, acabam por surgir nas empresas de distribuição de água.

A importância dos erros informáticos reflete-se na maior parte das vezes em aspectos semelhantes aos erros humanos, visto tratar-se também de incorrecções relativas aos dados. O falso conhecimento da situação da rede de distribuição por parte da empresa gestora é possivelmente a mais grave consequência deste tipo de erros.

2.2.5.2. Principais causas dos erros informáticos

Poderá dizer-se que as causas primordiais dos erros informáticos são as falhas de software, através dos erros de programação. Se a empresa não tiver um bom filtro de dados, para que possa detetar e corrigir erros atempadamente, eles continuam no sistema vindo originar problemas de gestão.

O sistema informático deve fazer uma análise aos dados que lhe são enviados e emitir alertas em situações invulgares. Este tipo de análises é também útil em outras etapas do tratamento de dados. Algumas falhas na escrita do software acabam por fazer surgir os erros informáticos que não provêm apenas de valores de leituras incorretos.

Situação de erro informático pode surgir ainda quando uma EG decide fazer alterações nas suas bases de dados. Se o histórico de alguns clientes não ficar convenientemente inserido, o software não terá uma boa base para análise de dados futuros, ora fica suscetível de não detectar erros que possam surgir.

2.2.6. INFLUÊNCIA DO CONSUMO NÃO AUTORIZADO

2.2.6.1. Caracterização geral

Como já anteriormente referido, uma das principais causas das perdas aparentes são os consumos não autorizados. Estes consumos caracterizam-se geralmente por furtos de água que resultam de um comportamento ilegal do cliente conectando-se à rede sem autorização (Fantozzi, et al., 2008). É possível ainda verificar-se este tipo de consumo devido à manipulação do contador. O consumo não autorizado pode entender-se como uma perda de água devida a ações humanas propositadas.

Dentro da grande variabilidade de formas de consumo não autorizado salientam-se as ligações clandestinas à rede de distribuição, as ligações por “bypass”, a derivação de ramal, a violação de contador ou mesmo o consumo direto dos hidrantes e redes prediais de combate a incêndio. Algumas vezes repara-se que em certas obras públicas de pequena dimensão são usadas águas retiradas das bocas-de-incêndio, sem qualquer totalização.

2.2.6.2. Principais formas de consumo não autorizado

Nas ligações clandestinas a água não passa pelo contador, é consumida diretamente da rede de distribuição. Este tipo de ligação é bastante comum em áreas de abastecimento pouco urbanizadas (Pereira, 2007).

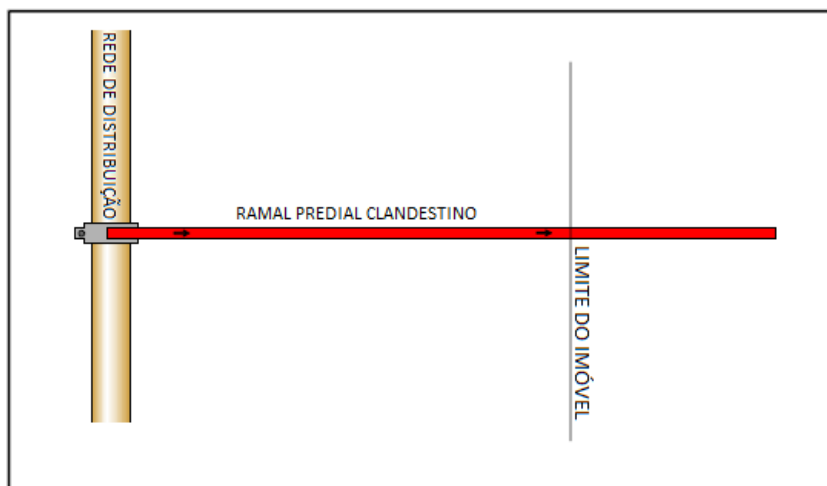


Fig. 2.27 Ligação clandestina adaptado de Léo (1999)

Designa-se de ligação clandestina as situações em que o ramal predial não contém qualquer contador, é ligado diretamente à rede de distribuição. Nestes casos, apesar da existência de ligação predial o consumidor instala um novo ramal até ao interior do edifício (Pereira, 2007).

Um outro tipo de uso indevido verifica-se através da ligação por “bypass”. É feito um desvio ao contador não passando a água consumida pelo elemento de contagem, mas por uma tubagem paralela a este. Este tipo de irregularidade revela-se de mais difícil detecção no caso ser feita logo no primeiro mês de abastecimento, uma vez que cria junto da concessionária um histórico de consumo que não corresponde à realidade (Pereira, 2007).

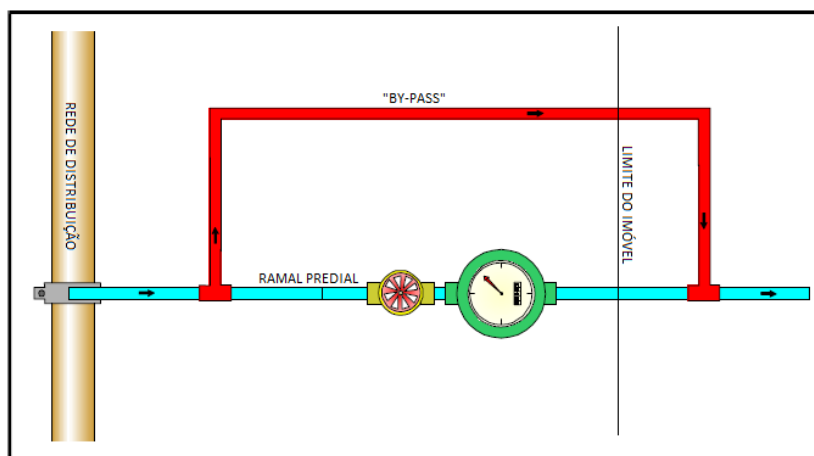


Fig. 2.28 Ligação por “bypass” Léo (1999)

Os casos de derivação de ramal correspondem a fraudes não muito diferentes das situações anteriores. Nesses casos o consumidor fraudulento faz um desvio semelhante ao “bypass” mas não volta a ligar ao ramal predial.

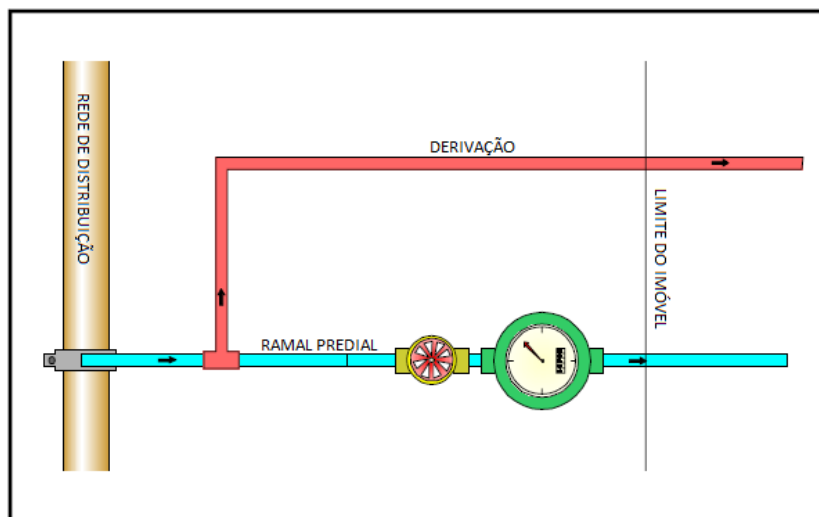


Fig. 2.29 Ligação por derivação de ramal Lédó (1999)

Importa notar que no caso da derivação de ramal a água pode continuar a passar pelo contador para a instalação antiga, podendo ser controlado o volume de contagem. Esta situação dificulta a detecção do uso indevido por parte da entidade de distribuição uma vez que o consumo pode simplesmente diminuir.

É ainda comum ser detectados consumos não autorizados através da violação do contador. Nestas situações, as entidades de distribuição estão constantemente a comprovar a grande criatividade dos clientes no sentido de evitar a correta faturação do volume de água consumido (Jesus, et al., 2000).

Existe uma grande diversidade de formas de adulteração de contadores detetadas. Jesus, et al., 2000 refere a introdução de dispositivos obstrutores metálicos, como por exemplo arames. Desta forma a turbina do contador é bloqueada permanecendo assim o mesmo consumo ao longo do tempo.



Fig. 2.30 Contador violado por colocação de objetos obstrutores no interior (Arregui, et al., 2006 (b))

A inversão do sentido do escoamento no contador é outra das mais conhecidas formas da prática do consumo não autorizado. No entanto, como o contador possui uma seta que aponta o sentido do escoamento, este tipo de fraude pode ser de mais fácil detecção que as anteriormente referidas (Pereira, 2007)

Colocação de ímanes de modo a travar o movimento do contador. Novos modelos já possuem anéis de proteção que tornam esta operação mais difícil (Arregui, et al., 2006 (b)).

A intervenção do consumidor fraudulento pode dar-se ainda no próprio contador, por manipulação deste de modo a prejudicar as suas características metrológicas. Segundo Pereira (2007), esta violação pode ser muito variada, dependendo da tipologia do contador. Como exemplo refiram-se a quebra do lacre e manipulação da relojoaria, ou ainda o furo na cúpula e a introdução de uma agulha que paralise o movimento da relojoaria.



Fig. 2.31 Contador Violado com lacre retirado (adaptado de Pereira, 2007)



Fig. 2.32 Contador Violado com furo na cúpula (adaptado de Pereira, 2007)

Para além destas, existem uma grande diversidade de formas de consumir água de um modo não autorizado, embora menos comuns. É frequente as empresas distribuidoras depararem-se com novas e engenhosas formas de consumir indevidamente água, assim, logo após ser criado um método para prevenir um tipo de fraude, surge um outro que o neutraliza (Arregui, et al., 2006 (b)).

2.2.7. MÉTODOS DE COMBATE ÀS PERDAS APARENTES

Num primeiro instante mostra-se fundamental fazer um diagnóstico do estado das perdas e suas principais origens, seguindo-se a procura de medidas para a sua minimização.

Existe uma grande diversidade de medidas para combate às perdas aparentes. Naturalmente na presente abordagem não serão todas mencionadas, no entanto algumas das mais importantes e recentes técnicas de combate às quatro causas acima estudadas apresentam-se nos seguintes itens.

2.2.7.1. Redução de erros de medição

Tal como já se referiu, os motivos que conduzem aos erros de medição são de grande diversidade. Nos itens que se seguem são apresentadas algumas das formas de combate aos erros de medição anteriormente abordados.

- **Combate à subcontagem**

Existe uma grande dificuldade em medir caudais significativamente baixos. A maioria dos contadores de água simplesmente não os mede, logo os inferiores a 12 litros por hora (Yaniv, s/data (a)). Uma solução inovadora está a ser testada em vários lugares do mundo. Consta num redutor de caudais, *Unmeasured Flow Reducer* (UFR), que procura combater este problema. O seu principal objetivo é reduzir as perdas aparentes alterando o regime de caudais através do contador aquando à ocorrência de baixas pressões. Desta forma o UFR permanece fechado enquanto a diferença de pressão de montante para jusante for baixa, mas permite a livre passagem do caudal quando a pressão começa a acentuar-se.



Fig. 2.33 UFR (Yaniv, s/data (a)).

A figura 2.34 ajuda a entender o método de funcionamento desta ferramenta. Num primeiro momento o UFR permanece fechado, enquanto a pressão a montante atinge o limite de abertura. O instante que se segue o UFR liberta a passagem e o caudal entra no contador com uma velocidade tal que permite a sua contagem de forma eficaz. Por fim, a pressão de montante aproxima-se daquela que se verifica a jusante e a válvula é fechada de novo, impossibilitando a passagem de pequenos caudais que não seriam contados.

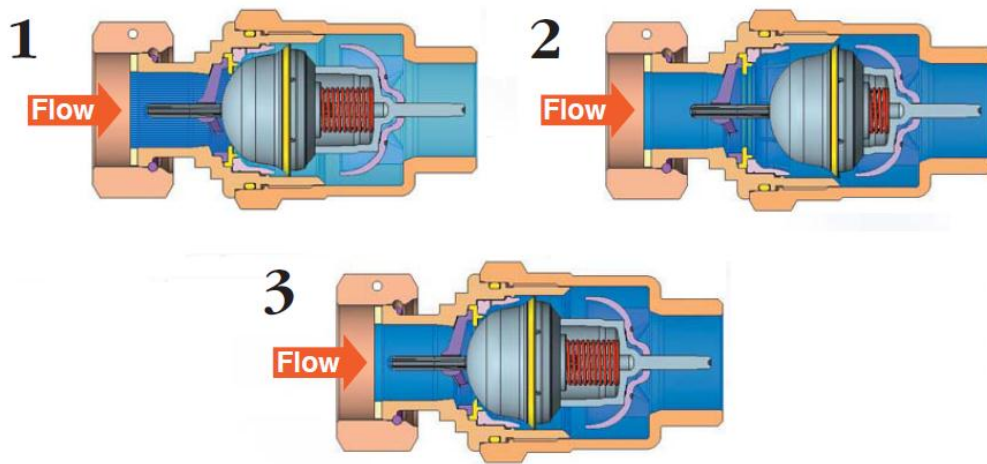


Fig. 2.34 Funcionamento de UFR (adaptado de Yaniv, s/data (b))

O URF é instalado a montante de cada contador tal como ilustra a figura que se segue.



Fig. 2.35 Uso de UFR na rede de distribuição (Yaniv, s/data (b))

Segundo Yaniv (s/data) a variação dos pequenos caudais consumidos assume o padrão de consumo esquemático como o apresentado na imagem seguinte. Um caudal que seria constantemente baixo é dividido em parcelas de caudais superiores.

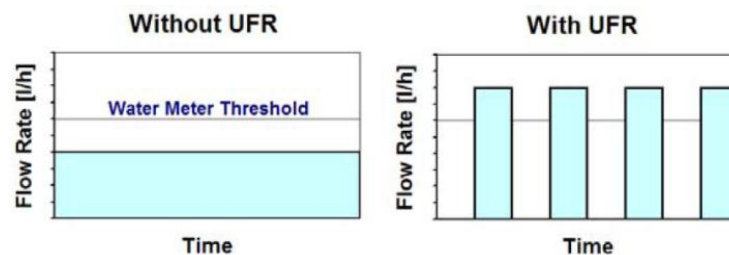


Fig. 2.36 Regulação dos caudais com UFR (Yaniv, s/data (a))

- **Substituição do parque de contadores**

Substituir os contadores apenas quando estão obstruídos, muito velhos ou usados é uma política que só pode ser admissível em entidades gestoras com preço de água muito baixo. De qualquer forma, essa política de baixo perfil vai conduzir a erros significativos nos contadores e logo um controle medíocre do consumo. Em muitos países desenvolvidos, devido às regulações nacionais e locais, os contadores devem ser verificados e eventualmente substituídos após um determinado período de tempo. No entanto, a política de substituição deve basear-se numa análise custo-benefício com base no estado de deterioração da precisão do contador, o custo de substituição, o preço da água, etc. (Fantozzi, et al., 2008).

A revisão da literatura nacional e internacional demonstra que houve uma pesquisa no sentido de definir um período ideal para substituição de contadores de água, com uma metodologia baseada na perda de receita devido à imprecisão do contador (Fantozzi, et al., 2008).

Este tema será merecedor de uma abordagem um pouco mais elaborada no decorrer da presente dissertação, por enquanto, fique-se apenas com uma perspectiva da relevante importância do assunto num conjunto de estratégias de abastecimento de água.

É de extrema importância uma correta gestão do parque de contadores. A Subcontagem não trás apenas redução dos lucros por faturação, mas também impossibilita a correta avaliação das perdas reais, visto que estas são estimadas também com base nos consumos faturados (Ferréol, 2005). Então, a eficiência de uma empresa está sujeita à eficácia dos seus contadores.

Ferréol (2005) propõe uma análise à eficiência do parque de contadores. Um primeiro método poderá ser a substituição de contadores em grande escala por novos (5000-10000). Alternativamente poderá fazer-se o mesmo teste mas em pequena escala (5-20), contadores novos instalados em série com os já existentes. A diferença ao longo dos meses entre o faturamento total novo e o anterior dita a ineficiência do parque de contadores.

- **Desadequação dos padrões de consumo**

No momento de dimensionar é importante ter especial cuidado à adoção do contador mais indicado. As dificuldades de dimensionamento surgem especialmente no cliente não-doméstico. Para estes consumidores os padrões de consumo são muito difíceis de prever. Por essa razão não é surpreendente encontrar uma percentagem significativa de contadores industriais e comerciais de tamanho desadequado (Arregui, et al., 2005).

Recomenda-se, deste modo, a análise cuidada da gama de caudais fornecida pelo fabricante do respectivo contador (Arregui, et al., 2006(a)).

2.2.7.2. Redução dos erros humanos

Segundo alguns especialistas, não adotar políticas de recursos humanos com ênfase na valorização de serviços prestados pode reduzir o grau de credibilidade das leituras recolhidas (Pereira, 2007). As boas políticas de recursos humanos podem vantajosas não apenas no combate às perdas aparentes, mas também na redução das perdas reais. Por exemplo, tendo os leitores obrigatoriamente de caminhar pela rua o seu papel na detecção e comunicação de fugas pode ser bastante importante.

Uma forma de redução dos erros humanos passa pela substituição das tabelas de recolha de leituras por aparelhos coletores, nos quais no momento de recolha a leitura pode ser comparada com a média

dos consumos anteriores do cliente assim como com a última leitura. Deste modo, podem mais facilmente ser detectados erros e corrigidos antes que se propaguem à base de dados da empresa.

Thornton; Kunkel (2004) apresentam algumas medidas no sentido de aumentar a credibilidade dos dados recolhidos: auditorias aos relatórios de campo, para evitar que não estejam a ser estimadas leituras quando estas deviam ser lidas. Auditoria ao número de leituras estimadas; este deve ser reduzido relativamente ao número de leituras reais.

Revela-se ainda importante que, sempre que o leitor comunica um problema, esse seja resolvido com a maior brevidade possível, até para que ele não fique desmoralizado e menos disposto a comunicar problemas. Os leitores são o ponto de contato mais direto com os consumidores, o seu desempenho tem um impacto natural nas finanças da empresa, por isso as suas atividades merecem um investimento por parte da EG em formação e motivação. Só desse modo é possível obter-se informações de forma eficaz e eficiente. Deve também estabelecer-se sistemas e procedimentos para evitar erros de leituras, através de uma maior supervisão dos leitores, implementação de rotas de leitura e controlos locais frequentes (Farley, et al., 2008).

A permanência de cada leitor em determinada zona mostra-se também uma metodologia bastante vantajosa. Quando um leitor conhece a zona em que trabalha este desenvolve um melhor relacionamento com os consumidores sendo isso vantajoso em vários sentidos. Facilitar o acesso às leituras, a escolha dos melhores percursos, a opção por horários em que a maioria dos clientes apresenta disponibilidade para facilitar o processo e a consideração dos consumidores pela empresa são apenas algumas das vantagens desta medida.

Importante na redução deste tipo de erros é ainda a constante atualização dos dados fornecidos nas tabelas fornecidas ao leitor. Acontece que algumas vezes ocorrem situações de tabelas de dados desatualizadas acabando por fazer o próprio leitor gastar mais tempo à procura de um contador que já não existe, ou até mesmo não detetar um consumo irregular existente.

Na redução dos erros humanos a telemetria pode desempenhar um papel importante, pela simples razão de eliminação do elemento humano. O acompanhamento desta ferramenta com um bom tratamento de dados dará à empresa uma vantagem substancial na tentativa de quantificação das perdas aparentes (Rizzo, s/ data).

2.1.3.3.Redução dos erros informáticos

Os métodos de combate aos erros informáticos passam pela adoção de melhores ferramentas de contabilidade da água. Existem diversas ferramentas de software especializadas no assunto. Baseiam-se predominantemente em Sistema de Informação Geográfica (SIG) ou Business Intelligence Tools, que facilitam a análise automática dos dados, e permitem uma mais fácil quantificação e análise dos quatro componentes das perdas aparentes.

Os métodos usados por estes softwares são geralmente muito similares. É feita uma comparação da água que é fornecida com a soma da água consumida na mesma área (Rizzo, s/ data). Torna-se assim evidente a necessidade de existirem dados actualizados, de modo a que a empresa tenha conhecimentos actualizados dos níveis de perdas a combater.

2.2.7.3. Redução do consumo não autorizado

Os consumos não autorizados podem ser combatidos essencialmente através da monitorização. Geralmente devem-se a fraudes por parte dos consumidores que obrigam a uma atenta fiscalização pela entidade gestora.

Nos próximos itens apontam-se métodos de combate a algumas das principais formas de consumo não autorizado.

- **Ligações directas**

Compreende-se por ligações directas os vários modos de consumo água sem que esta passe pelo contador. Lédo (1999) recomenda algumas ações e técnicas de campo simples que podem ser postas em prática na detecção de fraudes.

Para a detecção de “bypass” pode ser retirado o contador depois de ser fechado o abastecimento. Se houver retorno de água, mede-se a pressão. Confirmando que esta se encontra ao nível da pressão da rede, isso confirma a existência de “bypass” (Lédo, 1999).

Não havendo retorno de água depois do procedimento anterior, deverá ser feita uma inspeção predial completa com tomadas internas de pressão para comparação com a pressão na rede. Deve ainda verificar-se a chegada de água ao reservatório, caso exista, para análise da hipótese de derivação de ramal (Lédo, 1999).

Caso haja dúvida da credibilidade dos procedimentos anteriores, pode proceder-se, discretamente, à obstrução do ramal a montante do contador. Passado algum tempo, caso não haja reclamação por falta de água, basta confirmar a obstrução e proceder a uma vistoria de fraude (Lédo, 1999).

Na detecção de ligações clandestinas podem ser usados os mesmos métodos com a recolha de amostras de água e análise, comparando a cor e níveis de cloro com a água da rede (Lédo, 1999).

Depois de detectada a infração o cliente fraudulento deve ser devidamente punido servindo isso como estímulo à precaução de novas fraudes (Lédo, 1999).

- **Adulteração do contador**

A adulteração do contador é um dos métodos de consumo não autorizado bastante usado dentro das práticas fraudulentas. Devido à grande diversidade de métodos já existentes para esta prática seria moroso apresentar uma forma de combate a cada um deles. No entanto, uma das possíveis metodologias pode passar pela instalação de telecontagem. Através desta ferramenta é possível fazer-se um controlo bem mais imediato de uma grande diversidade das possíveis irregularidades no sistema de contagem.

A telemetria permite a emissão de alertas na ocorrência de uma vasta série de anomalias. Com esta tecnologia a ocorrência de desmonte de contador, paragem, remoção ou inversão do sentido do escoamento são detectadas. Mais adiante na presente dissertação serão exploradas as potencialidades desta tecnologia.

2.3. TELECONTAGEM

2.3.1. ENQUADRAMENTO

Ao longo dos capítulos anteriores têm-se discutido diversos problemas e soluções no âmbito das perdas aparentes de água. Também foi destacado que o combate a este tipo de perdas pode passar por uma solução tecnológica bastante diferente, algo que tem sido pouco usado até agora pela maioria das entidades de distribuição, a telecontagem.

Tradicionalmente o consumo de cada cliente é medido com uma certa frequência, que pode ir de curtos períodos de tempo, um mês, a períodos mais alargados, mais que um ano, por exemplo. Contadores de difícil leitura podem mesmo superar estes limites, deixando a entidade gestora sem a menor percepção do estado do consumo do respectivo cliente.

Mesmo com a percepção da verdadeira necessidade de conhecer as leituras de cada contador, para além de se revelar insustentável fazer recolha de leituras com períodos mais restritos, mostra-se ainda impossível. Existe uma parte dos contadores com tendência a permanecer com leituras inacessíveis. O uso de telemetria ou de “*datalogging*” é uma alternativa possível que se tem revelado bastante proveitosa.

Os sistemas de telemetria começaram a ser instalados em grande escala em entidades gestoras já em 1985, em projetos de água e gás, nos Estados Unidos (Tamarkin, 1992). No entanto, o pouco desenvolvimento tecnológico, designadamente nos sistemas de comunicação, capacidade de autonomia das baterias e a falta de suporte técnico fizeram com que os sistemas de telemetria domiciliária (STD) não se mostrassem inicialmente tão bem sucedidos (Medeiros, et al., 2007).

Até há bem pouco tempo, os benefícios da telemetria eram apenas explorados na medição de consumos de grandes consumidores e de caudais de rede, onde os volumes faturados compensavam maiores investimentos. Nos últimos tempos, graças ao avanço tecnológico, principalmente nas comunicações, tornou-se viável a implementação destes sistemas ao nível do consumidor final.

A telecontagem está assim a apresentar-se como uma metodologia de elevada eficiência no conhecimento quase imediato do estado de cada contador, e têm-se revelado uma potente ferramenta no combate às perdas aparentes de água, como se abordará no corrente capítulo. Apesar de todas as promessas de rentabilidade, têm-se constatado que a exploração de toda a potencialidade desta tecnologia ainda se encontra muito afastada do limite. Dessa forma, parte significativa das entidades de distribuição de água têm preferido optar por instalar esta técnica em zonas piloto, testando elas próprias os benefícios do sistema.

Através da telecontagem é possível conhecer as leituras de cada contador a cada instante. Se devidamente analisada essa informação pode tornar-se útil das mais diversificadas formas, possibilitando o combate às perdas de água, a faturação dos consumos reais do cliente, a deteção de irregularidades, o balanço hídrico da rede, entre outros benefícios que são minuciosamente descritos nos restantes itens desta dissertação.

2.3.2. CONSTITUIÇÃO DO SISTEMA

Os sistemas de telemetria domiciliária (STD) permitem a obtenção, processamento e transmissão de dados à distância, utilizando as mais diversificadas tecnologias de comunicação disponíveis.

Estes sistemas são constituídos por quatro elementos principais. O primeiro poder-se-á considerar a unidade local que faz a coleta das leituras, o seu registo e a transmissão. Esta unidade é formada pelo contador, por um emissor de impulsos e por um módulo de comunicação remota.

Uma outra unidade, que poderá designar-se de intermédia, é composta por um concentrador-totalizador que recebe as leituras de um conjunto de contadores, armazena-as e transmite-as para a unidade remota de processamento de dados com uma frequência pré-definida.

Uma terceira unidade poderá ser destinada à recolha e processamento de dados, à qual a EG acede diretamente. É conveniente que esteja integrada no sistema de faturação e gestão de clientes. Designa-se por unidade remota.

O sistema de comunicações, que constitui o quarto elemento constituinte do sistema, faculta a transmissão de dados em diferentes momentos. Primeiramente entre a unidade local e o concentrador, numa segunda fase faz-se do concentrador para a unidade remota de recolha e processamento de dados (Loureiro, et al., 2007).

Ainda respeitante ao modo de comunicação, o STD permite a recolha de dados de diferentes modos, não necessitando necessariamente de dispor de concentrador. Se este elemento não estiver integrado no sistema, a recolha dos dados pode ser feita através de dispositivos portáteis ou móveis *walk-by* ou *Drive-by*, respectivamente, obrigando a que um leitor se desloque às proximidades do contador (Medeiros, et al., 2007). Nos sistemas *walk-by* há necessidade de uma maior aproximação do TPL da unidade local uma vez que o alcance é inferior ao conseguido com o sistema *Drive-by*. Aqui a recepção da informação é transmitida da unidade local para um recetor de rádio, e transmitida no mesmo momento para um terminal PDA (ver imagem 2.41).

Apesar disto, a necessidade de fazer a leitura física, designadamente com a entrada em casa do consumidor, deixa de ser necessária, já que anda na ordem das centenas de metros a distância média de alcance dos Terminais Portáteis de Leitura (TPL).

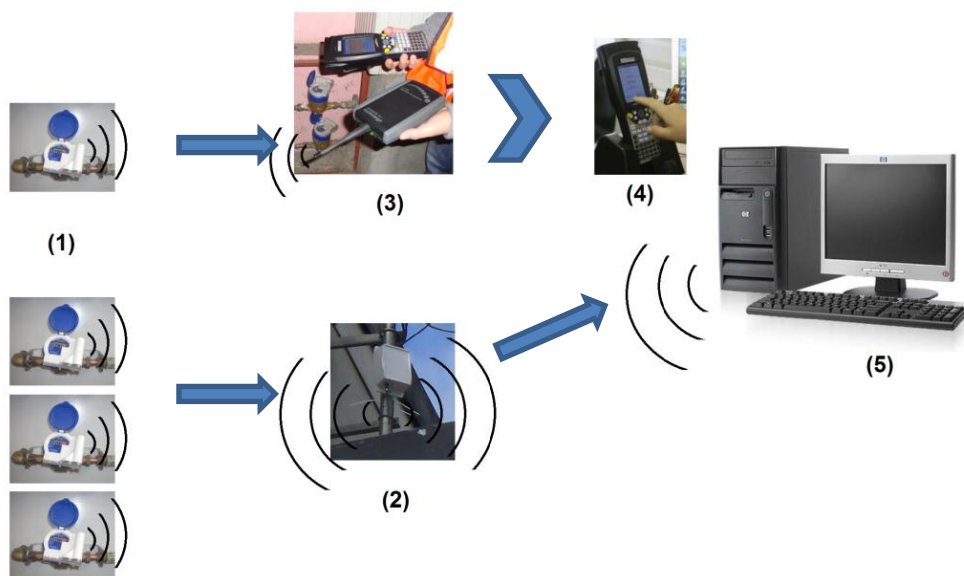


Fig. 2.37 (1) – Contador e emissor de impulsos (2) – Concentrador (3) – Sistema *Drive-by* (4) – Descarga dos dados na EG (5) – EG

Para ser excluída a necessidade de recolha local das leituras, através da integração de um elemento concentrador, é preciso contar com um maior investimento inicial e a manutenção permanente da rede de comunicações (Medeiros, et al., 2007).

Para maior rentabilidade do sistema revela-se importante o cruzamento de informação sobre caudal, ao nível de sectores da rede, com informação sobre consumos domésticos (Alegre, et al., 2005). Cruzando deste modo os dados a vários níveis de telemetria, o que possibilita um mais preciso conhecimento da situação da rede e um apoio à sectorização. Uma EG pode ter telemetria aos seguintes níveis (Medeiros, et al., 2007):

- Nível I – Na adução e transporte
- Nível II – Nas áreas de influência de reservatórios e zonas de medição e controlo (ZMC)
- Nível III – Em grandes consumidores e contadores totalizadores em edifícios
- Nível IV – Em consumidores individuais

Para melhor se entender o funcionamento do processo, apresentam-se nos itens seguintes algumas das especificidades mais básicas de cada um dos constituintes de um STD.

2.3.2.1. Unidade local

Como já se mencionou, a unidade local constituída pelo contador, o elemento totalizador, um emissor de impulsos e um elemento de comunicação remota, destina-se à leitura, registo e transmissão de dados.



Fig. 2.38 – Unidade local. 1.contador 2.totalizador 3.emissor de impulsos e módulo de comunicação

Para o dispositivo emissor de impulsos operar corretamente o contador deve ser de classe C ou D. O elemento totalizador tem como objetivo registar e expor as leituras dos volumes consumidos. Esse elemento pode ser de mais que uma tipologia. Existem assim totalizadores mecânicos e eletrônicos. Estes segundos facultam uma mais diversificada tipologia de informação, como os períodos de inatividade do contador, a sincronia de leituras, caudais mínimos e máximos, entre outros. Apesar destas mais-valias há naturalmente custos acrescidos com estes totalizadores, passando logo por maiores valores de aquisição, e necessidades de baterias cujos períodos de duração se situam por volta dos 10 anos (Loureiro, et al., 2007).

Já os contadores com totalizador mecânico pré-equipado para telemetria devem ser apetrechados com um emissor de impulsos. Este elemento converte as leituras do totalizador mecânico num sinal elétrico de modo a ser de seguida processado pelo módulo de comunicação. Com totalizadores elétricos não há necessidade deste elemento porque fazem o envio direto do sinal para o módulo de comunicação (Medeiros, et al., 2007).

2.3.2.2. Concentrador

O concentrador é o elemento que viabiliza a comunicação entre a unidade local e a unidade remota de recolha e processamento. Este componente localiza-se a uma distância pouco significativa dos contadores, na ordem das centenas de metros, onde faz a recolha das leituras e de outros dados que possam ser emitidos pela unidade local, como eventos ocorridos. A informação recolhida pelo concentrador é armazenada no mesmo e, com uma certa frequência de tempo pré-definida, enviada à unidade remota. Os concentradores permitem ainda uma reprogramação através da unidade remota, alterando configurações como a frequência de envio de dados ou o período de recolha de leituras.



Fig. 2.39 Exemplo de concentrador

Estes elementos são instalados em locais que potenciem uma maior rentabilidade em termos de recolha de dados. Dá-se então preferência a locais altos e com um menor número de barreiras físicas, de modo a receber o maior número possível de sinais de leituras.



Fig. 2.40 Instalação de um concentrador no topo de um edifício

O concentrador pode comunicar através de diversas formas possíveis. Entre este elemento e a unidade local pode fazer-se por cabo ou por rádio. Para a unidade remota poderá comunicar por rádio, PSTN, GSM, GPRS ou por TPL (Loureiro, et al., 2007).

Como foi referido anteriormente, o TPL é uma alternativa à utilização de concentradores fixos. Com esta tecnologia a leitura pode efetuar-se sem a necessidade de entrar em casa do cliente, simplesmente passando num local próximo da unidade local, ou pode ainda haver necessidade de uma conexão por cabo à rede de comunicação do contador, dependendo do sistema de comunicação utilizado (Loureiro, et al., 2007).



Fig. 2.41 Exemplo de sistema *Drive-by*, TPL composto por um receptor de rádio e um PDA (Águas do Porto, 2011)

Depois de recolhida a informação, num segundo momento, os terminais são conectados à base de dados da EG onde a informação é descarregada. É conveniente que aí seja feita uma análise aos dados recolhidos no sentido de detetar situações anómalas e não usar estes dados apenas para faturação.

Apesar da necessidade da intervenção humana no acto de recolha de leituras, o que não se verifica com o uso de concentradores, esta metodologia apresenta claras vantagens relativamente ao método de recolha de leituras tradicional.

Deslocando-se o leitor a pé ou de carro, finda uma rota com número de contadores lido muito superior àquele que teria se usasse o método de leitura convencional. Verifica-se também que num só lugar é possível receber os dados de todos os contadores que se encontram numa zona, praticamente ao mesmo tempo e sem qualquer intervenção humana, o que exclui desde logo os erros que estão associados a essa tarefa.

Os TPL apresentam-se como um STD rudimentar que no entanto facultaram a recuperação de importantes quantidades de água, reduziram o número de reclamações e apresentaram elevadas taxas de sucesso nos EUA (Loureiro, et al., 2007).

2.3.2.3. Sistemas de comunicação

- **Entre a unidade local e o concentrador**

Existem dois sistemas de comunicação que são usados com maior frequência; por cabo e via rádio. O primeiro, sistema *bus* – normalmente é usado para estabelecer comunicação entre a unidade local e o concentrador, principalmente quando as unidades locais são dispostas em bateria (Loureiro, et al., 2007), como ilustra a figura 2.42.



Fig. 2.42 Contadores dispostos em bateria (Medeiros, et al., 2007)

Alternativamente às comunicações por cabo tem-se as redes sem fios, em que um dos tipos de comunicação mais usados é via rádio (Mak, et al., 1995). Com este modo apenas é necessário que a unidade local esteja próxima do concentrador para que seja feita a transmissão de dados. Também a manutenção requerida é menor comparativamente àquela que se tem que dispor no caso do uso de cabo. Apesar disto, existem situações de interferências causadas por elementos metálicos, obstáculos físicos, aparelhos eletrónicos ou condições climáticas que exigem a diminuição da distância entre o contador e o concentrador em troca de uma boa fiabilidade (Medeiros, et al., 2007). Para obtenção de maiores áreas de leituras por concentrador pode optar-se pela instalação de repetidores. Estes elementos têm como objetivo a simples repetição dos dados recebidos, com uma maior intensidade de sinal e sem qualquer intervenção na informação.



Fig. 2.43 Exemplo de repetidor de dados (janz.pt, 2011)

Um outro aspecto que importa abordar é o sentido das comunicações entre a unidade local e o concentrador. Pode ter-se uma transmissão de dados apenas num sentido, unidirecional “*one-way*” ou em ambos, bidirecional “*two-way*” (Loureiro, et al., 2007).

Através de um sistema de comunicação unidirecional não existe transmissão de dados no sentido do concentrador para a unidade local. Nestes casos, a unidade local emite a comunicação com os dados com uma certa frequência de tempo, quer o concentrador esteja a receber essa informação, quer esteja desligado. Neste tipo de comunicação ocorre assim um dispêndio de energia desnecessário, conduzindo a eficiências das baterias menos eficazes (Loureiro, et al., 2007).

Já nos sistemas de comunicação bidirecionais a troca de informação pode fazer-se em ambos os sentidos entre o concentrador e a unidade local. Nestas condições a unidade local envia os dados apenas quando recebe sinal do concentrador. Nesse instante, a unidade sai do modo “*stand-by*” em que se encontrava e envia a informação, voltando depois disto ao regime de poupança de bateria (Loureiro, et al., 2007).

Constatada a hipótese de programação de recolha de dados do modo que mais se adequa às necessidades da EG, esse aspeto revela-se importante e merecedor de discussão. Uma recolha de dados com o único objetivo de faturação poderá ser feita apenas mensalmente, no entanto, consideradas as potencialidades desta tecnologia, uma programação deste tipo seria desperdiçar informação relevante para a entidade gestora. Quanto mais frequentes forem as recolhas de dados, mais fiável é o conhecimento do estado de consumos e da rede de distribuição por parte da EG. Deste modo consegue-se obter balanços hídricos mais eficientes e um balanço de perdas que mais reflete o estado da rede. É ainda possível adotar medidas mais rápidas no controle e combate de perdas. Por exemplo, no combate às perdas aparentes é possível atuar sobre uma fraude num contador, ou sobre uma fuga domiciliária num período de tempo significativamente diminuto

- **Entre o concentrador e a unidade de remota de recolha de dados**

Neste tipo de sistemas de comunicação a transmissão de dados faz-se naturalmente em maiores quantidades do que no sistema anterior. Depois de armazenados no concentrador por um determinado período de tempo os dados são enviados para a unidade de recolha em grande número, por isso exige-se um modo de comunicação com maiores capacidades. Também as distâncias de comunicação são superiores comparativamente àquelas que se verificam no caso da comunicação entre o concentrador e as unidades locais (Loureiro, et al., 2007). Para satisfazer estas necessidades adota-se normalmente pela transmissão de dados são por linha telefónica, cabo ou redes sem fios (GSM, GPRS) (Mak, et al., 1995)

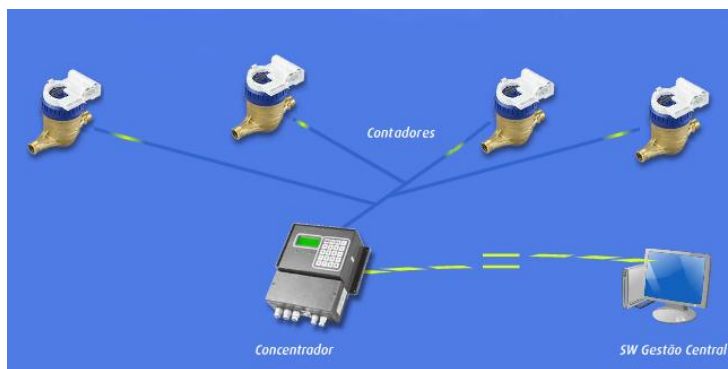


Fig. 2.44 Representação de estrutura de comunicações, adaptado (EnerMeter, 2011))

No caso da utilização de linha telefónica o sistema deve dispor de um modem ligado ao concentrador, assim como fornecimento de energia elétrica para alimentação destes elementos. De modo semelhante funciona o sistema por cabo, em que a diferença está na forma de transmissão dos dados; aqui tira partido de cabos já existentes (TV, Internet, etc.). Já o sistema de comunicação via rádio não é tão utilizado nesta fase de transmissão de dados, mas mais a rede GSM e GPRS. O envio de informação por GSM pode ser feito através de chamadas telefónicas codificadas ou por SMS. A rede GPRS disponibiliza velocidades mais altas resultando mesmo em custos mais baixos (Loureiro, et al., 2007).

2.3.2.4. Unidade de recolha e processamento de dados

A unidade remota destina-se a fazer a recolha, armazenamento e tratamento de dados. Esta unidade situa-se normalmente nas instalações da EG, podendo o armazenamento de dados localizar-se nesta entidade ou mesmo nas instalações do fabricante do sistema de comunicação. Neste caso é disponibilizado o livre acesso aos dados à EG via *web*, facilitando a sua análise e manuseamento. Uma outra funcionalidade que se revela interessante é a facilitação do acesso aos dados aos próprios clientes. Deste modo cada consumidor pode tomar conhecimento do próprio consumo em tempo real e de elementos estatísticos que lhes permitam entender o seu estado de consumo (Loureiro, et al., 2007).

2.3.3. POTENCIALIDADES DOS SISTEMAS DE TELEMETRIA DOMICILIÁRIA

2.3.3.1. Principais motivações para a utilização da telecontagem

Os STD apresentam uma ampla gama de mais-valias que podem justificar a sua instalação. Os dados recolhidos com esta tecnologia podem ser usados numa grande diversidade de serviços, o que poderá tornar bastante viável a compra do equipamento.

Na leitura dos contadores os STD podem potenciar o decréscimo dos custos gerais associados à recolha das leituras, principalmente pela falta de necessidade de entrar em casa do cliente, pelo maior número de leituras recolhido numa só rota, e a facilidade de fazer a leitura mesmo em local de difícil acesso. No caso do sistema ser incorporado com concentradores, os custos de fazer as leituras deixam mesmo de existir, apesar de se ter outro tipo de custos, como se referirá mais adiante. É possível ainda obter-se leituras de consumo com maior frequência, o que se revela importante principalmente no caso de clientes com consumo mais irregular. A obtenção de leituras de consumo com maior credibilidade e a eliminação da necessidade de leituras estimadas (Medeiros, et al., 2007) (Júnior, 2009).

Também no sistema de faturação e gestão de clientes a telemetria apresenta possibilidades de melhores resultados, como a minimização das leituras por estimativa, o consequente decréscimo de volume não faturado, diminuição do número de reclamações pelos consumidores inculcando uma melhoria dos serviços prestados (Pinheiro, 2008). Uma das mais interessantes possibilidades que um STD apresenta está relacionado com a hipótese de implementação de políticas tarifárias segmentadas por períodos noturnos ou de menor consumo, tal como já é praticado no consumo de energia eléctrica (Medeiros, et al., 2007).

Até na gestão do parque de contadores a telemetria apresenta significantes mais-valias. O conhecimento da EG sobre o estado do contador através da emissão de alertas é um dos mais relevantes aspetos associados a esta tecnologia. Os alertas emitidos pelo sistema podem ser das mais diversificadas situações; o estado das baterias, a desmontagem, alteração ou remoção do contador e informação de roturas no interior da habitação. Também deste modo a concessionária vai adquirindo uma melhor informação à medida que vai substituindo os contadores antigos, vindo a adquirir contadores mais fiáveis no decorrer do processo (Medeiros, et al., 2007).

A informação disponibilizada através da telemetria pode ser ainda ser útil no conhecimento dos perfis de consumo dos clientes e na deteção de roturas nas redes prediais. O conhecimento dos consumos diários noturnos é outra das importantes informações que pode ser obtida através da telecontagem (ORACLE, 2009).

A instalação destes sistemas tem capacidade até de fomentar o desenvolvimento de novas áreas de negócio, com a criação de serviços adicionais para os clientes, como a possibilidade de conhecimento atualizado do estado de consumo. Num estudo realizado pela Universidade de Oxford refere-se que a eletricidade de consumidores que tomavam conhecimento direto do sistema de telemetria reduziu o consumo de 5 a 15% (ORACLE, 2009), ora uma situação semelhante a esta pode também suceder no consumo de água.

Relativamente aos recursos humanos que anteriormente seriam necessários na recolha das leituras, podem depois da implementação desta tecnologia ser valorizados, através da atribuição de novas atividades, como na manutenção dos STD ou o controlo ativo dos locais de abastecimento (Loureiro, et al., 2007).

2.3.3.2. Desafios na instalação da telecontagem

Além das vantagens descritas no item anterior, como nos mais diversificados sistemas, a telemetria apresenta alguns aspectos que uma EG deve colocar na balança da ponderação no momento de decidir a instalação de um STD. Apesar dos recentes desenvolvimentos tecnológicos que vieram em muito reduzir os seus custos de implementação, a relação custo-benefício não é ainda fácil de quantificar, apresentando alguns desafios à EG (Loureiro, et al., 2007).

Parece claro que depois da instalação destes sistemas um dos problemas com que a EG se vai deparar será a capacidade para tratar da grande quantidade de dados. Por isso há necessidade de dispor de um sistema de faturação e gestão de cliente mais eficiente do que aquele que eventualmente seria suficiente no sistema de faturação tradicional. É ainda compreensível a necessidade de contar com um melhor sistema de armazenamento de dados, com novo *software* e equipamentos de comunicação para fazer face às novas situações, como uma comunicação de alerta a um consumidor (ORACLE, 2009)

A reestruturação de roteiros de recolha de leituras, caso estas sejam recolhidas através de sistemas portáteis, será outra das adaptações pela qual a EG terá que passar.

A necessidade de formação de pessoal no STD, designadamente os anteriores leitores e pessoal da manutenção, no sentido de alteração de atividades destes contribuidores a novas tarefas com diferentes níveis de conhecimento.

Um significativo investimento inicial, que muitas vezes não se limita aos equipamentos necessários à telemetria, mas também a novos contadores que sejam compatíveis com o processo. Também na permanente manutenção do sistema é preciso contar com a disponibilidade de verbas e recursos humanos.

Alguns dos STD necessitam de alimentação externa, designadamente eletricidade. Este deverá ser um outro aspecto que a EG não deve deixar de analisar (Júnior, 2009).

Certos sistemas de telemetria fornecem dados de forma simplória, que necessitam de tratamento prévio para terem condições de avaliação e gestão da informação.

Pode ser ainda conveniente a reestruturação do sistema tarifário, carecendo este assunto de investigação, até para um eventual estabelecimento de diferentes políticas tarifárias, como a segmentação de tarifas por períodos noturnos (ORACLE, 2009).

A criação de novas plataformas de informação, caso a EG pretenda explorar as potencialidades da facultação de acesso de cada cliente aos próprios consumos.

Assim uma análise custo-benefício da aplicação de STD requiere a consideração do histórico de todos os custos associados ao sistema de leituras anterior e a sua comparação com a totalidade dos benefícios materializáveis que poderão vir a ser explorados.

2.3.3.3. Telecontagem no combate às perdas aparentes

Por diversas vezes na presente dissertação foi mencionada a telemetria como uma importante forma de combate às perdas aparentes num sistema de abastecimento de água. Apesar disso, não parece difícil entender alguns dos benefícios que um STD pode trazer na minimização deste tipo de água não faturada.

Como também foi antes expresso, as perdas de água quantificam-se como a diferença entre a água entrada no sistema e o consumo autorizado. Sabe-se também que as perdas de água subdividem-se em perdas reais e aparentes. A questão que surge é de saber qual a percentagem de água perdida que corresponde a cada um dos tipos de perdas. É importante saber estes valores porque perdas reais e aparentes não se combatem da mesma forma. Uma EG precisa conhecer o estado da sua rede, precisa conhecer os seus perfis de consumo, assim como o lugar onde a água que entra no sistema é consumida. Assim a telemetria surge como uma ferramenta que fornece a informação necessária e num instante em que a empresa mais precisa, faculta a informação do consumo de cada cliente. Além disto, e mais diretamente no combate às perdas aparentes, a telemetria alerta a entidade no caso de uma diversidade de irregularidades. Por estes e outros motivos que se refere adiante, a telecontagem apresenta-se como uma mais-valia no controlo de perdas aparentes.

Sem querer descrever de novo todos os componentes que mais vulgarmente traduzem as perdas aparentes, tomem-se os elementos principais que constituem este tipo de perdas, os quatro componentes principais das perdas aparentes. Erros de medição, erros humanos, erros informáticos e o consumo não autorizado.

No combate aos erros de medição a telecontagem assume um papel importante. Ao ser necessário integrar um contador com características de compatibilidade com os módulos de comunicação, há uma

substituição dos contadores antigos, logo uma menor probabilidade de existência de subcontagem por fadiga do contador. Também o STD emite um alerta no caso de o contador permanecer parado ou bloqueado, este que também era um forte elemento contribuidor das perdas aparentes.

Já nos erros humanos, a principal causa deste tipo de incorreções, que se verifica no processo de leitura, é eliminada com o processamento automático da informação.

Outro dos elementos que constituem as perdas aparentes e que é mais fortemente combatido é o consumo não autorizado. Aqui, grande parte das alternativas que o consumidor fraudulento tinha para praticar um consumo irregular é eliminada. Um alerta é emitido caso o contador sofra alguma intervenção, como o desmonte, inversão do sentido do escoamento, retirada do módulo de transmissão de impulsos. Caso o contador permaneça parado por tempo significativo, também é uma situação de alerta, ora aqui enquadram-se irregularidades como as ligações diretas ou *bypass*.

Já para os erros informáticos o contributo da telecontagem não é tão significativo quanto para os restantes componentes, embora a necessidade de uma reestruturação nos sistemas informáticos para a implementação de STD possa apresentar-se como uma mais-valia no combate a este tipo de erros.

Além das vantagens apresentadas nos parágrafos anteriores apresentarem a telecontagem como um processo claro de combate às perdas aparentes, também num outro campo esta tecnologia contribui para a minimização das perdas de água. Ao dispor de elementos com maior fiabilidade, sem necessidade de estimativas sobre o estado do consumo da rede, a EG pode mais facilmente pôr em prática políticas no controlo ativo de perdas. Pode obter um balanço hídrico atualizado e tomar conhecimento de possíveis situações de rotura, que anteriormente só seriam notadas depois do aparecimento de água na via pública.

2.3.4. ENQUADRAMENTO TÉCNICO E NORMATIVO

Atualmente ainda não se dispõe de uma directiva que se refira expressamente aos sistemas de telemetria. Como foi já mencionado no presente trabalho entrou em vigor em Outubro de 2006 uma nova directiva comunitária – Directiva 2004/22/CE do Parlamento Europeu e do Conselho que veio originar a transposição dessa mesma directiva em Portugal, através do Decreto-Lei nº192/2006, de 26 de Setembro de 2006. Este mesmo decreto apresenta a regulamentação dos aparelhos de medição, mas não necessariamente dos STD.

Apesar disto a *American Water Works Association* (AWWA) apresenta uma norma onde se encontram estabelecidos alguns dos conceitos básicos mais importantes. Essa norma é registada através de *American National Standards Institute* (ANSI) e é designada *Direct-Reading, Remote-Registration Systems for Cold-Water Meters* (Pacheco, 2010). Segundo a referida norma, um sistema de telemetria deve ser composto por uma unidade local, uma unidade intermédia, uma unidade remota e um sistema de comunicação. São ainda apresentadas as principais funcionalidades de cada um destes elementos, assim como a sua constituição; não se considerou relevante apresentar essas descrições já que nada acrescentam à abordagem já feita ao assunto num dos itens anteriores.

Já a nível europeu, enquadrado na norma EN 13757 para a leitura remota de contadores, elaborou-se o sistema de comunicação *M-Bus*, onde é feita uma descrição da troca de dados e da forma de comunicação entre contadores e unidades remotas.

Na base do conceito *M-Bus* esteve o modelo de referência *Open Systems Interconnection da International Standards Organization* (ISSO/OSI), sendo desse modo um portal sobre o qual é possível usar qualquer protocolo (Pacheco, 2010).

Apesar de ter sido elaborado para funcionar através de sistema com fios, a norma EN 13757-4 define ainda um protocolo para o sistema sem fios, o *Wireless M-Bus*. Neste formato é usada uma frequência de rádio de baixo alcance de 856 MHz. Vários autores consideram que esta norma será a base possível para as infra-estruturas avançadas de Medição, pela sua forte aceitação na Europa (Pacheco, 2010).

A referida norma apresenta um funcionamento unidirecional ou bidirecional, sendo previstos 3 modos de funcionamento: T, S e R.

O modo T prevê-se que opere a 868.95 MHz, podendo ser constituído pelos modos T1 e T2. O primeiro, constituído para sistemas de alta frequência de transmissão, funciona com alta velocidade de transmissão (100 Kb/s) permitindo um baixo consumo na emissão das ondas de rádio. Já o segundo, que se destina a transmissão e receção, apresenta também um consumo reduzido de energia, porque entra em modo desativo logo após a transmissão de dados (Pacheco, 2010).

Já o modo S, estacionário, opera em 868.6 MHz e destina-se apenas à transmissão unidirecional ou bidirecional, S1 ou S2 respectivamente. Este modo permite ainda maiores velocidades de transmissão, 32768 Kb/s.

Por fim, o modo R, um receptor, permite transmitir sob 10 canais a 4.8 Kb/s e uma frequência de 868.03 MHz + n (n-numero do canal) (Pacheco, 2010).

Apesar da referida normalização Europeia, existem alguns outros protocolos que podem igualmente ser aplicáveis nos STD, como o caso do ZigBee que é usado bastante nos Estados Unidos da América, o *Konnex Radio Frequency* (KNX-RF) ou mesmo o Prios.

Relativamente às autonomias das baterias, constata-se que ainda não existem normas europeias que se refiram ao assunto. Apesar disto, a norma holandesa NTA 8130 permite estimar o tempo de bateria alcançável pelos dispositivos.

2.3.5. EXEMPLOS DA APLICAÇÃO DE SISTEMAS DE TELEMETRIA DOMICILIÁRIA EM PORTUGAL

A telecontagem começou por ser implementada a nível nacional na rede de distribuição elétrica. Na Média Tensão (MT) se encontra instalada em todas as instalações. Na Alta Tensão (AT) e Muita Alta Tensão (MAT) os sistemas estão já equipados com sistemas de telecontagem, depois de inseridos num programa de substituição de equipamentos de medição entre 2002 e 2005 (Dias, 2008). Ao nível da Baixa Tensão (BT) a situação ainda está numa fase inicial, existindo apenas em poucos casos. Ainda há necessidade de deslocação de técnicos aos locais de consumo. Esta situação deve-se principalmente ao grande número de clientes de BT (Pimenta, 2007). Situação idêntica a esta verifica-se na telecontagem ao nível do abastecimento de água, em que se verifica ainda uma distância significativa para atingir a totalidade dos clientes com STD.

Apesar do referido, tem-se verificado um aumento progressivo do uso de sistemas de telecontagem em Portugal. Nos itens que se segue apresentam-se exemplos da aplicação destes sistemas em EG de distribuição de água em Portugal.

2.3.5.1. Braga

A Empresa Pública Municipal AGERE – Empresa de Águas, Efluentes e Resíduos de Braga, empresa municipal (EM) iniciou o seu projeto de telemetria domiciliária em 2006 no âmbito do projeto e regiões digitais (Braga Digital), e amparou significativa parte do investimento do projeto (Resende, 2008).

A meta da AGERE EM é fazer a substituição dos contadores de todos os clientes, num total de 90 mil até ao final de 2011 (Oliveira, 2008). O sistema de telemetria começou por ser implementado em zonas rurais já que estas zonas requeriam significativas deslocações pela grande dispersão habitacional.

Na AGERE EM foi adotada uma telecontagem via radiofrequência. Este sistema emite a leitura do contador de 8 em 8 segundos e tem uma capacidade de alcance de aproximadamente 300 metros. A recolha de leituras nesta EG é feita por TPL através do percurso de um carro por rotas definidas. Esta EG está ainda a considerar a hipótese de instalação dos TPL nos veículos de recolha de resíduos urbanos, já que estes têm obrigatoriamente de percorrer as ruas do município (Resende, 2008).

2.3.5.2. Matosinhos

Nos serviços Municipalizados de Água e Saneamento (SMAS) de Matosinhos a implementação do sistema de telecontagem deu-se no ano de 1998/99, tornando-se desse modo pioneiro no assunto. O sistema começou por ser implementado em edifícios com mais de 18 frações, vulgarizando-se com o decorrer do tempo, sendo agora implementado em todas as construções, com a exceção das moradias unifamiliares.

Um dos mais interessantes aspectos associados a esta EG está no modo como a implementação do sistema de telecontagem é concretizado. A entidade fornece os contadores a todas as obras e deixa os encargos de montagem do sistema de telemetria à responsabilidade do construtor. Depois da EG cobrar o custo do contador ao construtor, este deve adjudicar a montagem de todo o sistema a uma das 3 empresas aprovadas pelo SMAS de Matosinhos (*Actaris*, *EnerMeter* e *Resopre*). Procedendo deste modo a EG fica sem qualquer custo no processo de implementação do sistema de telemetria (Resende, 2008).

Nesta EG a recolha das leituras é feita bimensalmente com todo o sistema assente no protocolo *MBus* (Resende, 2008).

2.3.5.3. Aveiro

Nos SMAS de Aveiro encontram-se instalados dois sistemas de telemetria diferentes: o sistema *MBus* e o sistema *SMS*. O primeiro é usado em pequenos clientes (domésticos), já os grandes clientes (industriais) têm instalado um sistema *SMS*.

No caso dos consumidores domésticos são utilizados concentradores que fazem a leitura mensal dos contadores com telecontagem instalada, ou eventualmente fora desse período no caso de necessidade excepcionais.

Já os grandes clientes, onde é usado o sistema *SMS*, incorporam um sistema de comunicação fechado, não existindo assim informação acerca do protocolo de comunicações. Este sistema funciona com base na troca de mensagem de texto (Resende, 2008).

2.3.5.4. Oeiras e Amadora

Os SMAS de Oeiras e Amadora iniciaram o seu processo de instalação de telecontagem já no início dos anos 90. Nessa época os sistemas de telecontagem foram apenas aplicados a clientes com grandes consumos, clientes não-domésticos.

Nesta EG os equipamentos implementados são *dataloggers* que enviam a informação das leituras para a SDC – Sistemas de Contagem Lda, de 15 em 15 minutos via GSM. Esses dados são depois enviados para os SMAS para serem tratados. Nos pequenos clientes, esta EG ainda não dispõe de sistema de telemetria (Resende, 2008).

2.3.5.5. Lisboa

A EPAL – Empresa Portuguesa das Águas Livres, responsável pelo sistema de abastecimento desde a albufeira de Castelo de Bode até à cidade de Lisboa, incorpora um sistema de telegestão com elevado grau de automatização. O sistema de telecontagem domiciliária começou por ser implementado na década de 90 com a instalação de unidades utilizando tecnologia RF (rádio frequência), não se verificando grande sucesso dos sistemas, principalmente pela dificuldade de instalação. Em 2001, a EPAL decidiu implementar dois STD, englobando 412 instalações locais (Medeiros, et al., 2007).

Essas instalações locais foram compostas por dois sistemas distintos, uma parte recorrendo ao sistema Protocolo *M-Bus*, as restantes recorrendo à tecnologia RF. Em ambos os sistemas é efectuado um registo e memorização de leituras com uma frequência de 1 minuto, sendo de seguida os dados enviados para um concentrador e posteriormente transmitidos para um servidor via GSM e SMS (Medeiros, et al., 2007).

A EPAL desenvolveu ferramentas de tratamento de dados que permite não apenas usar a informação para faturação como ainda fazer uma análise aos perfis de consumo dos clientes.

Em 2006, no âmbito de um projeto de investigação foram instalados sistemas de telecontagem em 343 consumidores domésticos, num conjunto de 6 edifícios (Pinheiro, 2008).

2.3.5.6. Porto

A Águas do Porto, EEM dispõe de um sistema de telemetria do tipo *Drive-by*. A aplicação da telemetria nesta EG será ainda tema de estudo mais aprofundado no presente trabalho. O sistema de informação unidirecional encontra-se aplicado nesta empresa a cerca de 12000 contadores. Começando por ser implementado no Bairro de Aldoar da cidade, em Junho de 2009, está ainda em processo de expansão a outros locais da cidade.

Existem diferentes processos de recolha de dados implementados. Numa parte dos contadores com telemetria a recolha das leituras é feita através de TPL. Nestes casos, um técnico da EG percorre uma rota previamente definida de modo a receber as informações disponibilizadas pelos contadores envolventes. À medida que percorre a rota o técnico vai recebendo a informação e conferindo o processamento de dados. Se não for recebida a informação de algum dos contadores da zona o TPL emite uma informação nesse sentido para que seja aproximado do local do contador. Acontece que algumas vezes, pela distância ou pela velocidade de passagem, algumas unidades locais não são lidas, precisando-se nestes casos de fazer uma maior aproximação. O técnico que faz a recolha dos dados desloca-se de automóvel, necessitando apenas de parar para processar informação em casos de ter maior densidade habitacional.

Numa outra parte dos contadores da cidade a recolha dos dados é feita através de concentradores. Trata-se de zonas piloto que a implementação deste sistema foi feita essencialmente com o intuito da empresa entender o potencial da tecnologia e explorar as suas principais funcionalidades.

Em todos os casos dispõe-se de uma comunicação unidirecional, em que a unidade local emite informação do respectivo contador através de ondas de rádio de 8 em 8 segundos.

2.4. CONCLUSÃO DA PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

Depois de uma análise a fontes de referência na área das perdas aparentes e da telemetria, feita no presente capítulo, algumas das mais importantes conclusões devem ser destacadas. Notou-se que certo número dos mais relevantes assuntos no âmbito do combate às perdas aparentes ainda não mereceu a devida atenção por parte dos autores bibliográficos.

Para uma EG fazer um investimento alargado no sentido de reestruturação do seu procedimento ou adquirir novos produtos de contagem de água, precisa estar em pleno conhecimento de todas as vantagens que podem advir do processo de mudança. Ao consultar a bibliografia verifica-se que alguns aspectos ainda não estão devidamente esclarecidos ou englobam especificidades que exigem análises individualizadas em cada entidade.

As perdas aparentes revelam-se um tema que merece cuidado por parte de cada EG. Neste sentido, a instituição deve procurar minimizá-lo da forma mais eficaz que dispõe. Como se viu antes, as causas mais preocupantes das perdas aparentes podem resumir-se em consumos não autorizados, erros de medição, erros humanos e erros informáticos.

A pesquisa efetuada permite-nos reparar que os erros informáticos não mereceram ainda a devida atenção por parte dos investigadores. Existe pouca informação para um tipo de erros que surge com frequência numa EG e que, com a constante informatização dos sistemas de contagem de água, poderá vir a revelar-se ainda mais preocupante.

Outro dos assuntos que precisa ser mais aprofundado está relacionado com os erros de medição. Constata-se a necessidade de fazer a substituição atempada dos contadores. No entanto há uma carência de estudos no assunto. É necessário conhecer os factores determinantes que sejam úteis numa análise da idade ideal de substituição. Verifica-se, apesar de tudo, que cada situação é um caso único e que merece fazer parte de um estudo individual.

Ainda respeitante aos erros de medição, note-se o uso de válvulas UFR revela-se bastante promissor, apesar disso; os estudos existentes podem não ser suficientes para que as entidades gestoras adotem este sistema como medida de minimização de perdas aparentes.

Outra das necessidades que merece referência está relacionada com a telemetria. Na análise bibliográfica efetuada pode verificar-se que, apesar de já se encontrar implementada há alguns anos no abastecimento de água, alguns aspectos ainda precisam ser estudados mais pormenorizadamente. Verifica-se que parte significativa das entidades que usam a telemetria não explora verdadeiramente as suas potencialidades. Algumas vezes esta tecnologia acaba mesmo por ser vista como simples sistema de leitura de contadores, só para facilitar a faturação. Como se sabe, as potencialidades da telecontagem vão muito para além disto. Mas o problema não é apenas esse, apura-se ainda a carência de elementos de armazenamento e análise de dados.

Deve reconhecer-se que existe uma necessidade de exploração e divulgação das potencialidades associadas aos STD. Se assim não for uma EG terá dificuldade em fazer a correta análise dos custos e benefícios que este sistema lhe pode trazer. Há necessidade de entender a telemetria como método de combate a uma grande diversidade de erros, desde os erros humanos, passando pelo consumo não autorizado e chegando mesmo aos erros de medição.

Um outro aspecto que se atesta na análise bibliográfica está relacionado com o sistema de comunicação utilizado na telecontagem. Repare-se que a grande parte das entidades gestoras usa TPL. Este sistema pode não explorar ao máximo as potencialidades da telemetria, visto que a frequência de recolha de dados nem sempre é a mais indicada. A telecontagem tende a torna-se tanto mais rentável, quanto mais frequente for a análise dos dados. Quanto menor o período de recolha de informação, mais recursos se precisa de dispor para todo o processo. Apesar de um menor investimento inicial com o uso de TPL, seria interessante conhecer as vantagens em termos de recursos relativamente à instalação de concentradores ou outros modos de transmissão de dados.

3

ÂMBITO E OBJETIVOS

3.1. ÂMBITO

Mediante a análise da bibliografia efetuada e conhecido o nível de informação existente no âmbito do combate às perdas aparentes e telecontagem, pretende-se acima de tudo expor nesta dissertação um estudo no âmbito do controlo de perdas aparentes.

Como se concluiu, a subcontagem é uma das mais importantes causas deste tipo de perdas. É importante para uma EG perceber quais os benefícios que terá a substituição do seu parque de contadores mais antigos. Por isto, neste trabalho apresenta-se uma análise ao benefício que esteve associado à substituição de parte de um parque de contadores.

Como foi também referido anteriormente, as potencialidades dos sistemas de telemetria domiciliária nem sempre são convenientemente exploradas. Nesta dissertação expõe-se um caso que mostra como a telemetria pode ir muito além da simples eliminação das faturas por estimativa.

Esta dissertação foi concebida em ambiente empresarial, na Águas do Porto, EEM. Pretendeu-se com isso tirar partido da experiência que a entidade possui no sector do abastecimento de água e ao mesmo tempo beneficiar-se do acesso a dados reais que a mesma facultou. Esses dados viabilizaram o estudo que é apresentado nos capítulos seguintes

3.2. OBJETIVOS

Com base na informação bibliográfica anteriormente exposta, e com a colaboração da Águas do Porto, EEM, foi possível estudar três situações no âmbito das perdas aparentes. Um dos objetivos consta na análise do benefício da substituição dos contadores volumétricos, através de um estudo dos consumos nos anos anterior e posterior à substituição. Com esse estudo a empresa terá uma perceção do efeito da subcontagem na distribuição. Poderá entender ainda, de um modo geral, o benefício que a substituição dos contadores acarreta, ficando atenta à promoção de novas campanhas de substituição.

Objetiva-se ainda estudar de forma pormenorizada alguns contadores de grandes clientes, de modo a perceber se o contador que dispõem é o mais adequado a cada padrão de consumo. Pretende-se desta forma entender se este tipo de estudo pode ser vantajoso no combate à submedição, e, ao mesmo tempo, sugerir contadores mais adequados em cada caso estudado.

Outro dos objetivos deste trabalho é explorar o potencial da telecontagem no combate às perdas aparentes. Com os dados do sistema de telemetria instalado no Bairro de Aldoar da cidade do Porto, apresenta-se uma comparação do volume consumido com aquele que entra no sistema. Estuda-se o

benefício que a empresa pode ter com um monitoramento através da telecontagem nesta zona da cidade.

4 ESTUDO DE CASO

4.1. ÁGUAS DO PORTO EEM

A Entidade Empresarial Municipal Águas do Porto sucedeu aos Serviços Municipalizados de Águas e Saneamento do Porto (SMAS) em 2006. Até esse ano a gestão dos serviços de abastecimento de água e saneamento da cidade estavam sob o cargo dos SMAS. As águas do Porto EEM têm a concessão da distribuição de água, saneamento, recolha e tratamento de águas pluviais, reabilitação de ribeiras e as praias. Através destas actividades a empresa faz a gestão plena do ciclo urbano da água no município do Porto.

A organização da empresa apresenta-se no organograma seguinte.

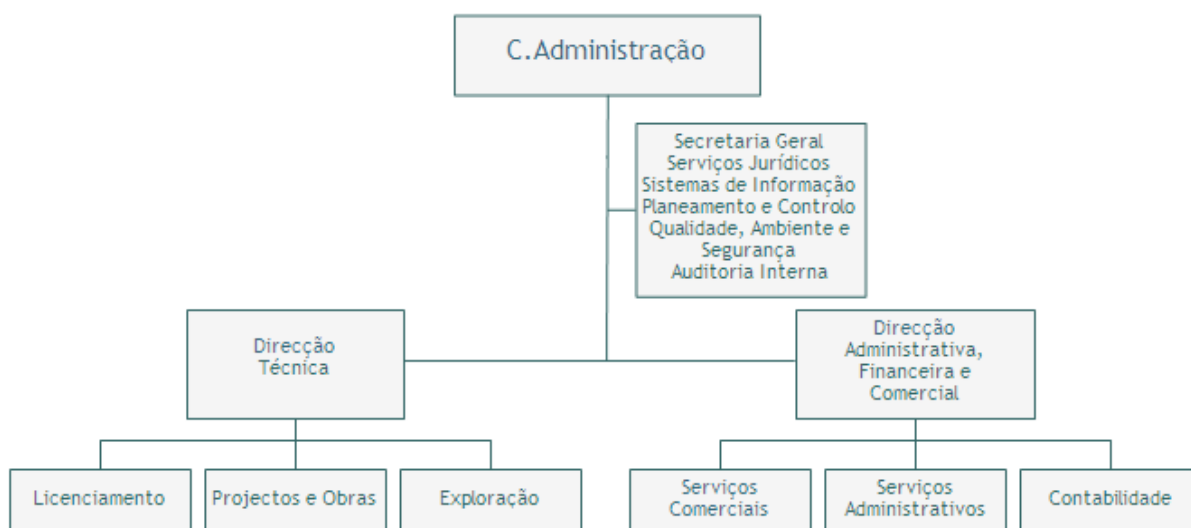


Fig. 4.1 Estrutura Organizacional da Águas do Porto EEM (Águas do Porto)

O sistema de abastecimento atual conta com uma cobertura quase total da área do município, atingindo um total de cerca de cinquenta e dois mil clientes.

Constituído por 6 reservatórios o sistema de distribuição dispõe de uma capacidade total de armazenamento de 130.800 m³. O comprimento da rede aproxima-se dos 753 Km de condutas de distribuição e 1.000 Km em ramais de ligação. As condutas adutoras totalizam uma extensão de 46 km.

A água distribuída pela empresa é fornecida pela Águas do Douro e Paiva, SA, que dispõe de captação no rio Douro, na albufeira da barragem Crestuma/Lever.

No início da sua atividade, em 2006, a empresa deparou-se com um volume médio diário de água adquirida de 103.000 m³. Deste volume apenas 49.000 se traduziam em água vendida, que indicava uma percentagem de 52.4% do volume total em água não faturada.

Graças à boa gestão da empresa, três anos depois, em 2009, o município do Porto apenas necessitou de comprar 70.393 m³/dia de água, sendo vendidos 49.039 m³ diários. Estes valores traduziram-se numa percentagem de água não facturada de 30.3%.

Com esta redução de perdas, a Águas do Porto EEM, além dos benefícios ambientais, viabilizou uma poupança de 11 000 euros por dia, o que se refletiu também nas tarifas praticadas, que nos últimos anos subiram, em média, 1%, ou seja, menos que a inflação (Águas do Porto, 2009).

O grande progresso traduzido pelos números apresentados foi conseguido com objectivos bem definidos pela empresa. Pretendeu abastecer água de qualidade, sempre e em todos os locais. Reduzir drasticamente as perdas, ligar todos os prédios à rede de saneamento e tratar todos os esgotos. Reutilizados sempre que possível. Objetivou ainda despoluir e reabilitar ribeiras e ter praias com bandeira azul (Águas do Porto).

Perante os grandes volumes de água perdidos, tornou-se necessário implementar medidas de controlo e poupança de água. Uma das mais imediatas passa por uma monitorização contínua da rede, procurando um melhor controlo e medição dos volumes entrados no sistema e efetivamente consumidos.

Neste sentido a Águas do Porto, EEM, tem realizado bastas campanhas no combate continuo ao volume de água não faturado. Entre os mais diversificados projetos está o programa de substituição do parque de contadores. São instalados novos aparelhos que permitam reduzir os custos associados à subcontagem, e que viabilizam ainda a instalação de sistemas de telemetria domiciliária.

A empresa tem como objetivo a extensão da telecontagem a toda a rede de abastecimento, no entanto, por se tratar de um projecto demasiado complexo, está a dar prioridade a determinadas zonas da cidade. A parcela do parque de contadores em que ainda não foi implementada esta tecnologia não deixa de merecer os devidos cuidados da empresa, passando por campanhas de substituição de modo a combater a subfaturação.

O parque de contadores contou já com cerca de 5000 clientes com leitura via rádio, espalhados pela cidade, no final de 2009. Depois dos locais de difícil acesso, estes sistemas foram preferencialmente instalados em subzonas de medição e controlo da rede de distribuição, para facilitar e aperfeiçoar o estudo de estratégias no controlo de perdas de água (Águas do Porto, 2009).

Devido ao amplo investimento requerido pelo projecto, a Águas do Porto, EEM, procurou, em 2008, um parceiro que garantisse o seu financiamento parcial. Assim, juntamente com a Associação Rural de Sanja-Nansa e o Governo Regional de Cantábria (Espanha) a Águas do Porto EEM apresentou uma candidatura ao Programa de Cooperação Territorial Europeia INTEREG IVB, enquadrada na prioridade 2 do Programa Operacional de SUDOE – “Utilização racional e economia de água”, com a designação de RIEGA, Rede sem Fios de Ligações para a Gestão e Poupança de Água, a qual foi aprovada em Março de 2009 (Águas do Porto, 2009).

Para além do sistema de telecontagem espalhado por diversos pontos da cidade, a empresa conta já com diversas subzonas onde estes equipamentos estão instalados em maior percentagem, como é o

caso do Bairro do Cerco, Campanhã e Bairro de Aldoar. Este último será objeto de estudo nesta dissertação.

4.2. SUBSTITUIÇÃO DE CONTADORES

4.2.1. INTRODUÇÃO

Na base do aumento do volume de água facturada, de 657 m³/dia no ano de 2009, estiveram também campanhas de recuperação de leituras e de renovação do parque de contadores. Nesse mesmo ano atingiram-se os 13.600 contadores domiciliários substituídos.

A campanha em questão envolve a substituição de 52.000 contadores, tendo sido necessário o lançamento de um concurso internacional para o fornecimento de 40.000 contadores (Águas do Porto, 2009).

Pretendeu-se em 2009 dar prioridade à substituição dos contadores que contivessem uma das duas especificidades: idade superior a 9 anos ou dificuldades de acesso para recolha de leituras.

Com base nesses propósitos procedeu-se à substituição dos contadores com a idade limite por novos elementos, instalação de contadores com sistema de telemetria domiciliária naqueles consumidores onde o acesso à leitura é mais condicionado.

Partindo dos contadores substituídos nesta campanha, desenvolve-se na presente dissertação uma análise do benefício acarretado pela troca dos contadores no ano de 2009. Pretende-se conhecer qual a dimensão da subcontagem que lhes estava associada.

O mesmo estudo objectiva detetar casos mais urgentes de substituição, e perceber o modo mais adequado de atuar sobre o parque de contadores. Assim a empresa, com base nesta experiência, tomará conhecimento das maiores necessidades de substituição de contadores com maior potencial de subcontagem.

Considerando apenas contadores do tipo doméstico, a análise aqui apresentada toma em conta os consumos de cada cliente no ano anterior à substituição, que compara com a água contada no ano pós-substituição. Este estudo pretende entender os benefícios associados aos contadores substituídos, perceber a dimensão da subcontagem nessa amostra e analisar as necessidades de determinados clientes no âmbito da substituição dos seus contadores.

4.2.2. ANÁLISE DOS DADOS

A análise que aqui se descrever partiu de uma área amostral de 10512 contadores, tendo vindo a ser restringida a 4255 elementos devido à inadequação ou insuficiência de dados para os restantes contadores.

Este estudo contou com parte da informação disponível na base de dados da empresa sobre os contadores que foram substituídos e as leituras dos respetivos clientes. Assim, a análise toma em conta a data de substituição de cada contador, as leituras registadas no ano anterior à substituição e do ano seguinte. Foi ainda importante para o estudo a informação do tipo de leitura apresentada, isto é, qual a entidade que forneceu aquela leitura à empresa (por exemplo: o canalizador, o cliente, o leitor, um fiscal, etc.). Além dessa informação facultaram-se ainda dados sobre o contador que foi substituído, como a marca, o modelo e o calibre.

Para dar uma maior percepção do estado da informação fornecida apresenta-se no quadro 4.1 o exemplar dos dados de um cliente cujo contador foi trocado em 2009.

Quadro 4.1. Exemplificação do registo de leituras de um contador

Código CIL	Data de Leitura	Tipo de Leitura	Valor
82102	21-05-2008	FT	402
82102	21-07-2008	FT	423
82102	21-01-2009	FT	485
82102	21-05-2009	FT	529
82102	21-07-2009	FT	549
82102	18-09-2009	FT	565
82102	03-11-2009	OS	582
82102	03-11-2009	OS	0
82102	29-11-2009	FT	10
82102	27-12-2009	FT	21
82102	31-01-2010	FT	34
82102	15-02-2010	FT	39
82102	15-03-2010	FT	48
82102	12-07-2010	FT	95
82102	10-09-2010	FT	117
82102	13-10-2010	FT	131
82102	12-11-2010	FT	142

O quadro apresenta para um código CIL que indica o ponto de consumo. As datas de leitura antes da substituição, efetuadas através de ciclos de leitura pela empresa, designação FT, e o respectivo valor em m³. No momento da substituição foi efectuada uma ordem de serviço pela empresa, OS, que recolheu a ultima leitura e instalou o novo contador, com consumo nulo. A partir desse ponto os consumos passam a ser registados pelo novo contador.

Quadro 4.2 Caracterização do contador antigo

Número	Marca	Modelo	Calibre
47452	ACT	ACT/15/15	15,5

Perante os dados fornecidos pela empresa, revelou-se necessário proceder à eliminação daqueles contadores cujas leituras não se mostraram indicadas para análise, assim foram retirados da amostra elementos que:

- Não apresentavam informações sobre a caracterização
- Não disponham de leituras antes da substituição
- Não disponham de leituras depois da substituição
- Disponham de dados claramente incorrectos (exemplo: diminuição do volume lido, várias leituras no mesmo dia com valores diferentes)
- Indiquem mais do que uma substituição num só ano
- Apresentem várias vezes a mesma leitura num só dia

Para além dos referidos foram ainda retirados da amostragem os contadores que apresentavam significativas variações de consumo, ou seja, aqueles em que a média dos consumos depois da substituição diferia da anterior de mais de 1.5 m³/dia. Nestes casos considerou-se que essas variações de consumo não poderiam refletir situações de subcontagem, mas estariam associadas a outros motivos.

Importa dizer ainda que os dados retirados da análise foram considerados prejudiciais ao estudo a efetuar e que refletem, de um modo geral, alguns dos erros humanos ou informáticos abordados num dos capítulos anteriores desta dissertação.

Depois de efectuados os procedimentos de selecção de dados descritos, foi feita uma análise geral das leituras. Para isso calculou-se os consumos médios diários dos clientes antes e depois da substituição do contador. Os resultados dessa pré-análise foram os apresentados no quadro que se segue.

Quadro 4.3 Resultados (1)

Síntese dos resultados obtidos numa primeira análise	
Total de contadores	7180
Contadores que aumentaram o consumo	64.57 %
Contadores que diminuíram o consumo	35.14 %
Contadores que mantiveram o consumo	0.29 %
Volume médio diário consumido antes	1768 m ³
Volume médio diário consumido depois	2303 m ³
Variação do consumo	30.37 %

A análise apresentada revela elevadas variações de consumo após a substituição dos contadores. Sendo assim, procurou-se entender um pouco melhor a razão do significativo aumento do volume totalizado.

Uma apreciação mais atenta dos contadores que aumentaram o consumo, fez entender que significativo número de elementos da amostra apresentava consumos nulos antes da substituição, o que indica um provável bloqueio. Uma parte menos importante, cujos consumos permaneceram

nulos, não mostra qualquer variação com a nova instalação, pertencendo os clientes sem qualquer consumo. Contando com alguns aumentos significativos e outros menos importantes, cerca de 65% dos clientes variaram os seus consumos positivamente.

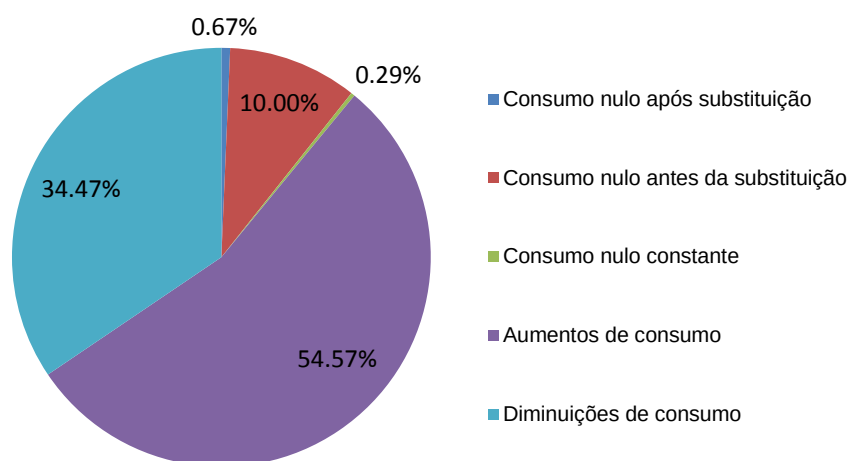


Fig. 4.2 Influência da mudança de contador no consumo

Apesar dos dados anteriormente expostos, uma análise um pouco menos sintética permite entender ligeiramente melhor tais variações de consumo. Como consta no gráfico da figura 4.2, cerca de 11% dos contadores envolvem consumos nulos. Essa percentagem é composta por 10% de elementos cujos consumos eram nulos antes da substituição. Contém ainda 0.67% que não apresentaram qualquer consumo depois da troca de contador. Outros 0.29% permaneceram com consumo constante nulo.

Considera-se relevante entender a razão de existirem consumo nulos pós-substituição. Depois da apreciação de alguns dos casos em que essa situação se verifica, concluiu-se que se trata maioritariamente de consumidores que apresentam apenas uma leitura com consumo positivo em toda a amostra, sendo as restantes nulas. Parece certo que se trate de clientes que consomem água poucos dias por ano, eventualmente em períodos de férias. Repare-se que, dividindo o volume total consumido por estes clientes pelos dias em análise, obtêm-se uns escassos 32 litros/dia.

Já que um dos objetivos do estudo é entender a dimensão da subcontagem, e por se considerar que os contadores com consumos nulos interferem directamente na análise, estes foram retirados da amostra, prosseguindo-se o estudo apenas com os elementos onde é menos óbvia a contagem abaixo do valor consumido. Pelo facto de existirem contadores com registos de leitura em períodos tão pequenos como um ou dois meses, sendo o restante período composto por leituras constantes, considerou-se que esses casos também não refletem verdadeiramente problemas da subcontagem. Poderão estar associados a efectivas diferenças de necessidades dos consumidores, como a ausência da habitação. Deste modo, também esses contadores não foram considerados na análise mais detalhada que se apresenta de seguida.

Seguindo o raciocínio descrito, os resultados globais alteraram-se significativamente, ora repare-se no quadro que se segue.

Quadro 4.4 Resultados (2)

Síntese dos resultados obtidos	
Total de contadores	4255
Contadores que aumentaram o consumo	60.71 %
Contadores que diminuíram o consumo	39.27 %
Contadores que mantiveram o consumo	0.02 %
Volume médio diário consumido antes	1263 m ³
Volume médio diário consumido depois	1423 m ³
Variação do consumo	11.19 %

Neste caso já se conta com um menor número de contadores, onde os exemplares que aumentaram o consumo rondam os 60%. Já aqueles em que a água consumida diminuiu ficam por uma percentagem de 39%. Curiosamente um dos contadores da amostra permaneceu com o mesmo consumo. Importa lembrar que as percentagens de contadores que variaram o consumo contam não só com casos de significativas variações mas também com outras menos significantes.

Segundo o referido, constata-se um aumento no consumo pós-mudança de contador de cerca de 11%.

Considerou-se que o estudo seria tanto mais aprofundado quanto mais informações fossem analisadas relativamente aos contadores antigos. A Águas do Porto, EEM, facultou informações sobre marca, modelo e calibre dos contadores antigos. Estas informações permitirão estudar os dados sobre diferentes perspetivas.

4.2.2.1. Apreciação por marca

Os contadores que foram substituídos distribuem-se por sete marcas com maior afluência, sendo que a amostra contém ainda 84 contadores de outras marcas, como AURUS, PLANETE, REG, STE, ZENIT, S.S.T, AQD, etc.

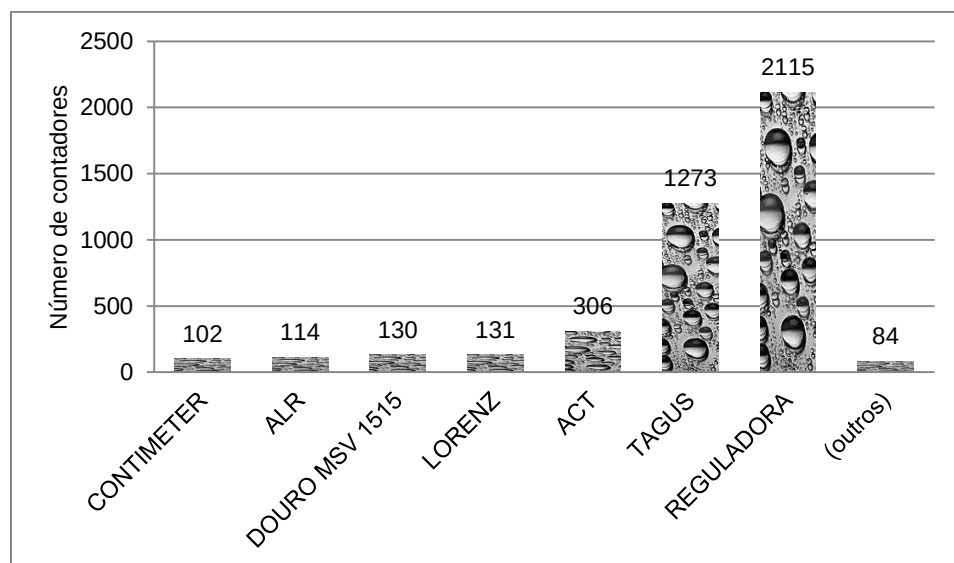


Fig. 4.3 Número de contadores por marca

A marca Reguladora é a que engloba o maior número de contadores da análise, seguida da Tagus e da ACT. Essa razão explica também os dados apresentados no gráfico que se segue, onde naturalmente as maiores somas de volumes diários são totalizadas por estas marcas

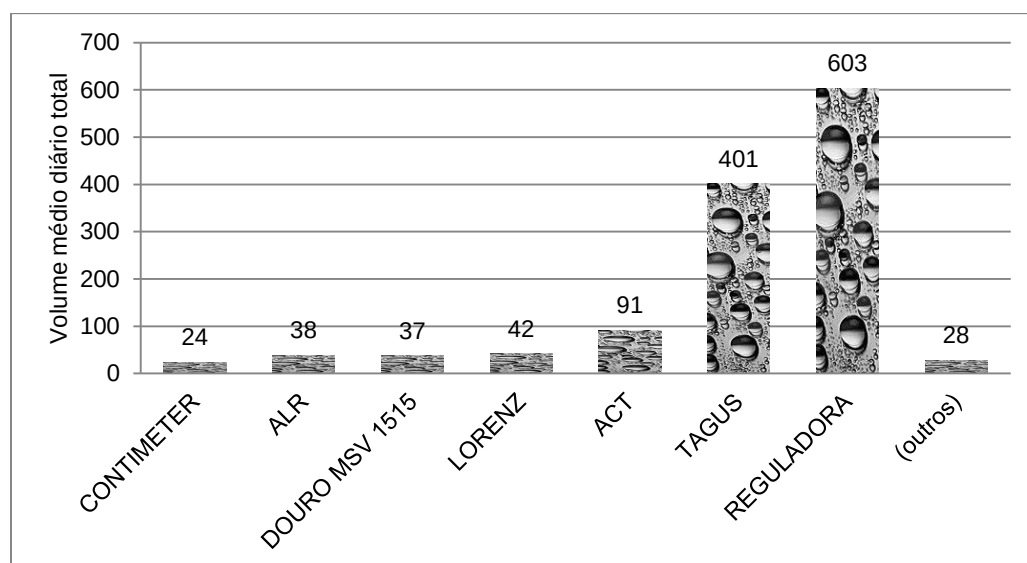


Fig. 4.4 Total dos volumes médios diários, por marca, antes da substituição [m³]

Os dados apresentados nos dois últimos gráficos não permitem ter uma perspectiva sobre os consumos de cada contador por marca. A imagem que se segue mostra o consumo médio diário por contador de cada marca. Deste modo consegue-se ter uma ideia geral do uso de cada contador dentro de cada marca.

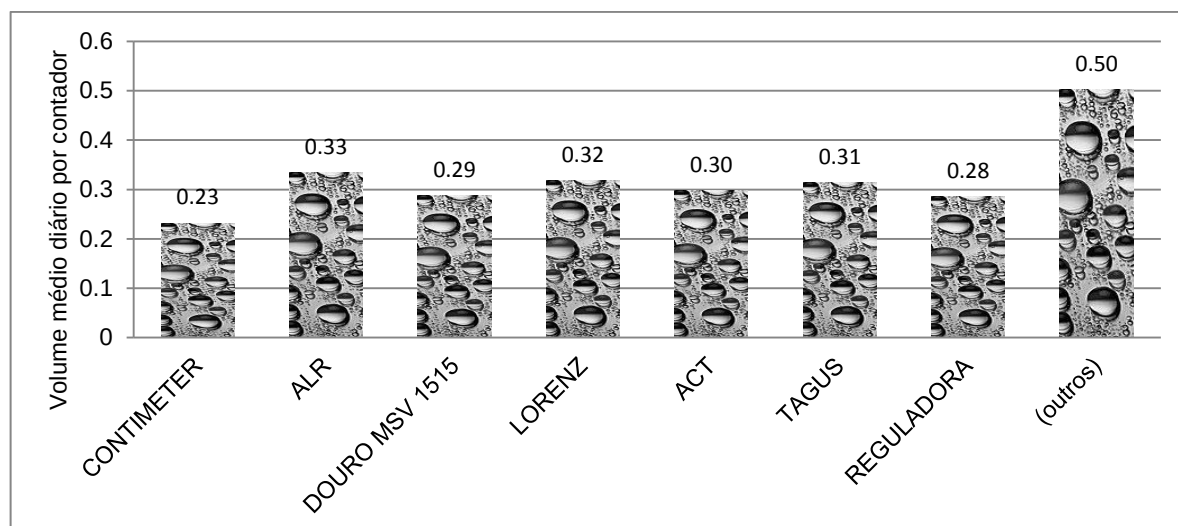


Fig. 4.5 Consumo médio diário, por contador e por marca, antes da substituição [m³]

Os contadores de outras marcas são os que apresentam maiores consumos médios diários, apesar disso, sabe-se que estes contadores são constituídos por diversas marcas e compostos por um pequeno número. Sendo assim, não se considera que sejam muito fiáveis as conclusões tiradas sobre esta amostra.

Comparando os volumes diários consumidos depois da substituição com aqueles que se registaram antes, verificam-se as variações diárias apresentadas no gráfico da imagem que se segue.

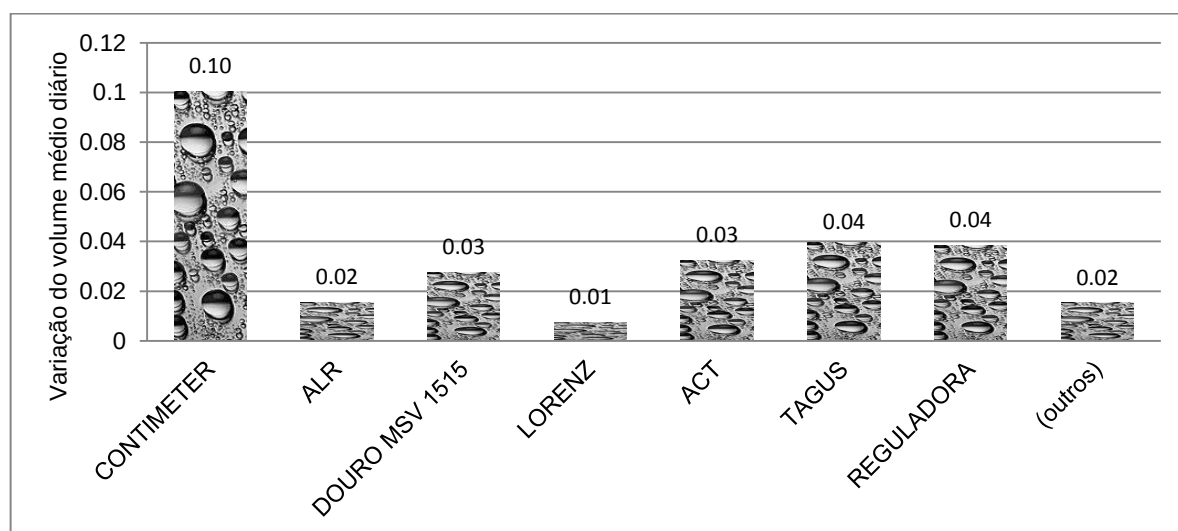


Fig. 4.6 Variações médias diárias nos consumos, por contador e por marca, com a substituição [m³]

Apesar de alguma instabilidade na amostra, como as marcas TAGUS e REGULADORA representam as populações mais altas do estrato, saliente-se as segundas maiores variações de

consumo nestes dois casos. A maior variação regista-se na marca CONTIMETER: Apesar disso, visto tratar-se de uma amostra de apenas 102 contadores, apontar uma variação de 100 litros/dia nesta marca pode não ser inteiramente credível.

Repare-se ainda que todas as marcas apresentam variações de consumo positivas, sendo a LORENZ que conta com diferenças de consumo mais baixas.

4.2.2.2. Apreciação por modelo

Também nos modelos disponíveis na amostra a gama é bastante extensa. Além dos mais comuns, que são aqueles que se considerou merecedores de análise individual, existem outros que foram agrupados. Trata-se de 145 contadores dos mais diferenciados modelos, como ACT/15/4, CNT/20/4, LOR/15/4, LOR/20/5, TAG/30/4, ALR/115/4, entre outros.

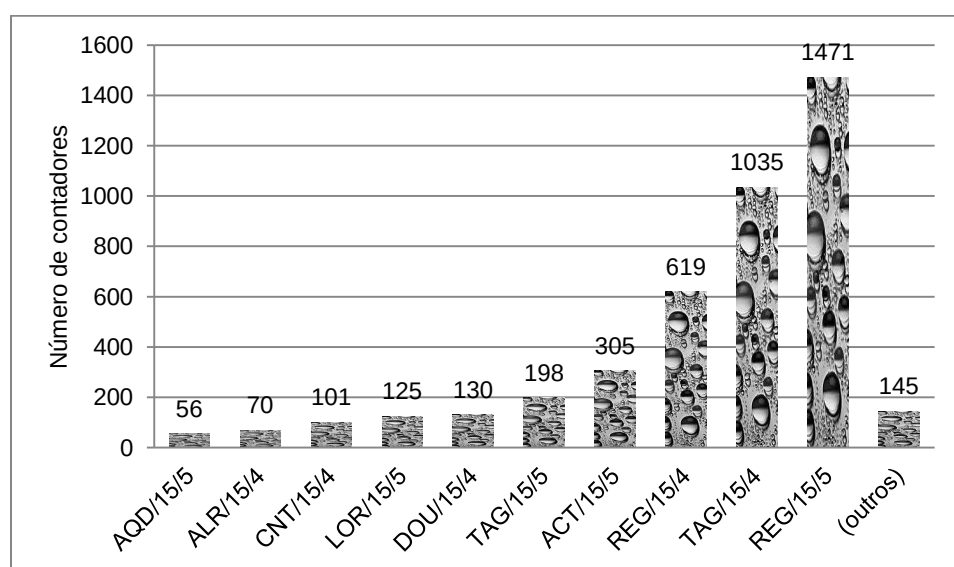


Fig. 4.7 Número de contadores por modelo

Como seria já de esperar, os modelos da marca REGULADORA e TAGUS são os que apresentam maior afluência, seguidos da modelo ACT/15/5.

A imagem seguinte mostra o gráfico com o total dos volumes medidos por cada um destes modelos.

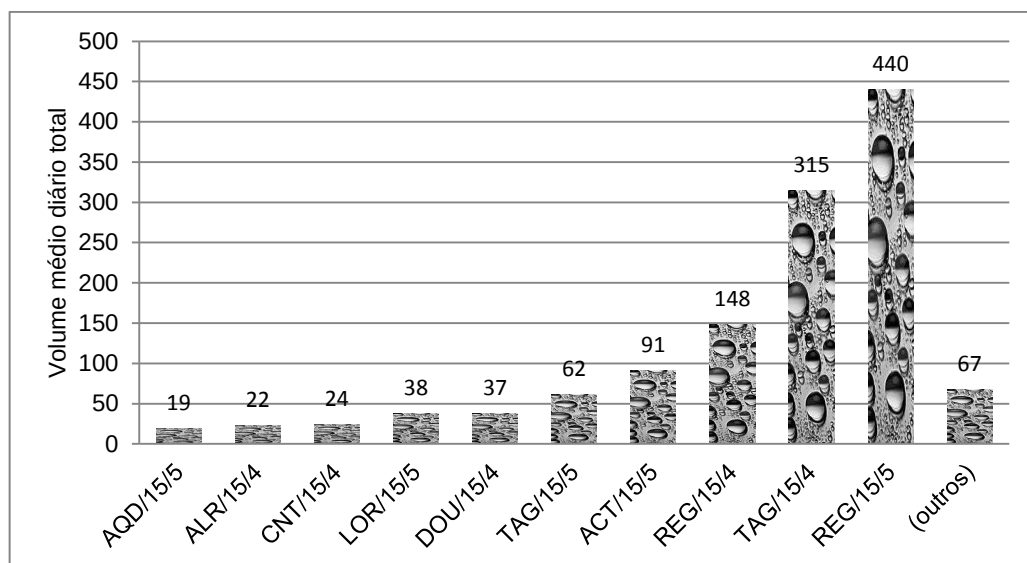


Fig. 4.8 Total dos volumes médios diários, por modelo, antes da substituição [m³]

Tal como se apresentou na apreciação por marca, considera-se de grande interesse expor a razão entre os dois gráficos anteriores, tentando perceber-se assim quais os modelos que revelam maiores consumos diários médios antes de serem substituídos.

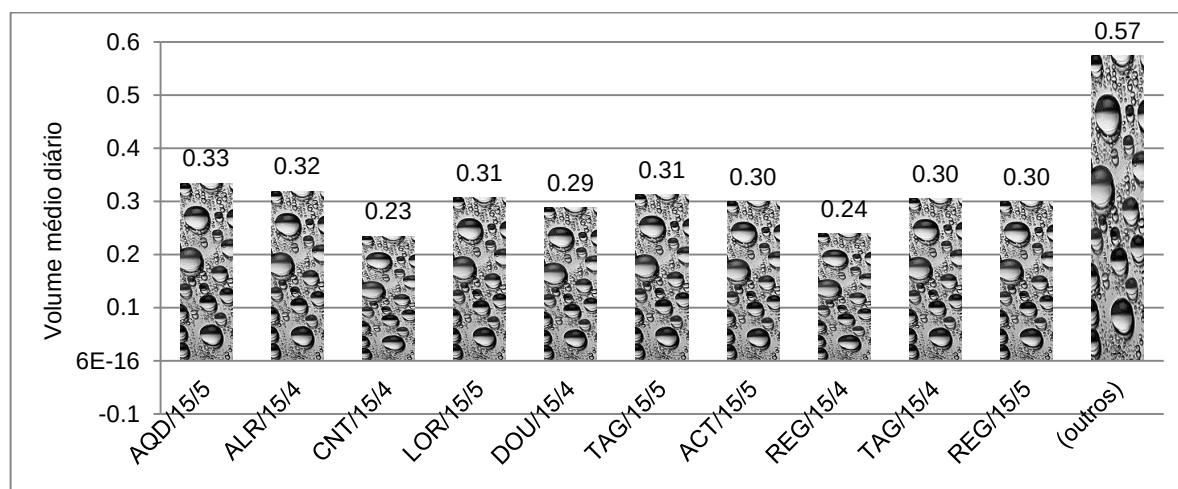


Fig. 4.9 Consumo médio diário, por contador e por modelo, antes da substituição [m³]

Neste caso note-se que não existe significativa variabilidade entre modelos. Há alguns casos que saem ligeiramente fora dos limites gerais da amostra, como os contadores de outros modelos. Já os modelos CNT/15/4 e REG/15/4 apresentam-se com consumos diários ligeiramente abaixo da média.

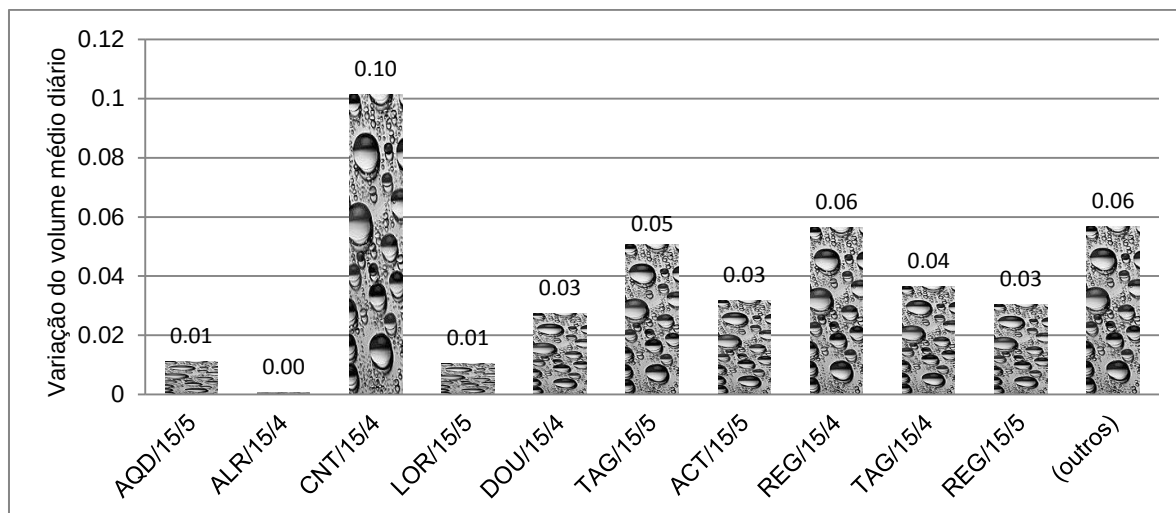


Fig. 4.10 Variações médias diárias nos consumos, por contador e por modelo, com a substituição [m³]

A substituição foi de um modo geral benéfica em todos os modelos. Destaque-se que os modelos que se encontravam nos extremos do consumo no gráfico anterior, quer de máximo quer de mínimo, revelam agora maiores variações com a substituição, ora veja-se o modelo CNT/15/4. Apesar desta variação significativa, não esqueçamos que este modelo conta somente com 101 contadores da amostra.

O ALR/15/4 apresenta variações gerais nulas. Note-se que já na análise por marca a ALR apresentou uma das variações de consumo menos significativa da amostra.

4.2.2.3. Apreciação por calibre

Considerou-se ainda interessante proceder a uma apreciação dos diversos calibres disponíveis na amostra. Visto tratar-se de contadores de consumo doméstico parece justificar-se que a esmagadora maioria dos elementos possua calibre 15.4 ou 15.5. Analisaram-se ainda individualmente três outros calibres de maior afluência, sendo os restantes agrupados. Os contadores designados por “outros” são compostos por calibres 30.4, 30.5, 40.4 e 40.5.

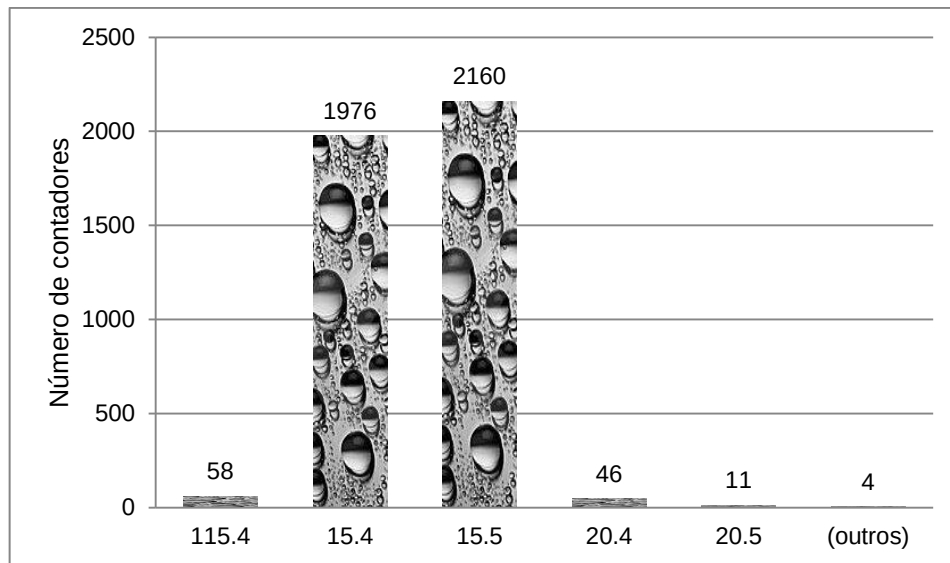


Fig. 4.11 Número de contadores por calibre

O total dos volumes médios diários antes da substituição é naturalmente repartido pelos calibres de maiores afluências.

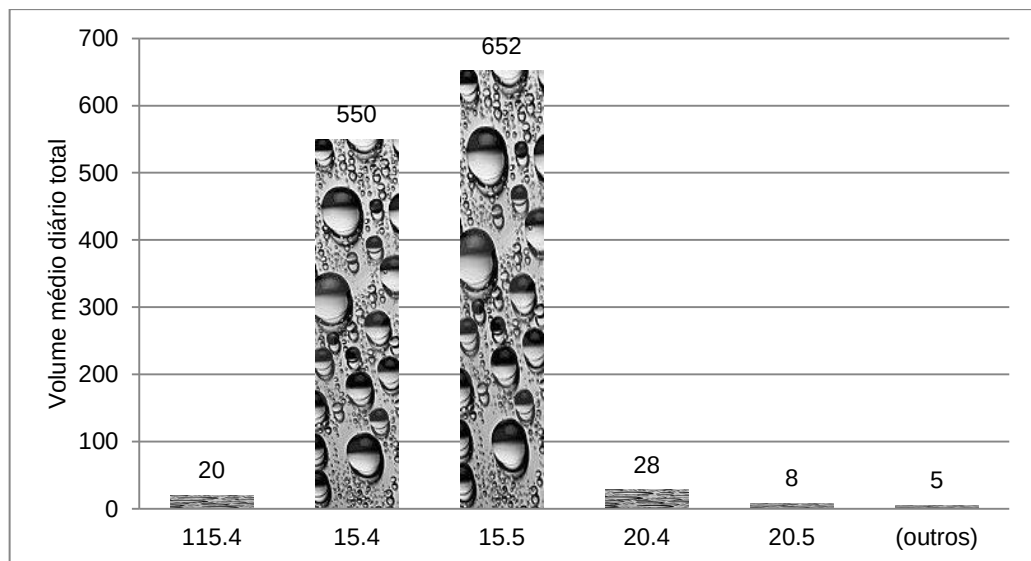


Fig. 4.12 Total dos volumes médios diários, por calibre, antes da substituição [m³]

Já ao analisar o volume médio diário por contador repare-se que os dois calibres mais frequentes apresentam valores bastante semelhantes. O maior calibre com consumo superior.

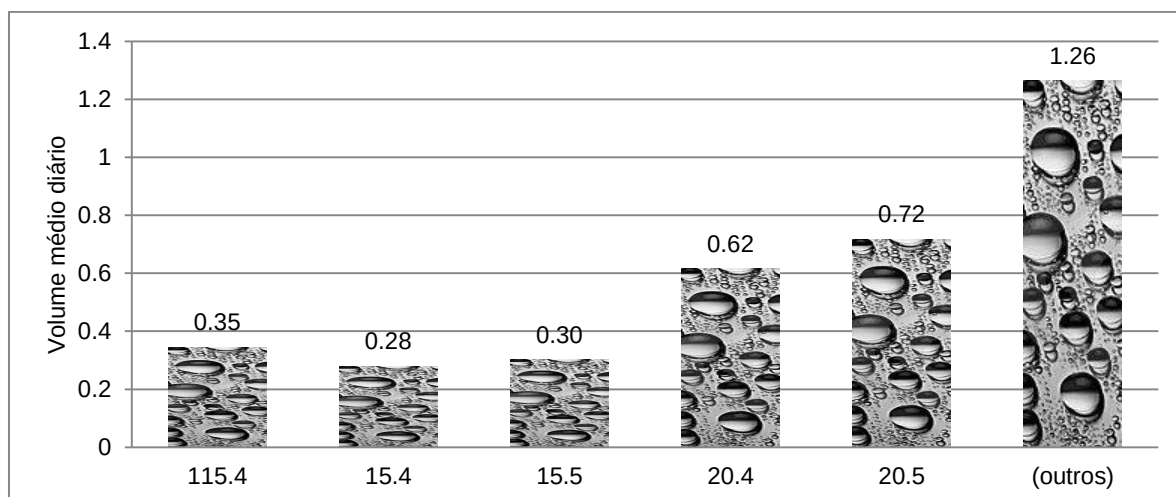


Fig. 4.13 Consumo médio diário, por contador e por calibre, antes da substituição [m³]

O gráfico da figura anterior dá a entender um maior consumo médio diário à medida que vai aumentando o calibre do contador, o que parece perfeitamente razoável, e dá indicações de bom dimensionamento dos elementos de medição. Apesar disso, o calibre 115.4 apresenta a exceção.

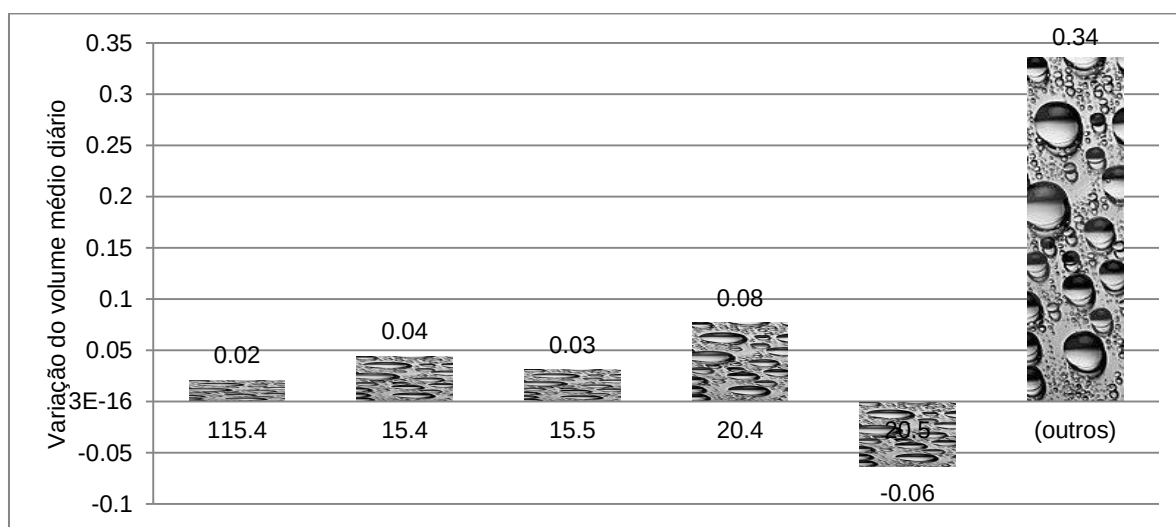


Fig. 4.14 Variações médias diárias nos consumos, por contador e por calibre, com a substituição [m³]

Por fim, observem-se as variações médias diárias nos consumos de cada contador dentro de cada calibre. Note-se que os quatro elementos de diferentes calibres que foram agrupados apresentam a variação mais significativa. Tal situação pode dever-se ao facto do grupo ser composto por poucos elementos e ainda apresentar elevados consumos por contador, logo maior facilidade de variação.

4.2.2.4. Apreciação por estrato

Para melhor explorar a potencialidade da informação dos contadores disponibilizada pela Águas do Porto, EEM, procedeu-se a uma outra apreciação. Os contadores foram estratificados em função do seu consumo médio diário antes da substituição. Assim, contadores que apresentassem consumos médios entre 0 e 0,5 m³/dia foram agrupados no mesmo estrato. Seguiu-se os elementos com consumos entre 0,5 e 1 m³ diário, e finalmente aqueles que consumiam volumes acima disto.

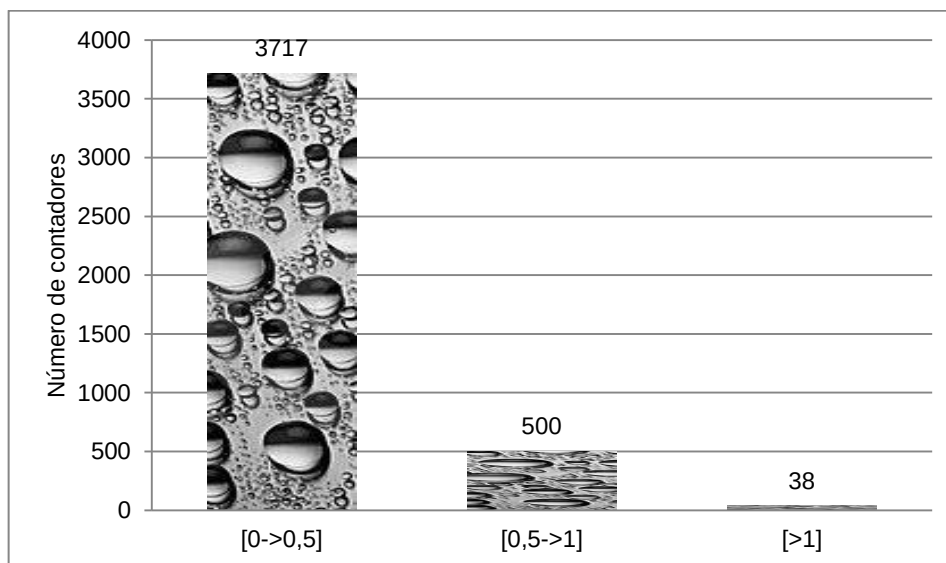


Fig. 4.15 Número de contadores por estrato

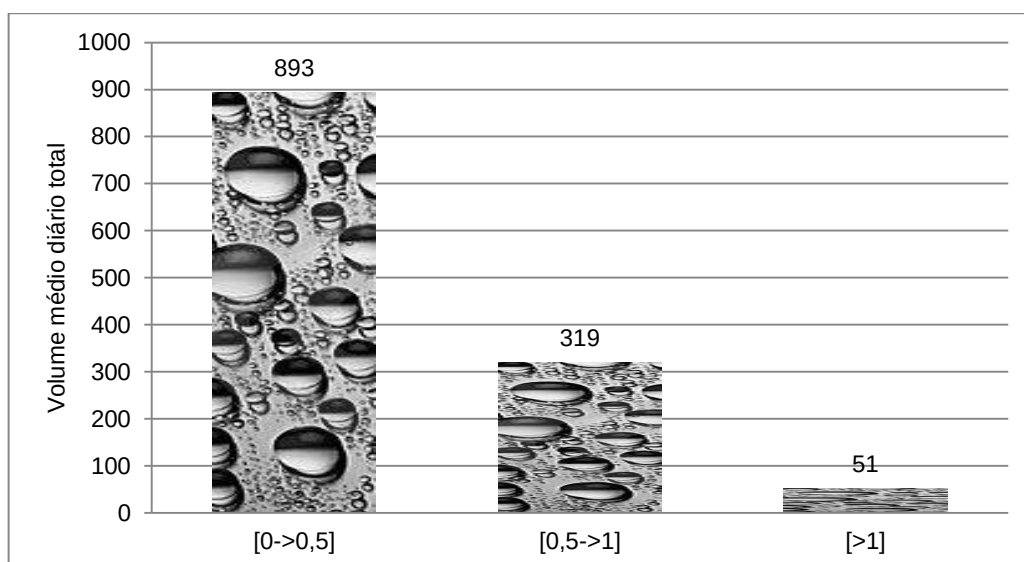


Fig. 4.16 Total dos volumes médios diários, por estrato, antes da substituição [m³]

Procedendo ao mesmo cálculo das análises anteriores, observa-se que, naturalmente os consumos por agrupamento aumentam de acordo com a estratificação.

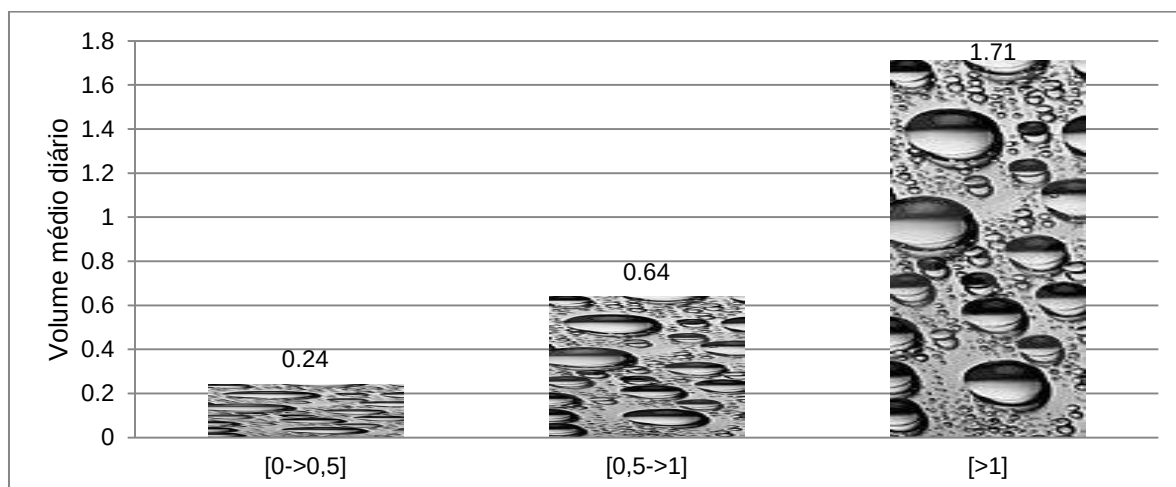


Fig. 4.17 Consumo médio diário, por contador e por estrato, antes da substituição [m³]

Por fim, analise-se a variação dos consumos de cada intervalo. Há uma variação média de 40 litros nos contadores do primeiro estrato. É ainda nestes que surge uma maior diferença positiva com a substituição.

Existe um decréscimo de volume médio consumido diariamente pelos clientes com leituras mais elevadas. Naturalmente este resultado não se deverá a situações de subcontagem mas a variações pelos próprios consumidores, pelas mais diversificadas razões. O facto de se tratar de apenas 34 clientes e apresentar consumos domésticos tão elevados não permite generalizar quaisquer conclusões desta variação.

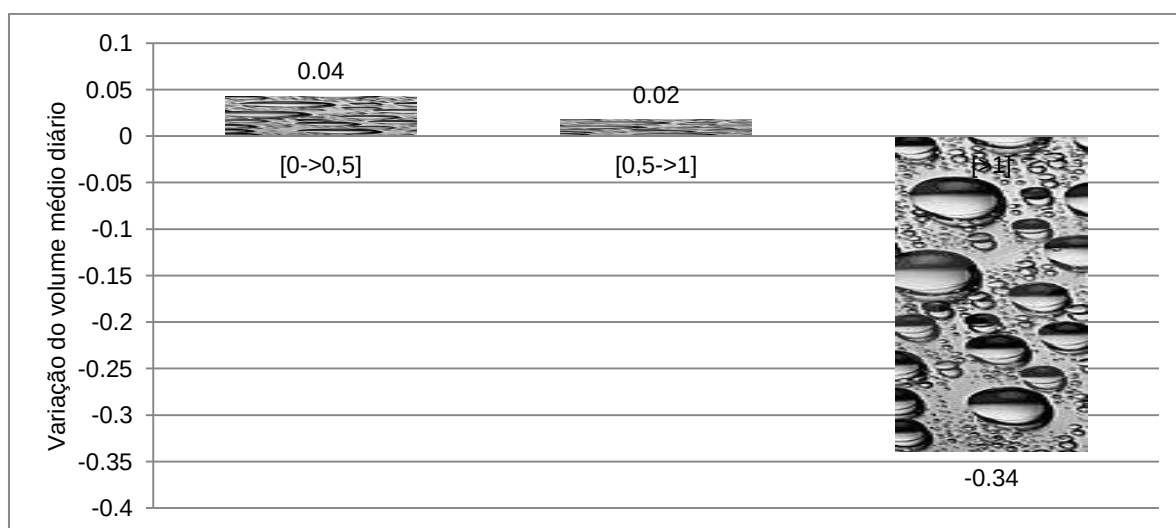


Fig. 4.18 Variações médias diárias nos consumos, por contador e por estrato, com a substituição [m³]

4.2.2.5. Apreciação por volume totalizado

Como foi descrito anteriormente, no momento em que se analisou as causas da subcontagem, uma das mais importantes razões que leva os contadores a totalizarem volumes inferiores aos consumidos é a idade ou uso.

Procurou-se fazer também essa análise aos contadores que foram substituídos em 2009 pela Águas do Porto, EEM. Apesar disso, informações referentes à idade dos aparelhos no momento da substituição não se encontravam disponíveis na base de dados. Por este motivo, tentou-se obter informações similares através do valor da última leitura. Sabe-se que o uso é também um dos fatores que interferem directamente na precisão de um contador. Deste modo, procurou-se estudar a influência desse elemento no comportamento pós-substituição.

Foi então confrontado o valor da última leitura com a variação média no consumo do respetivo contador. Para que se pudesse ter uma percepção mais clara dos resultados, agruparam-se as leituras em intervalos de 50, por exemplo, todas as leituras inferiores a 50 m³ compõem um só ponto (50), representando no gráfico a ordenada desse ponto a variação média do consumo do grupo com a substituição.

As variações médias de consumo em função do valor das últimas leituras são assim representadas no gráfico da figura que se segue.

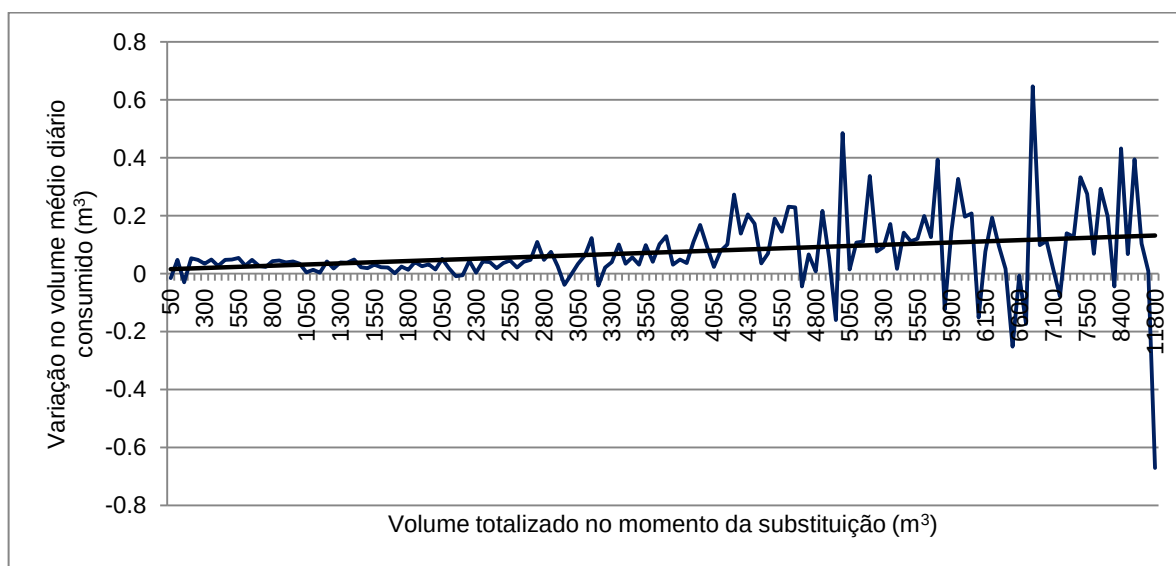


Fig. 4.19 Variações médias de consumo com o uso

No gráfico da figura representa-se ainda a linha de tendência que mostra uma estimativa do aumento de erro de medição em função do volume totalizado por contador.

Não pode deixar de se dar uma explicação sobre a grande variabilidade da linha de dados obtida. Há que referir que apesar do uso dos contadores ser um fator importante para a previsão de erros de leitura, um elevado volume totalizado não implica necessariamente um grande erro. Também por diversos motivos muitos dos consumidores diminuíram o consumo depois da substituição do

contador, assim como outros terão aumentado, sem que isso signifique subcontagem. Maiores variações verificam-se em maiores consumos. No gráfico nota-se assim que quanto maior é o volume totalizado antes da substituição, maiores são as variações de consumo verificadas. Por exemplo, em análise sobre a base de dados, constatou-se que apenas o decréscimo ligeiro de um grande consumidor provocou a variação refletida no final do gráfico.

Outra das verificações que há a notar é a diminuição do número de elementos à medida que se vai aumentando o volume totalizado. Assim, pode dizer-se que existe uma maior fiabilidade de resultados nos volumes inferiores.

Apesar das incertezas descritas, esta análise permite ter uma perceção geral da probabilidade de aumento de erro à medida que o volume medido vai aumentando.

4.2.3. Conclusões

A análise apresentada permite fazer várias observações. Pode verificar-se que as variações de consumo pós-substituição do contador apresentam-se de forma geral positivas. Apesar disso, uma análise como a que foi feita não pode apontar-se como totalmente conclusiva para um estudo de subcontagem. Sabe-se que as variações de consumo, em grande parte dos casos, reflete efectivamente esse problema de medição, apesar disso, existem variadíssimas razões para um cliente variar o seu consumo médio. Isto verifica-se com maior frequência nos maiores consumidores. O último gráfico aponta para oscilações maiores e aumento da dificuldade em entender o efeito na troca de contador à medida que os volumes totalizados vão aumentando. Por isto, uma importante conclusão a que se pode logo chegar é que os maiores consumidores precisam, mais até que os pequenos, de uma análise individual. Desse modo será possível entender se o que está por detrás da variação do consumo será uma diferença do número de consumidores, a elevada idade do contador antigo, um pico de consumo que danificou o anterior contador, ou muitas outras razões que com uma análise conjunta não são detetáveis

Das apreciações dos dados segundo diferentes perspetivas pode dizer-se que o aspecto mais importante na hora de ponderar os contadores a substituir é o seu volume totalizado. De um modo geral percebeu-se que à medida que esse valor aumenta as probabilidades de se apresentar irregularidades nos volumes totalizados vão crescendo.

Um último aspecto que deve ser mencionado está afecto aos consumos nulos. Como referido não foram considerados na análise, apesar de não contribuírem para entender a diminuição da subcontagem, são exemplos claros de erros de medição.

Seguindo a questão da necessidade de um estudo individual, que se mostra essencial para maiores consumidores, analisa-se no próximo item essa mesma questão, um estudo individual a alguns dos grandes consumidores.

4.3. SELEÇÃO DO CONTADOR

4.3.1. INTRODUÇÃO

No segundo capítulo desta dissertação foram abordados os erros de medição e a dificuldade de adaptação de um contador a determinado perfil de consumo, assim como os riscos associados a um sob ou sobredimensionamento. Já num outro subcapítulo expuseram-se os aspectos de maior relevância na hora de escolher o medidor mais indicado para determinado cliente.

A Águas do Porto, EEM, com mais de 15 mil clientes dispõe de um parque de contadores bastante diversificado. Entre clientes de diferentes tarifas, como autarquias, Câmara Municipal, comércio e indústria, domésticos, estado, hospitais e ordens, obras, piscinas, entre outros; necessita de dispor dos mais distintos calibres e tipos de contadores. A vastidão do parque de contadores dá-se pelas marcas apresentadas no próximo quadro.

Quadro 4.5 Constituição do parque de contadores

Marca	Número de contadores	Marca	Número de contadores
001	483	LORENZ	9281
002	21	NAIADE	14
004	724	NOVA C	14
ACT	43613	OPTIMA	1
ALR	17490	PLANETE	47
ALTAIR TELEMETRIA	12006	REGULADORA	23683
AQD	950	S.S.T.	111
ATLANTIS	4	SENSUS	277
AURUS	28	STE	68
JANZ	11	STELLA C	4
CONTIMETER	949	STELLA J	3
DOURO MSV 1515	7391	SUPERIOR	107
ENER METER	8	TAGUS	36862
FICTICIA	9	WOLTEX	4
IMO	24	WOLTMAN	66
IN2	1	ZENIT	165
TOTAL GERAL		154419	

Quadro 4.6 Número de contadores e calibres

Calibres	Total
15	147361
20	2918
30	973
40	546
50	1
65	46
80	16
100	9
115	2546
150	2
200	1

Com este estudo pretende-se tomar alguns exemplares de grandes clientes da Águas do Porto, EEM, e procurar perceber se os contadores que dispõem são os mais adequados ao seu perfil de consumos. Caso não sejam, procurar-se-á encontrar outro elemento que possibilite maior rigor na medição.

Este estudo debruça-se sobre cinco grandes clientes; três hospitais e duas piscinas na cidade do Porto. Procuraram-se consumidores de elevados consumos por dois motivos. Porque a empresa dispõe, nesses compradores, de dataloggers que enviam a informação dos consumos a cada 15 minutos, ficando assim com um perfil de consumo bem definido. E porque, como foi constatado no estudo anterior, são os grandes clientes que apresentam maiores variabilidades de consumos, e consequentemente há maior dificuldade em encontrar um contador que se adapte às suas necessidades.

Além da disponibilidade dos consumos observaram-se ainda os dados das leituras dos mesmos períodos, para que desse modo seja possível a verificar a conformidade entre os dados de facturação e os do datalogger.

Quando se verifica que algum contador não é o mais adequado, a sugestão da mudança de calibre é feita com base nas características metrológicas dispostas nas tabelas dos fornecedores, que são apresentadas no anexo A.

Para verificação da adequabilidade dos contadores foram considerados os consumos máximos e mínimos. Além disto foram estudadas as variações de consumo ao longo dos períodos em estudo, numa tentativa de prever os tipos de caudais e respetivas probabilidades de ocorrência.

4.3.2. ANÁLISE DE CONTADORES

4.3.2.1. Piscina 1

A Piscina 1 é uma coletividade desportiva que dispõe de diversas modalidades aquáticas. Entre outros equipamentos a instituição dispõe de piscinas que naturalmente necessitam de grandes volumes de água.

Para este cliente dispõe-se dos consumos médios a cada período de 15 minutos desde o dia 10/03/2010 até 01/06/2011. Nos 448 dias o consumidor teve consumos dispostos segundo as variações que se apresentam.

Quadro 4.7 Consumos extremos Piscina 1 10/03/2010 a 01/06/2011

Consumo	[m ³ /hora]	Número de ocorrências
Mínimo	0.008	23
Médio	3.726	-
Máximo	24.048	1

Antes de mais lembre-se que, como caudal mínimo, foi considerado o segundo menor caudal, em lugar de se falar num consumo mínimo de zero.

Por ser também importante a consideração da gama de caudais disponíveis, foram contados os números de vezes que ocorreram determinados consumos durante o período da amostragem. Com base nisso foi possível calcular uma probabilidade de ocorrência de caudais, como se apresenta no gráfico da figura seguinte.

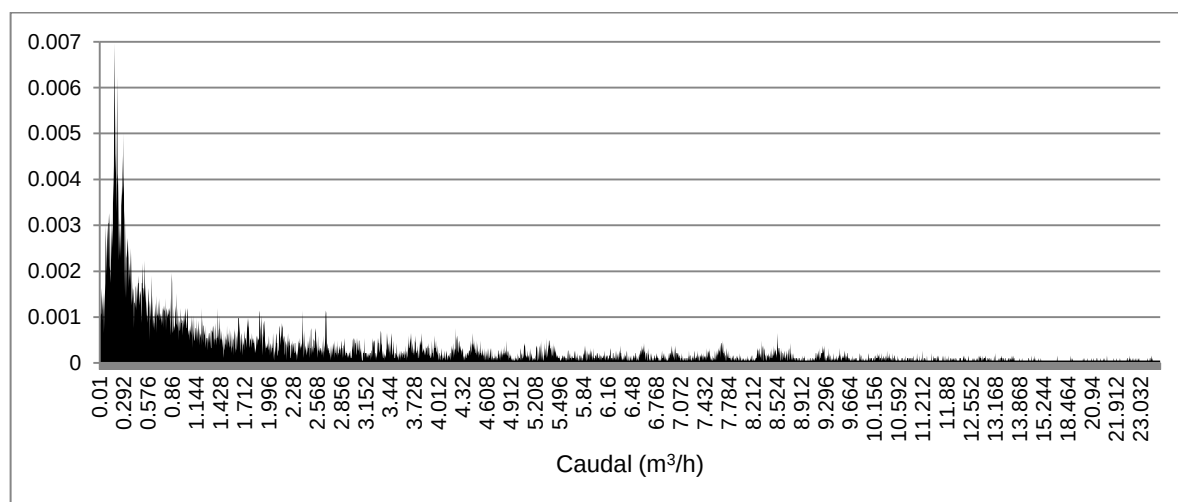


Fig. 4.20 Probabilidade de ocorrência de consumos, Piscina 1

Os volumes médios diários faturados oscilam da forma que se apresenta no gráfico seguinte.

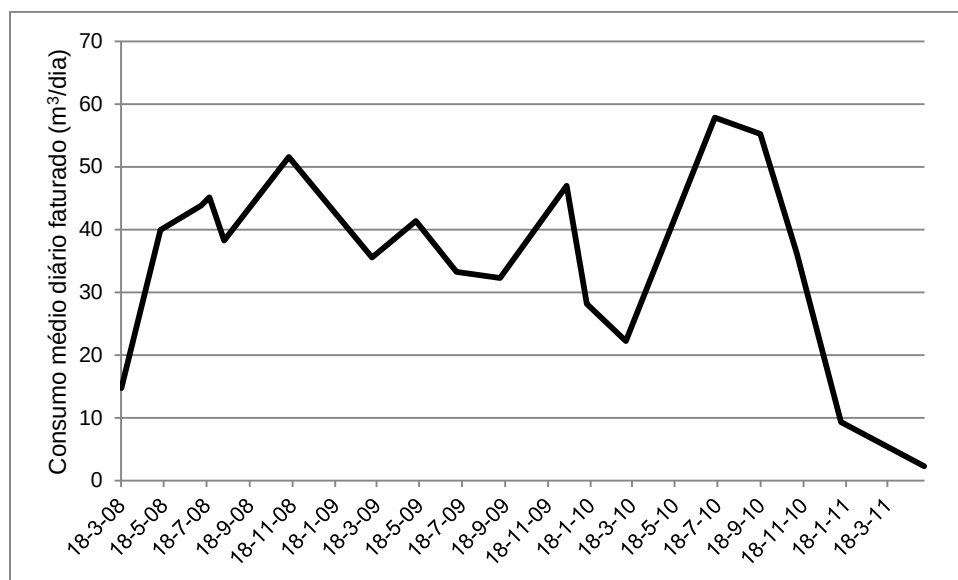


Fig. 4.21 Variações do consumo diário médios na faturação no período em estudo, Piscina 1

A Piscina 1 dispõe no momento de um contador da marca Altair, calibre 32, com as características metrológicas apresentadas.

Quadro 4.8 Contador volumétrico Altair V3 32mm

Características metrológicas		
Diâmetro Nominal [DN]	32	[mm]
Caudal nominal	10	[m³/h]
Caudal de arranque	3	[l/h]
Caudal mínimo	62.5	[l/h]
Caudal de Transição	100	[l/h]
Caudal máximo	12.5	[m³/h]

Confrontando as características deste contador com os valores de caudais verificados constatou-se que deve ser substituído por um contador superior com alguma urgência. Reparou-se que ao longo de período de análise o consumo excedeu o limite máximo em mais de 600 vezes. Torna-se mesmo viável a hipótese do decréscimo dos volumes faturados recentemente se poder dever à danificação do medidor. Esta possibilidade aponta-se ainda pela situação se verificar depois de um período de consumos bastante acentuados, como mostra o gráfico da figura 4.21.

Selecionando um contador da mesma tipologia, apresenta-se o calibre seguinte como uma possível solução, o contador volumétrico Altair V3 de calibre 40 mm.

Quadro 4.9 Contador volumétrico Altair V3 40mm

Características metrológicas		
Diâmetro Nominal [DN]	40	[mm]
Caudal nominal	16	[m ³ /h]
Caudal de arranque	3	[l/h]
Caudal mínimo	100	[l/h]
Caudal de Transição	160	[l/h]
Caudal máximo	20	[m ³ /h]

Note-se que mesmo para este contador existe uma certa probabilidade de excedência do caudal máximo. Apesar disso, não se pode deixar de considerar os caudais mínimos que, apesar de serem mais prováveis, apresentam maiores possibilidades de erros de medição. Perante a grande variabilidade de consumos deste cliente, este foi o contador que se considerou mais indicado.

4.3.2.2. Hospital 1

Os dados disponibilizados contam com leituras de 15 em 15 minutos entre as datas 01/07/2009 a 2/06/2011. Nesses 701 dias as variações dos consumos mantiveram-se dentro dos limites referidos no quadro abaixo.

Quadro 4.10 Consumos extremos, Hospital 1, 01/07/2009 a 02/06/2011

Consumo	[m ³ /hora]	Número de ocorrências
Mínimo	0.400	4662
Médio	7.835	-
Máximo	36.800	1

A probabilidade de ocorrência dos vários caudais é significativamente superior no caso de baixos consumos. Além disso faz-se notar entre 11.2 e 21.6 m³/hora.

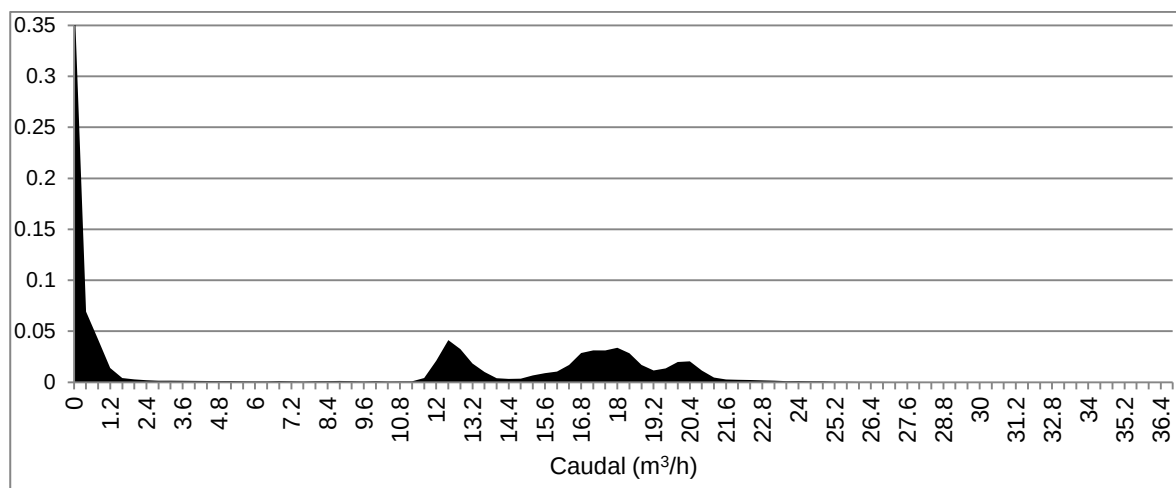


Fig. 4.22 Probabilidade de ocorrência de consumos, Hospital 1, 01/07/2009 a 02/06/2011 [m^3/h]

Relativamente às variações em termos de faturação, os consumos verificados apresentam oscilações mas sem nenhuma variação significativa que mereça realce.

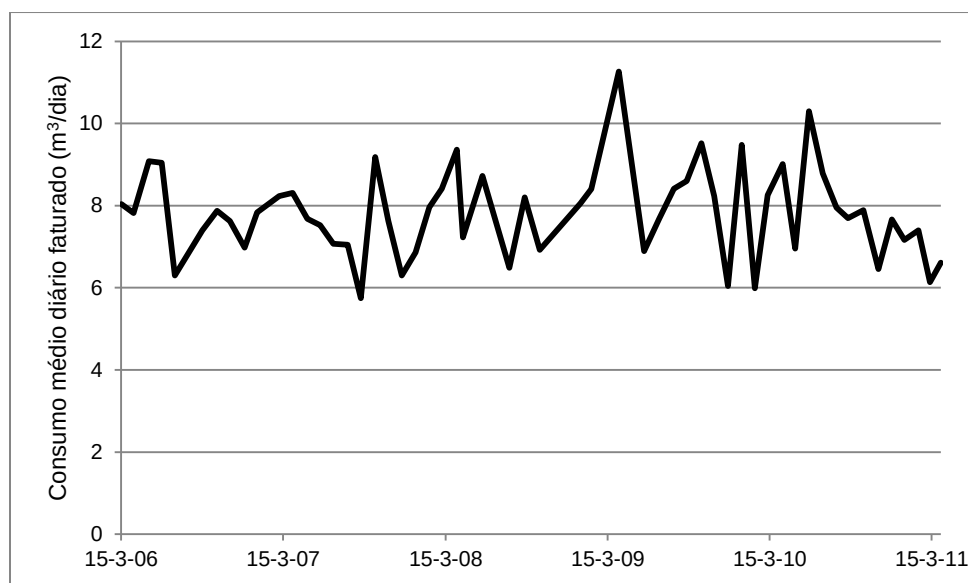


Fig. 4.23 Variações do consumo diário médios na faturação no período em estudo, Hospital 1 [m^3]

O contador instalado no momento no Hospital 1 é do tipo woltmann calibre 65 mm. Segundo catálogos disponibilizados, que se encontram também em anexo, as características metrológicas destes medidores são as que apresenta o quadro.

Quadro 4.11 Contador woltmann 65 mm eixo horizontal

Características metrológicas		
Diâmetro Nominal [DN]	65	[mm]
Caudal nominal	25	[m ³ /h]
Caudal de arranque	130	[l/h]
Caudal mínimo	0.45	[m ³ /h]
Caudal de Transição	1.2	[m ³ /h]
Caudal máximo	120	[m ³ /h]

Se compararmos as propriedades do contador woltmann 65 mm com os consumos do Hospital 1 facilmente entendemos que o calibre deste contador é ligeiramente acima do necessário. Assim, o caudal mínimo 0.45 m³/hora característico do contador não chega a ser atingido em alguns períodos. Também o máximo que o contador suporta nunca chegou a ser aproximado. Por isto, considera-se que há necessidade de obter um maior rigor na medição do caudal através da colocação de um contador mais adequado, de menores dimensões.

Um contador woltmann calibre 50 mm de eixo horizontal considera-se necessário e mais eficiente para esta situação, ora comparem-se as suas características o tipo de consumo do hospital.

Quadro 4.12 Contador woltmann 50 mm eixo horizontal

Características metrológicas		
Diâmetro Nominal [DN]	50	[mm]
Caudal nominal	15	[m ³ /h]
Caudal de arranque	90	[l/h]
Caudal mínimo	0.4	[m ³ /h]
Caudal de Transição	1	[m ³ /h]
Caudal máximo	90	[m ³ /h]

4.3.2.3. Hospital 2

Os consumos do Hospital 2 considerados compreendem-se no período 14/04/2008 a 11/04/2011, oscilando dentro dos limites do quadro 4.13.

Quadro 4.13 Consumos extremos Hospital 2 14/04/2008 a 11/06/2011

Consumo	[m ³ /hora]	Número de ocorrências
Mínimo	0.400	1
Médio	14.530	-
Máximo	49.600	2

Neste caso, a gama de caudais não se encontra tão dispersa como nos anteriores estudados. Entre 3.6 e 30 m³/hora podemos encontrar consumos com maior frequência.

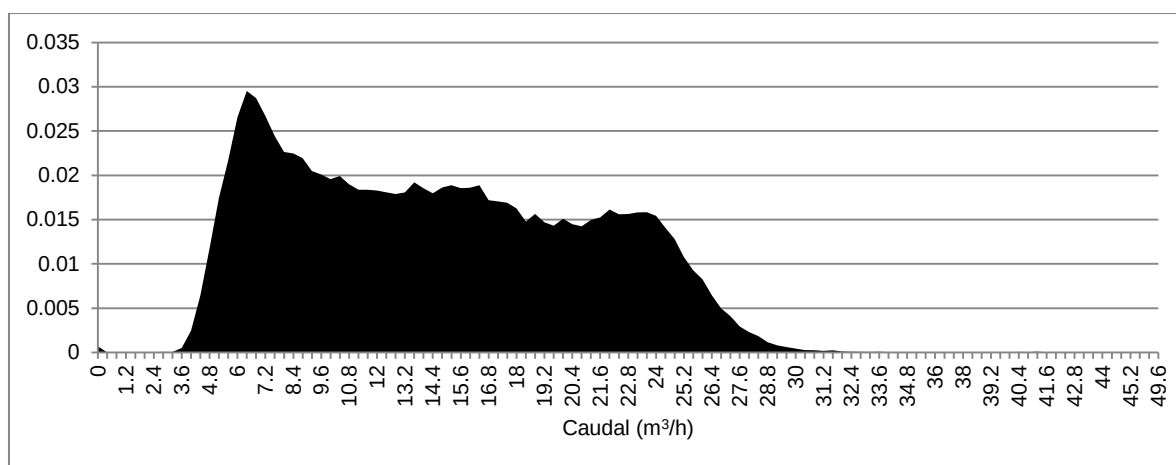


Fig. 4.24 Probabilidade de ocorrência de consumos, Hospital 2, 14/04/2008 a 11/06/2011 [m³/h]

Também os volumes diários faturados apresentam uma cerca constância.

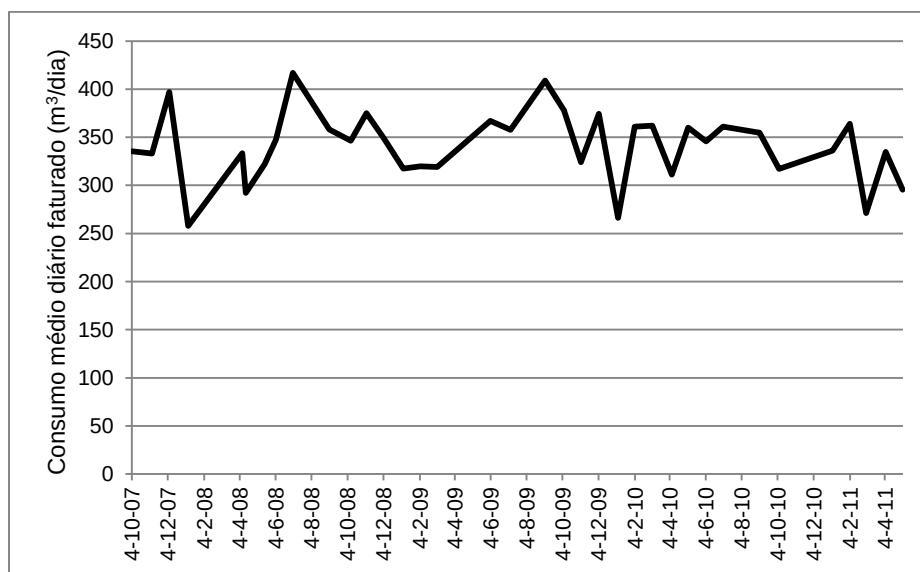


Fig. 4.25 Variações do consumo diário médios na faturação no período em estudo, Hospital 2 [m³]

O contador que está a ser verificado é do tipo woltmann de calibre 100 mm eixo horizontal.

Quadro 4.14 Contador woltmann 100 mm

Características metrológicas		
Diâmetro Nominal [DN]	100	[mm]
Caudal nominal	60	[m ³ /h]
Caudal de arranque	190	[l/h]
Caudal mínimo	0.6	[m ³ /h]
Caudal de Transição	1.8	[m ³ /h]
Caudal máximo	300	[m ³ /h]

Como facilmente se atesta este contador não é o mais adequado para o consumo deste hospital. Um caudal máximo de 300 m³/hora mostra-se exagerado, e ao mesmo tempo um caudal mínimo de 0.6 m³/hora revela-se insuficiente. Por estas razões pode indicar-se o contador woltmann calibre 50 mm de eixo horizontal como um medidor mais apropriado.

4.3.2.4.Hospital 3

Trata-se do maior consumidor que foi analisado. Neste caso tomaram-se períodos de dados de 01/01/2009 a 02/06/2011.

Quadro 4.15 Consumos extremos Hospital 3, 01/01/2009 a 02/06/2011

Consumo	[m ³ /hora]	Número de ocorrências
Mínimo	4	37
Médio	36	-
Máximo	292	1

Os consumos verificados compreendem-se na sua maior parte entre os 4 e os 128 m³/hora.

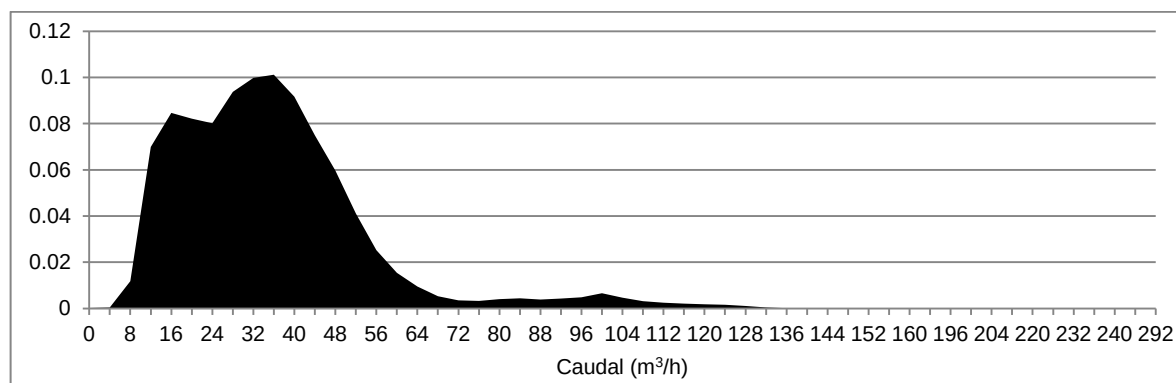


Fig. 4.26 Probabilidade de ocorrência de consumos, Hospital 3, 01/01/2009 a 02/06/2011 [m³/h]

As variações dos consumos médios diários faturados não apresentam variações que mereçam destaque, como expõe o gráfico da imagem seguinte.

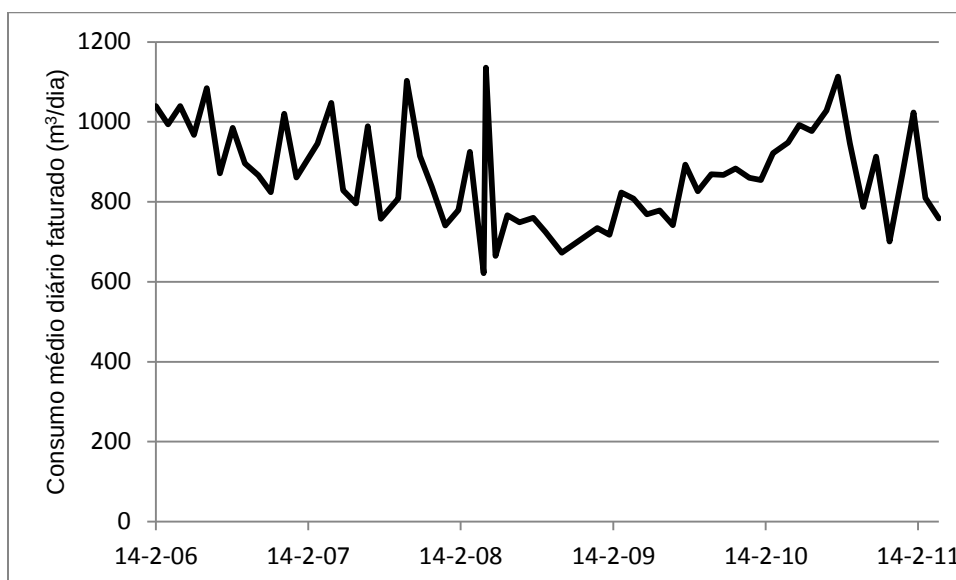


Fig. 4.27 Variações do consumo diário médios na faturação no período em estudo, Hospital 3 [m³]

Quadro 4.16 Contador woltmann 200 mm

Características metrológicas		
Diâmetro Nominal [DN]	200	[mm]
Caudal nominal	250	[m³/h]
Caudal de arranque	2500	[l/h]
Caudal mínimo	4	[m³/h]
Caudal de Transição	6	[m³/h]
Caudal máximo	300	[m³/h]

No momento este hospital conta com um contador woltmann calibre 200 mm de eixo horizontal. Apesar de ser um grande consumidor, um instrumento de tais dimensões mostra-se excessivo, podendo assim optar-se por um contador que garanta maior fiabilidade de leituras a caudais mais baixos, como o woltmann calibre 100 mm.

4.3.2.5. Piscina 2

Trata-se de um complexo de socialização e prática de actividades físicas, também com a integração de piscinas, entre outros equipamentos.

Quadro 4.17 Consumos extremos Piscina 2 10/03/2010 a 01/06/2011

Consumo	[m ³ /hora]	Número de ocorrências
Mínimo	0.004	3071
Médio	0.739	-
Máximo	7.396	1

O período de consumos analisado para este caso foi de 11/03/2010 a 02/06/2011. Neste intervalo de tempo verificou-se maior ocorrência de consumos baixos.

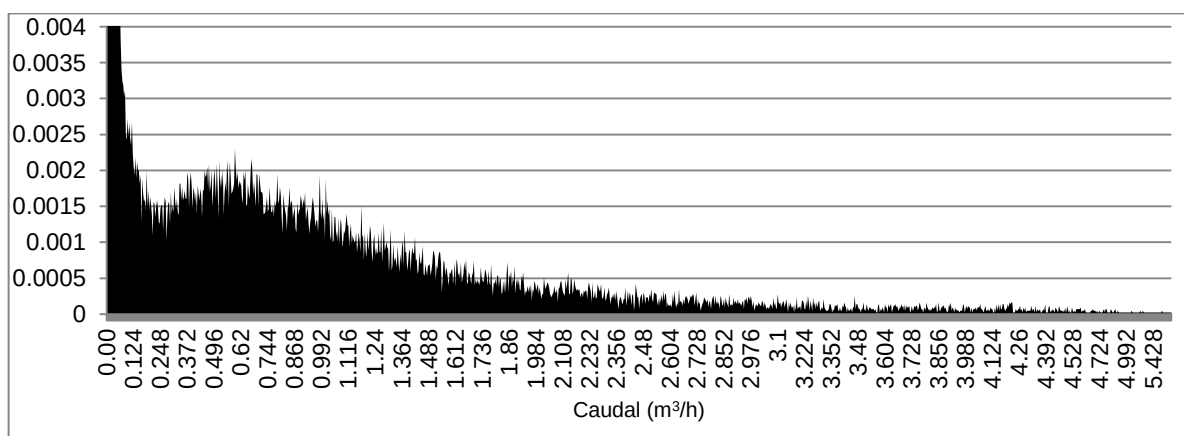


Fig. 4.28 Probabilidade de ocorrência de consumos, Piscina 2, 11/03/2010 a 02/06/2011 [m³/h]

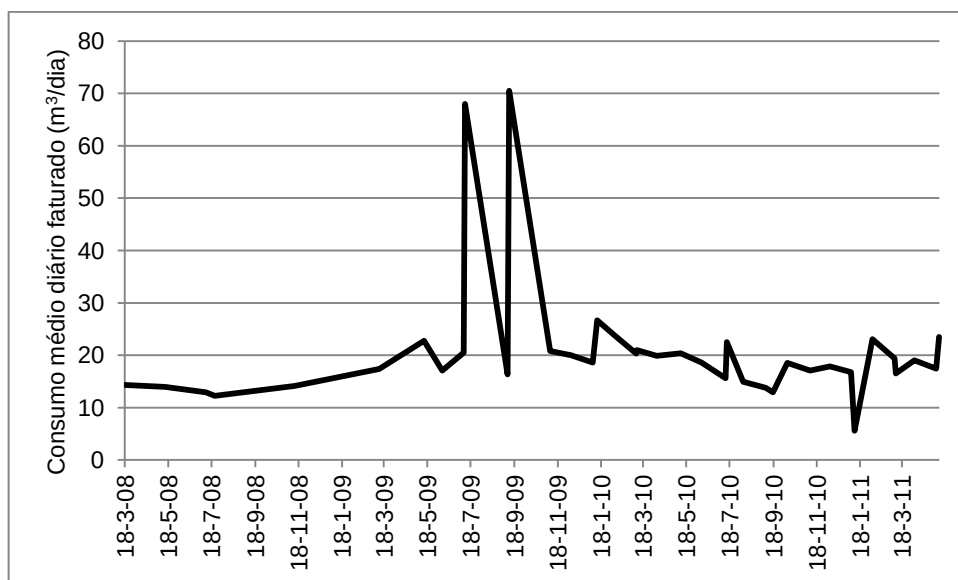


Fig. 4.29 Variações na faturação no período em estudo

As variações na faturação reflectem picos de consumo em meados e finais do ano de 2009, sendo que nos restantes períodos mostram-se constantes.

A Piscina 2 está no momento equipado com um contador Altair de calibre 32 mm. Consultando o quadro das características metrológicas antes apresentado deparamo-nos com um caudal máximo de 12.5 m³/hora e um mínimo de 62.5 litros/hora. Se por sua vez verificarmos os consumos ocorridos percebemos que o calibre do contador pode descer. Numa análise ao catálogo considerou-se que o contador volumétrico Altair V3 25 mm permite um melhor rigor de medição sem por em causa o caudal máximo atingido.

Quadro 4.18 Contador volumétrico Altair V3 25mm

Características metrológicas		
Diâmetro Nominal [DN]	25	[mm]
Caudal nominal	6.3	[m ³ /h]
Caudal de arranque	3	[l/h]
Caudal mínimo	39.4	[l/h]
Caudal de Transição	64	[l/h]
Caudal máximo	7.87	[m ³ /h]

4.3.3. CONCLUSÕES

Se repararmos nos dados apresentados na tabela de calibres do parque de contadores da Águas do Porto, EEM notamos que mais de 4000 clientes possuem contadores de grande calibre, ou seja, igual ou superior a 30 mm. Este exercício foi feito para 5 deles, e em todos os casos o contador se apresentou inadequado ao perfil de consumos. Um importante trabalho no combate às perdas aparentes pode ser levado a cabo através de uma análise semelhante a esta a muitos dos restantes contadores.

Como foi mencionado num dos anteriores capítulos a escolha do medidor mais indicado não se restringe à análise dos caudais máximos e mínimos. Apesar disto, neste estudo admitiu-se ser suficiente por apenas serem feitos ajustes de calibre, sem alterações no tipo de contador.

4.4. TELECONTAGEM NO BAIRRO DE ALDOAR

4.4.1. INTRODUÇÃO

Há uma grande necessidade das entidades gestoras conhecerem as potencialidades da telemetria. Há necessidade ainda de relacionar o custo de implementação do sistema com os benefícios que este pode trazer. Por isto, pretende-se aproveitar a disponibilidade dos sistemas de telecontagem que a Águas do Porto, EEM dispõe, no sentido de explorar as suas potencialidades e fazer uma análise custo-benefício da implementação do sistema.

No sentido de analisar as capacidades dos sistemas de telecontagem apresenta-se uma análise aos dados recolhidos numa das zonas em que a telecontagem foi implementada, em Junho de 2009, o

Bairro de Aldoar. Pretende-se fazer uma análise no sentido de estimar a perdas de água, perceber que percentagem do volume entrado no sistema é consumida e aquela que é perdida. Considera-se do interesse de qualquer entidade gestora saber se o investimento feito num sistema de telemetria domiciliária poderá ter o seu retorno. Deste modo, é feita ainda uma análise ao benefício do sistema de telecontagem instalado no Bairro de Aldoar.

Num primeiro momento considera-se do interesse do estudo fazer um enquadramento geral do bairro. Assim sendo, começa-se por fazer a descrição das características consideradas mais relevantes, no sentido de ajudar a entender determinados consumo que se apresentarão como resultado do estudo.

Foi escolhida esta área da cidade por diversos motivos. O principal é o facto de esta zona, para além de estar equipada com telecontagem, esse incorporar um sistema de comunicação e armazenamento de dados com concentrador. Através deste elemento a Águas do Porto EEM dispõe dos dados com o período de frequência que considera mais conveniente. Neste caso usou-se uma recolha de leituras de 5 em 5 minutos, o que viabilizou um maior detalhe na análise.

Outro dos motivos da escolha da zona foi a grande percentagem dos contadores que dispõem de sistema de telecontagem. Neste bairro a EG conta com sistema de telecontagem em praticamente todos os contadores.

A disponibilidade de um elemento contador totalizador à entrada da zona foi outro dos motivos do estudo do Bairro de Aldoar. Deste modo torna-se possível proceder à comparação dos volumes consumidos com aqueles que foram abastecidos.

Importa ainda referir que os dados referentes à população têm origem em informação disponibilizada pela Domus Social EEM, 2007. Note-se que os dados disponibilizados podem ter algumas discrepâncias para o estado actual do bairro.

A zona dispõe de 3 concentradores que estão estrategicamente colocados para registarem as informações disponibilizadas por todos os contadores.

O período de recolha de informação está compreendido entre os dias 1 e 7 de Junho de 2011, tratando-se assim de consumos referentes a 7 dias.

4.4.2. CARACTERIZAÇÃO DO BAIRRO DE ALDOAR

A denominação de Bairro de Aldoar surgiu, em 1968, na sucessão da designação de Bairro de Manuel Carlos Agrelos, antigo proprietário dos terrenos. Este bairro é localizado entre as ruas de Vila Nova e do Alcaide de Faria e atravessado pela Rua de Pelágio. Situa-se na freguesia de Aldoar, concelho do Porto.



Fig. 4.30 Localização do Bairro de Aldoar na cidade do Porto (livemaps.com, 2008)

Trata-se de um bairro de habitação social composto por 16 blocos de habitação. O objetivo da sua construção foi a criação de alojamento para os habitantes dos bairros de lata de Xangai e da Liberdade existente nas proximidades.



Fig. 4.31. Fotografia aérea do Bairro de Aldoar, delimitação, adaptado (livemaps.com, 2008)

O Bairro de Aldoar é unicamente constituído por edifícios de habitação colectiva, das tipologias T1, T2, T3 e T4. Na tabela que se segue discriminam-se as diferentes tipologias, frações e o número de moradores, segundo registos da Domus Social EEM.

Quadro 4.19 Resumo do total de tipologias e moradores (Pacheco, 2010)

	Bairro	T1	T2	T3	T4
Habitações	351	16	101	140	94
Moradores	1040	24	257	417	342
Mor./Habit.	3.0	1.5	2.5	3.0	3.6

A fim de se entender um pouco melhor todas as particularidades do bairro, designadamente nível socioeconómico dos moradores, dados da Domus Social apresentam-se no quadro que se segue.

Quadro 4.20 Informações 2007

Estado profissional população Bairro Aldoar	
Pop. Empregada	18.2 %
Pop. Não activa	22.1 %
Pop. Reformada ou pensionista	23.3 %
Pop. Estudante	23.5 %
Pop. Com RSI	4.2 %
Pop. Não definida	8.0 %

4.4.3. Sistema de abastecimento no Bairro de Aldoar

Considera-se do interesse do estudo fazer uma integração das particularidades mais relevantes da telecontagem no Bairro de Aldoar. Importa referir características de implementação, tratamento de dados e funcionamento do processo.

Uma das particularidades do estudo é o facto de os consumidores englobados pertencerem a unicamente a uma tipologia de clientes da EG, a doméstica. Além disso note-se em todos os casos são clientes de habitações colectivas. Note-se ainda que na zona em estudo não existem registos de consumos de rega para jardins, bombeiros ou outros do mesmo congénere.

Os pontos de entrega de águas nos edifícios do bairro estão representados na imagem que se segue. Na mesma é ainda apresentada a delimitação do bairro segundo a Águas do Porto EEM.



Fig. 4.32 Delimitação do bairro e pontos de entrega (Águas do Porto EEM)

Outra das informações disponibilizadas pela Águas do Porto relativamente ao sistema de abastecimento é referente aos ramais de distribuição. Estes são exclusivos para cada número de polícia, sendo cada bloco dotado de mais do que um ramal; a rede de abastecimento representada na imagem seguinte evidencia isso mesmo. Repara-se apenas que os ramais representados fazem a ligação com os pontos de entrega representados na figura 4.32.



Fig. 4.33 Conduitas e Ramais no Bairro de Aldoar (Águas do Porto EEM)

Para se tornar viável a totalização dos consumos foi necessário proceder a algumas alterações ao sistema de abastecimento que foi descrito. Houve necessidade de deixar apenas um ponto de entrada de água na rede e instalar aí um contador totalizador. Para isso o abastecimento à conduta dos blocos de Poente foi fechado, através de uma válvula de corte, e passou a dar-se através da conduta da Rua de Pelágio. O abastecimento a essa rua foi também fechado a Sul por uma válvula de corte, passando todo o bairro a ser exclusivamente abastecido pela conduta da Rua de Vila Nova.



No momento da recolocação dos concentradores foi ainda instalado um *datalogger* junto do contador totalizador. Este elemento destina-se ao armazenamento e transmissão das leituras registadas através do contador totalizador.

A figura 4.35 fornece uma indicação dos locais onde estes elementos foram dispostos.



Fig.4.35. Disposição final dos concentradores e totalizador (adaptado Águas do Porto EEM)

4.4.4. SISTEMA DE TELECONTAGEM NO BAIRRO DE ALDOAR

O sistema de telemetria domiciliária instalado no Bairro de Aldoar incorpora um sistema de comunicação unidirecional. É composto pelos componentes normais de um sistema deste congénere; por uma unidade local, elementos concentradores, unidade remota e um sistema de comunicação.

4.4.4.1. Unidade local

Como foi já mencionado, a unidade local do STD do Bairro de Aldoar faz a emissão da informação de 8 em 8 segundos, como aliás em todos os sistemas de telecontagem instalados pela Águas do Porto, EEM.

Os contadores instalados são volumétricos, apresentam um parâmetro R de 160 e estão normalizados segundo a MID. A seguir são apresentadas as principais características técnicas destes contadores da marca Sappel, referencia comercial: Altair V3 DN 15 (Pacheco, 2010).

Quadro 4.21 Contadores Bairro de Aldoar

Caracterização da curva de erro do contador Altair V3 DN 15			
Diâmetro nominal	DN	mm	15
Comprimento	L	mm	110
Caudal nominal	Q3	m ³ /h	2,5
R	Q3/Q1		160
Caudal de arranque		l/h	2
Caudal mínimo	Q1	l/h	15,6
Caudal de transição	Q2	l/h	25,0
Caudal máximo	Q4	m ³ /h	3,12
Caudal máximo previsto		m ³ /h	7

A figura que se segue apresenta a curva de erro dos contadores em que foram implementados.

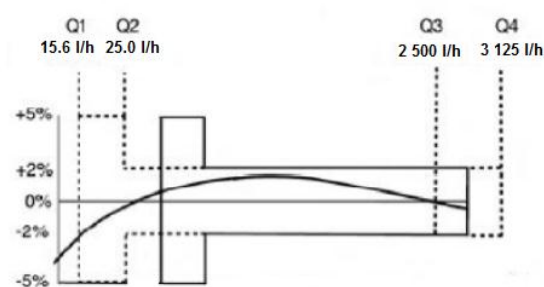


Fig. 4.36 Curva de erros do contador Altair V3 DN 15

Já a imagem 4.37 mostra um dos contadores que foram instalados no bairro, assim como nos restantes consumidores onde foi já implementado o sistema de telecontagem na cidade do Porto.



Fig. 4.37 Fotografia do contador Altair V3 DN 15

Como foi já abordado, faz ainda parte da unidade local um emissor de sinal. Este elemento é acoplado sobre o contador recebendo o sinal destes através de contacto de pulso seco. O sistema de telecontagem implementado conta com emissores de rádio da Sappel, de referência Izar R3.5 868. A frequência de emissão do sinal é de 868,95 MHz e usa o protocolo proprietário Prios. Note-se que, em campo aberto, conseguem-se atingir distâncias de alcance até 500m. A alimentação do sistema é feita por baterias com um tempo de vida útil de 15 anos.

A figura 4.38 ilustra a peça móvel a ser acoplada nos contadores, o emissor de sinal.



Fig. 4.38. Emissor de sinal Izar R3.5 868

Como foi ainda referido acima, foi necessário integrar um contador totalizador equipado com um datalogger na entrada do bairro a fim de poder conhecer os volumes abastecidos. O contador adquirido é velocimétrico tipo monojato, tem DN 100, parâmetro R igual a 630 e certificação MID. Este elemento é também da marca Sappel, com referência comercial Aquila V4 DN 100.

No quadro 4.22 são apresentadas as principais características do modelo (Pacheco, 2010).

Quadro 4.22 Contador totalizador Bairro de Aldoar

Caracterização da curva de erro do contador Altair V3 DN 15			
Diâmetro nominal	DN	mm	100
Caudal nominal	Q3	m ³ /h	100
R	Q3/Q1		315
Caudal de arranque		l/h	40
Caudal mínimo	Q1	l/h	317
Caudal de transição	Q2	l/h	508
Caudal máximo	Q4	m ³ /h	125
Caudal máximo previsto		m ³ /h	250



Fig. 4.39 Contador Aquila V4 DN 100

4.4.4.2. Concentradores e comunicação

A comunicação dos dados para a unidade remota pode dar-se por mais do que um sistema. Com recurso a concentradores ou ainda através do uso de TPL. No início da implementação do projecto, as leituras começaram por ser recolhidas usando esta segunda tecnologia. Apesar dos concentradores já estarem instalados, por se tratar de uma tecnologia nova para a empresa, não foram desde logo usados na recolha dos dados para faturação.

Através dos concentradores a informação é recolhida, armazenada, e enviada num período definido para a unidade remota. Aquando à implementação estes elementos foram programados para fazer uma recolha horária da informação, no entanto, com o objectivo de estudar as potencialidades da

tecnologia, a empresa decidiu fazer uma recolha de dados de 5 em 5 minutos. O estudo apresentado neste trabalho terá esses dados como base.

Os três concentradores adotados são da marca Sappel, modelo Izar Receiver GPRS/LAN. Estes concentradores usam um sistema de comunicação concentrador-unidade remota por GPRS.



Fig 4.40 Concentrador Izar Receiver GPRS/LAN

O terminal portátil de leitura é composto por um receptor de rádio da Sappel, modelo Izar PRT. Este elemento recebe as informações das unidades locais e faz a transmissão no mesmo momento para um computador de mão marca Sappel, modelo Handheld Psion Workabout Pro CE com software Izar R3. A comunicação do receptor dá-se através do protocolo Prios. Este equipamento integra uma bateria com autonomia de 16 horas.

A imagem que se segue ilustra um exemplar do modelo.



Fig. 4.41 Emissor de sinal Izar R3.5 868

Falta apenas esclarecer a metodologia de transição de dados do contador totalizador para a unidade remota. Pois bem, é feita por um datalogger da marca Technolog, modelo Cello 4, que recolhe a informação do totalizador e a transmite por SMS com a frequência programada, e usando o modo de comunicação GSM. Este elemento é alimentado por bateria.



Fig.4.42 Datalogger Cello 4

4.4.4.3. Custos de implementação

Considera-se do interesse do tema fazer uma exposição dos preços unitários de cada um dos mais importantes equipamentos inseridos no projecto. O quadro que se segue expõe isso mesmo.

Quadro 4.23 Custo dos equipamentos

Equipamento	Preço Unitário	Quant.	Custo
Contador Altair V3 R160 DN 15	20,40 €	361	7.364,40 €
Emissor Izar CP R3.5 (868,95MHz)	38,50 €	361	13.898,50 €
Altair Receveir GPRS/LANN	1.030,00 €	3	3.090,00 €
Totalizador Aquila V4 DN100	560,00 €	1	560,00 €
DataLogger Cello 4	960,00 €	1	960,00 €
Total			25.872,90 €

Aos equipamentos do sistema associa-se assim um custo aproximado de 26.000 €, sem considerar custos de implementação.

4.4.5. RECOLHA DA INFORMAÇÃO

O processo de recolha de informação passa por uma sequência de procedimentos que ainda não está muito agilizada. Por se tratar de uma metodologia de recolha de dados recente, através de concentradores, a informação é disponibilizada sem nenhum tratamento, tendo de seguida que ser trabalhada. Neste momento os dados ainda são recolhidos periodicamente por TPL, encontrando-se os concentradores em fase experimental.

Os dados de cada concentrador são disponibilizados em formato txt. Deve aglomerar-se toda a informação de seguida numa base de dados, que poderá ser em formato mdb, como foi feito neste estudo. Para isso, foram usadas as potencialidades das ferramentas de criação de aplicações do programa Microsoft Visual Basic.

Com a elaboração de rotinas foram corrigidas algumas incoerências de que os dados originais disponham, de modo a obter informações que melhor caracterizassem os consumos a estudar. Foi necessário desenvolver uma aplicação que acesse à base de dados e realizasse as seguintes acções:

- Confrontar as informações dos contadores existentes na base de dados com aqueles que a empresa tem registados como sendo do Bairro de Aldoar, e seleccionar apenas os que interessam para o estudo.
- Retirar da base de dados colunas de informações adicionais que os contadores facultam, mas que neste estudo não serão consideradas, como a emissão de alertas.
- Eliminar leituras que surjam simultaneamente em mais do que um concentrador.
- Estimar os consumos de cada contador em períodos que não haja informação.

Este último ponto foi executado de forma a poder obter-se uma informação mais homogênea do consumo a cada momento da zona, e assim poder proceder à comparação com o volume total indicado pelo datalogger.

Para estimar os consumos a aplicação procede à análise da informação de cada período de 5 minutos. Se existe informação da leitura de todos os contadores num determinado momento, a aplicação passa para o instante seguinte. Senão, para cada contador sem leituras, verifica na base de dados a última leitura disponível e a próxima, e divide a diferença pelos instantes em que há ausência de dados. Para seja possível saber se, num determinado momento, um contador tem dados reais ou estimados, foi acrescentada uma coluna que guarda essa informação.

Findado este procedimento os dados podem ser exportado para formato xlsx para proceder à análise que se pretende.

Como foi acima mencionado, neste estudo, os consumos a cada momento foram comparados com os volumes totais da zona indicados pelo datalogger. Este fornece a informação sobre o caudal médio a cada 5 minutos.

4.4.6. ANÁLISE DOS CONSUMOS

A fim de entender, distinguir e estimar os volumes de perdas reais e aparentes, como é objectivo deste estudo, procedeu-se à análise de um período de 7 dias, entre 1 e 7 de Junho, em que se dispôs de leituras de 5 em 5 minutos. Deste modo foi possível expor uma informação precisa das dissimilaridades entre os volumes consumidos e os totalizados à entrada da zona.

O bairro é composto por 361 contadores com telecontagem, sendo que não foi possível dispor de leituras de todos eles durante todo o período de estudo. Assim, dos dias 1 a 7 de Junho a afluência de contadores varia entre 99 e 100%.

Nos itens que se segue são confrontados, de forma gráfica, os consumos totalizados com os que foram consumidos. Apresenta-se ainda a diferença entre estes dois últimos que, como se sabe, dá uma indicação do volume de água não facturada.

4.4.6.1. Consumos diários

Primeiramente faz-se uma análise às variações dos consumos ao longo do dia. Nas figuras que se apresentam de seguida podem-se apreciar as diferenças entre o caudal entrado no sistema, linha superior no gráfico bordô, e o caudal totalizado pelos contadores, na linha intermédia, azul. A última linha, inferior a verde, representa a diferença entre as duas anteriores, e indica a água não facturada.

Nos gráficos das imagens seguintes o eixo das ordenadas regista o volume de água em m^3 .

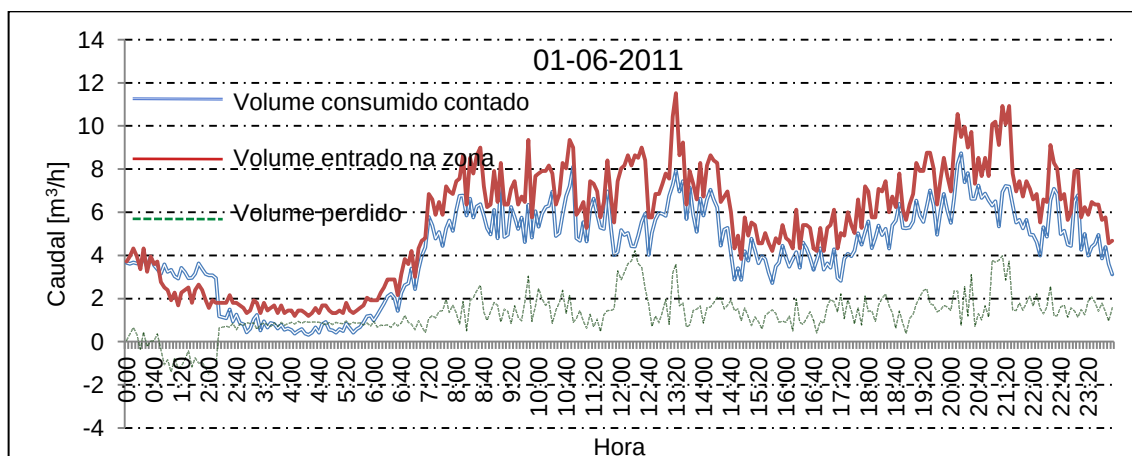


Fig. 4.43 Volumes consumidos, contados e não facturados, quarta-feira dia 1 de Junho

No primeiro dia do estudo pode repara-se que os resultados começam por apontar para um volume de água perdida negativa. Naturalmente isso não é possível. Se for consultado o anexo B, onde se expõem as percentagens de contadores estimados e de leituras reais, nota-se que neste dia, até às 2:20, apenas se dispõe de 35% dos contadores com leituras reais. Essa amostragem garante uma baixa fiabilidade dos dados.

Os gráficos do anexo B mostram ainda a percentagem de contadores, dos 361 do bairro, envolvida no estudo.

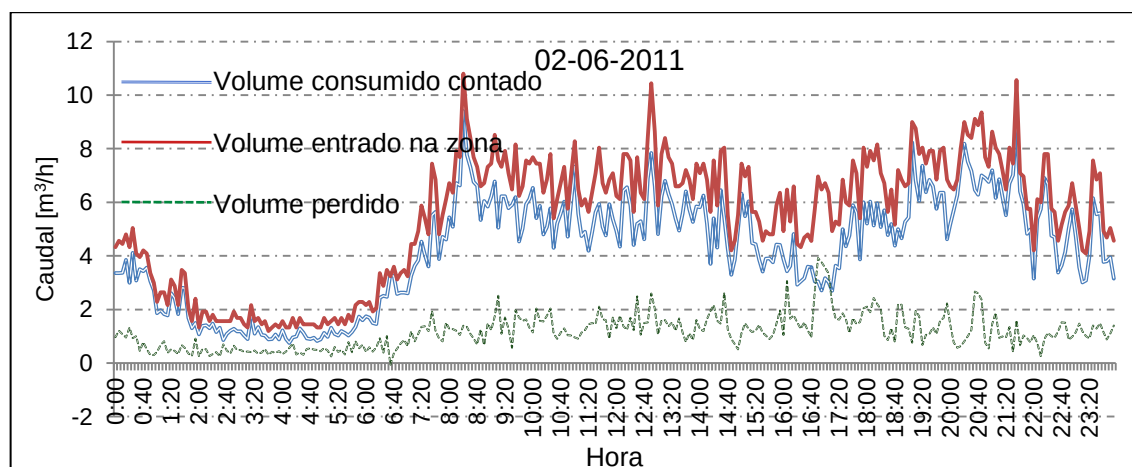


Fig. 4.44 Volumes consumidos, contados e não facturados, quinta-feira dia 02 de Junho

Na quinta-feira em estudo pode-se contar com caudais de água não faturada significativos e um pouco inconstantes. Tal como nos dias anteriores verifica-se uma tendência ao aumento deste caudal de água nos períodos de maior consumo.

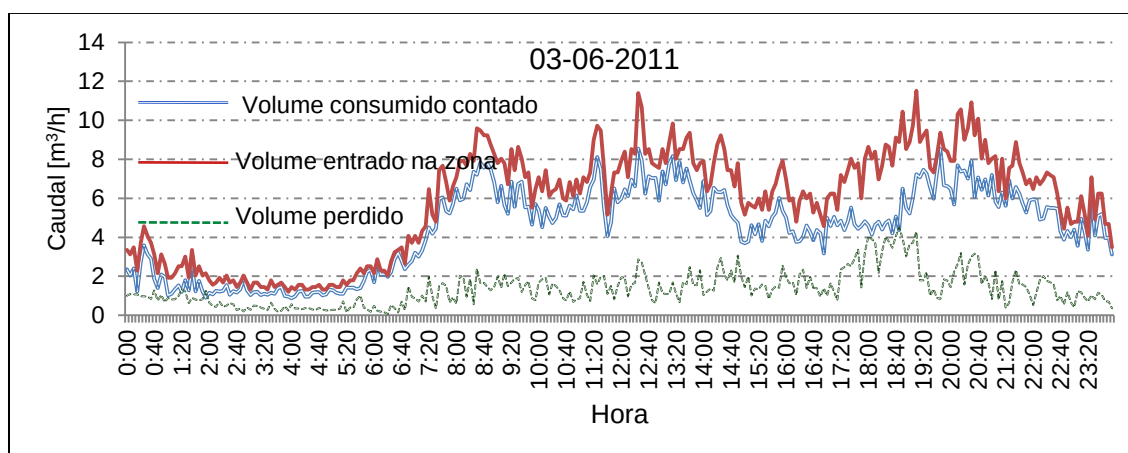


Fig. 4.45 Volumes consumidos, contados e não faturados, sexta-feira dia 3 de Junho

No terceiro dia do mês de Junho a linha que representa o caudal de água não faturado adopta uma forma que se orienta segundo o caudal de água consumido. Nos momentos de menor consumo aproxima-se de zero, nas horas de maior afluência à rede, também representa maiores volumes.

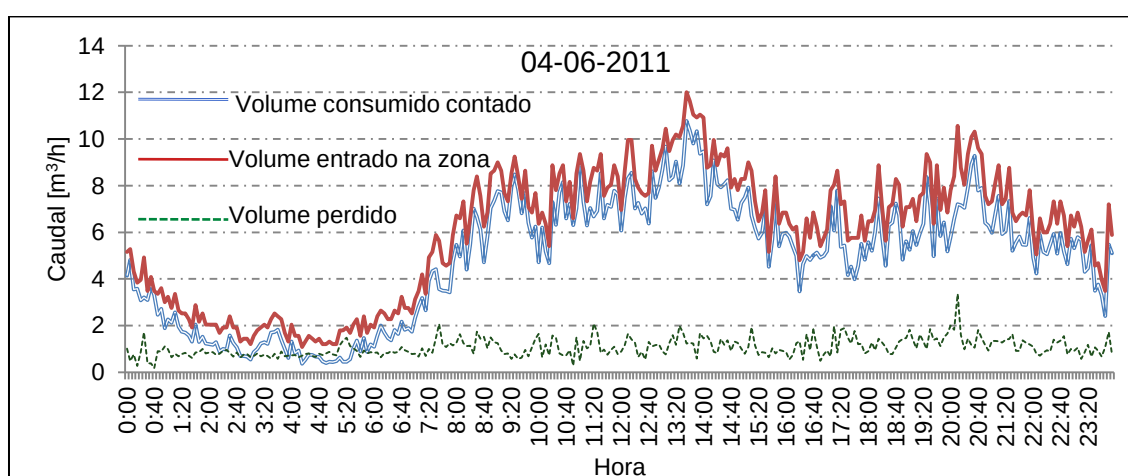


Fig. 4.46 Volumes consumidos, contados e não faturados, sábado dia 4 de Junho

No sábado da semana em estudo é exibido um caudal de água não faturado praticamente constante. No entanto notam-se maiores variações nas horas em que o caudal consumido é superior.

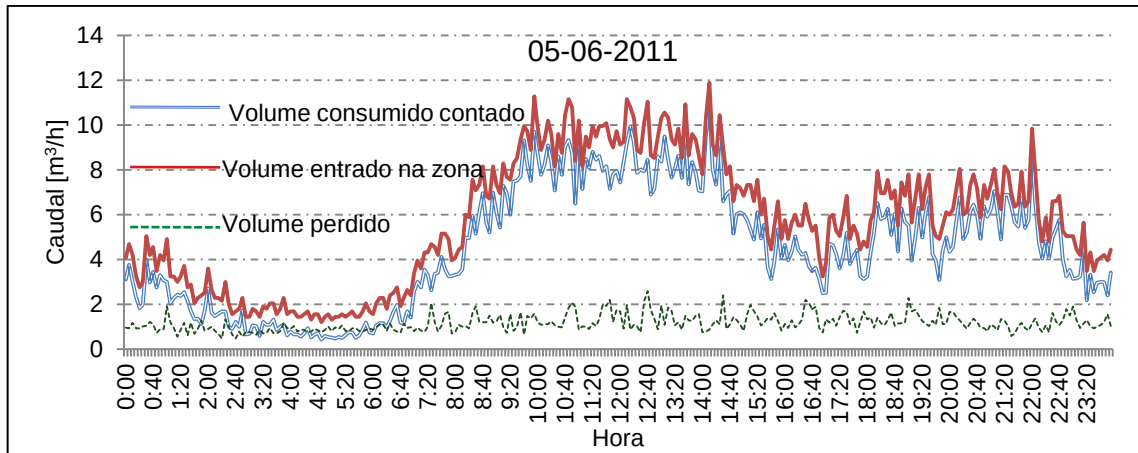


Fig. 4.47 Volumes consumidos, contados e não faturados, Domingo dia 5 de Junho

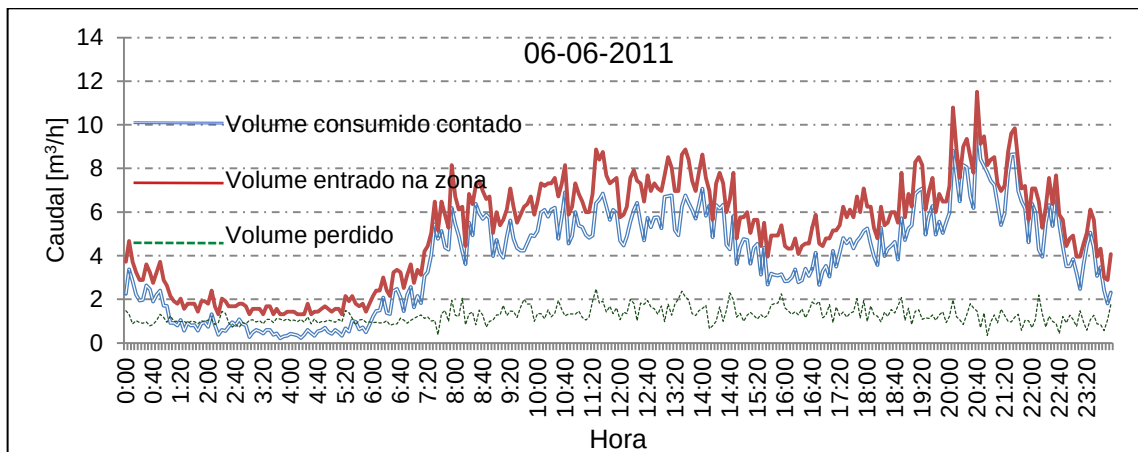


Fig. 4.48 Volumes consumidos, contados e não faturados, segunda-feira dia 6 de Junho

Também nestes dois últimos dias os caudais de água perdida mantêm-se mais constante nos períodos de maior consumo, pelo que se considera sofrer maiores influências das perdas reais. Nos restantes momentos do dia as perdas aparentes fazem-se sentir pela maior oscilação da linha de perdas.

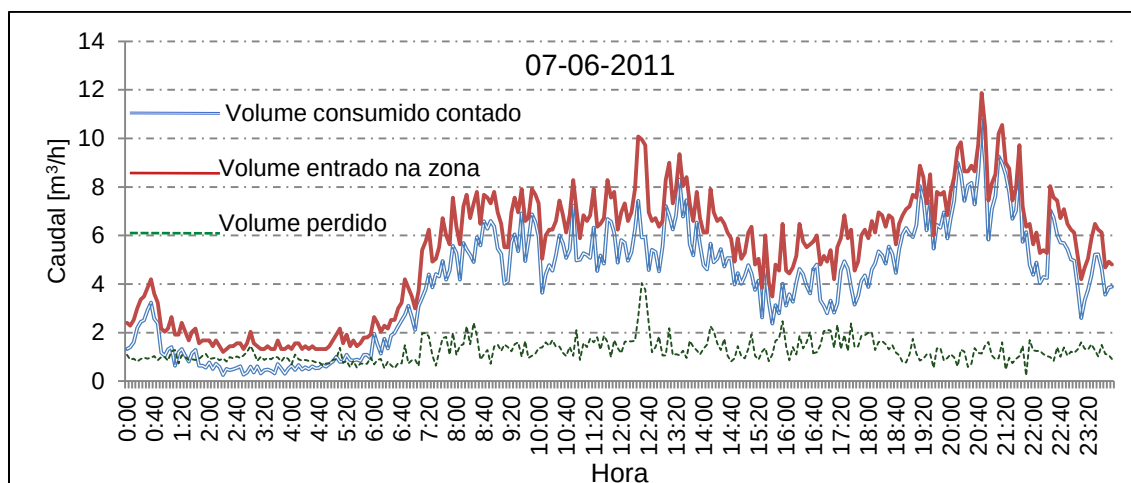


Fig. 4.49 Volumes consumidos, contados e não facturados, terça-feira dia 7 de Junho

Por último, a terça-feira não apresenta grandes diferenças relativamente às observações proferidas para os dias anteriores.

A fim de entender melhor o tipo de consumos e de água não facturada ao longo desta semana, foi feita uma outra análise noutra ótica, confrontando os dados semanalmente.

4.4.6.2. Análise semanal

Desta vez foram somados os consumos semanais, ficando assim com o total consumido no mesmo momento do dia de toda a semana. Assim tornam-se mais evidentes as formas das variações da diferença de volumes durante o dia.

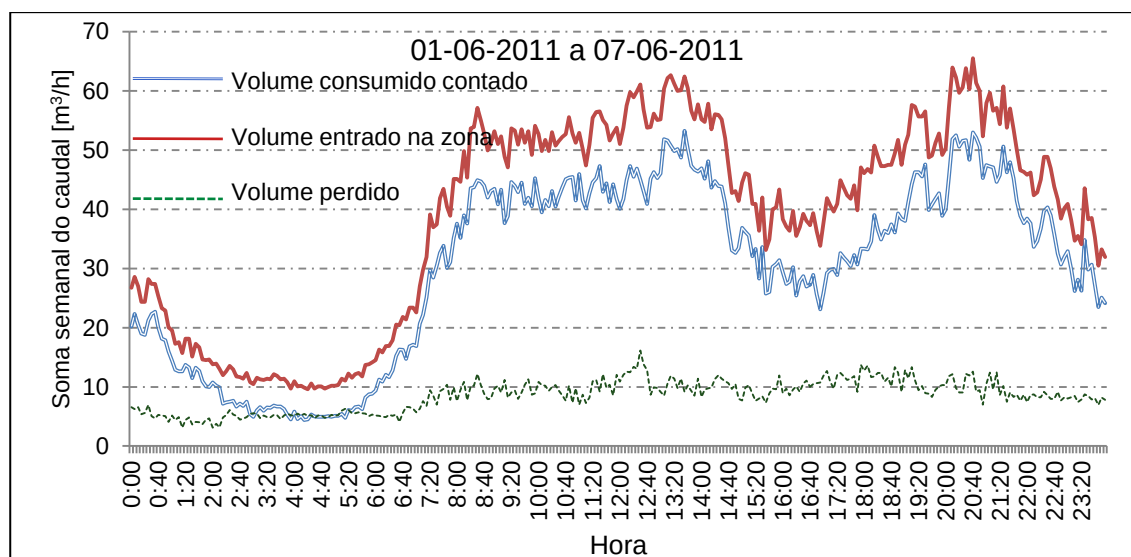


Fig. 4.50 Soma semanal dos consumos a cada 5 minutos [m³]

Na figura 4.51 está aquilo que se poderia designar como uma simplificação gráfica dos resultados que foram analisados até ao momento. A soma dos consumos a cada hora da semana em estudo. Aqui é clara a percepção da influencia das horas de maior uso no aumento da água não facturada, e, naturalmente, do volume de perdas.

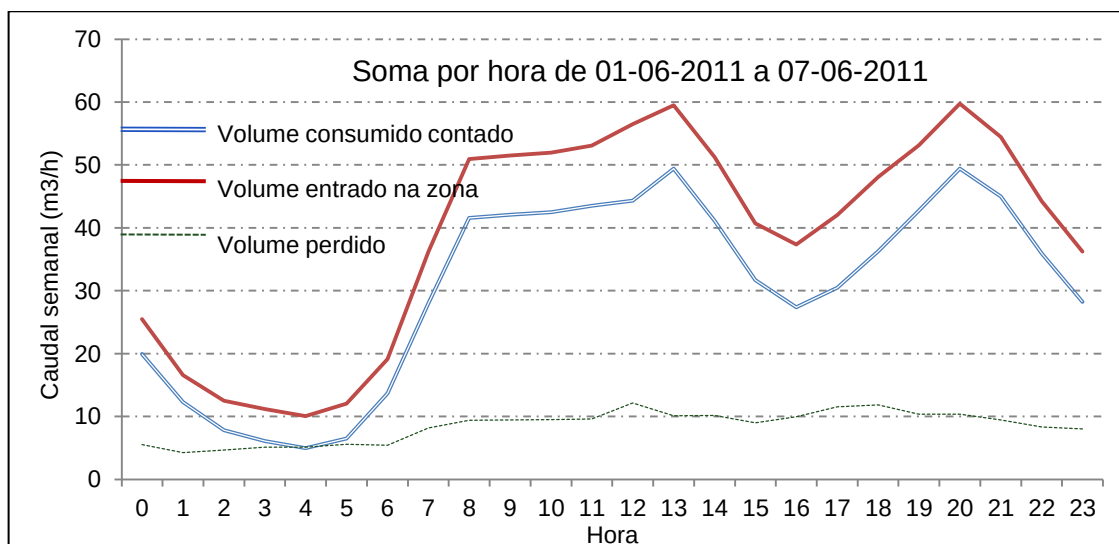


Fig. 4.51 Soma semanal dos consumos a cada hora

4.4.7. ANÁLISE DE ÁGUA NÃO FATURADA

Como foi já referido no presente trabalho, a água entrada num sistema de abastecimento subdivide-se em consumo autorizado e em perdas de água. O consumo autorizado totaliza o consumo autorizado faturado e o consumo autorizado não faturado. Este último, em conjunto com as perdas de água compõe o volume total de água não faturada.

O consumo autorizado não faturado é uma componente que poucas vezes é medida. Estes volumes de água destinam-se geralmente a uso público, como rega de jardins, limpeza de ruas, uso pelos bombeiros, entre outros.

Os gráficos apresentados no subcapítulo apresentam a diferença entre a água entrada no sistema e água medida pelos contadores, água faturada. Por isso, a linha inferior compõe a soma do consumo autorizado não faturado com as perdas de água.

Como se pretende entender a dimensão das perdas de água, e fazer de seguida uma distinção entre perdas reais e aparentes, é necessário fazer a subtracção do consumo autorizado não faturado. Para ter uma noção mais adequada da dimensão deste parâmetro tomou-se um balanço hídrico feito pela Águas do Porto, EEM, para a zona em que se situa o Bairro de Aldoar.

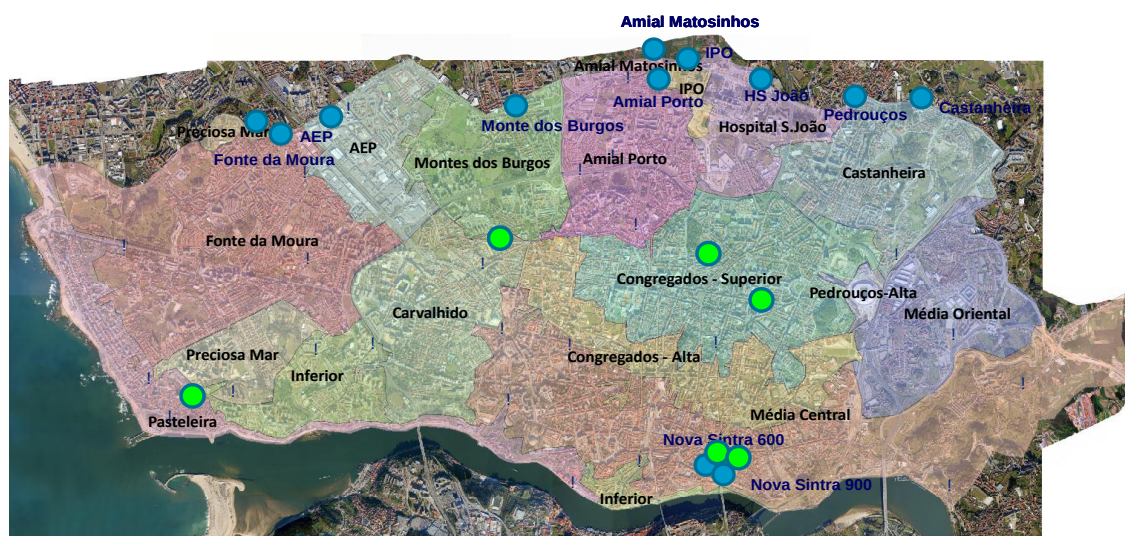


Fig. 4.52 Zonas de medição e controlo com a localização dos pontos de monitorização e controlo (●), pontos de entrega (●) e reservatórios (●) (Águas do Porto, 2010)

Foi então adotado o balanço hídrico da zona de medição e controlo de Fonte da Moura e Preciosa para fazer uma estimativa do consumo de água autorizado não facturado.

Água entrada no sistema	Consumo autorizado	Consumo autorizado facturado
(A3)	(A14)	(A10)
3 289 039	2 461 327	2 459 227
100.00%	74.83%	74.77%
		Consumo autorizado não facturado (A13)
		2 100
		0.06%
	Perdas de água (A15)	Perdas aparentes (A18)
	827 712	133 544
	25.17%	4.06%
		Perdas reais (A19)
		694 168
		21.11%
		(WR1)
		(ineficiência na utilização dos recursos hídricos)

Fig. 4.53 Águas do Porto - Balanço Hídrico Zona Fonte da Moura e Preciosa de 1 Jul 2008 a 30 Jun 2009 (m3) (Águas do Porto, 2009)

Assim, admita-se que 0.06% da água entrada no sistema se destina ao consumo autorizado não faturado, não constituindo necessariamente perdas.

Este estudo foi feito com os dados resultantes da soma semanal dos consumos a cada 5 minutos. Considerou-se ser uma boa opção pelo facto de representar de um modo geral todos os instantes da semana e menosprezar as irregularidades de dados presentes em alguns momentos de determinados dias.

Sendo o volume de água perdida o sobranço do anterior referido, pretende-se distinguir perdas reais de perdas aparentes. Para isso, seguiu-se o seguinte raciocínio: durante os períodos de menor consumo sabe-se que, nos 361 clientes, é bastante provável que praticamente não exista consumo não autorizado. Então nesses períodos foram consideradas perdas aparentes nulas. Assim, o volume de água não faturado é a soma das perdas reais com o consumo autorizado não medido. Como as perdas reais dependem dos orifícios de saída e da pressão na rede, que se considerou constante ao longo dos dias, o caudal de perdas reais assumiu-se como constante durante o dia. Deste modo, o restante volume de água resulta de perdas aparentes.

Tomou-se como valor de perdas reais o volume mínimo de água perdida durante o dia, porque é o momento em que, se houver perdas aparentes, serão mínimas.

Ora atente-se para a representação gráfica semanal da variação dos volumes de perdas e consumo autorizado não faturado.

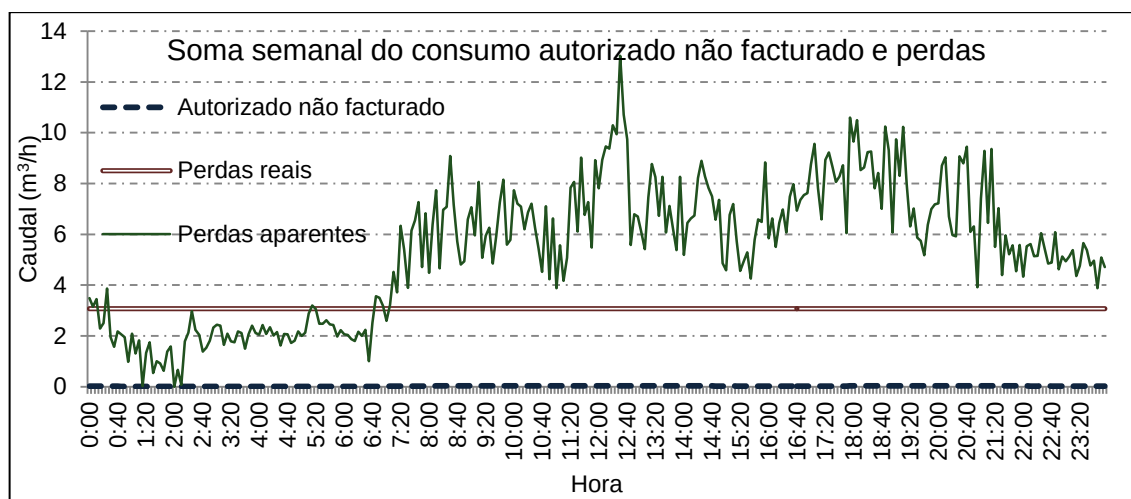


Fig. 4.54 Volumes semanais de consumo não autorizado, perdas reais e aparentes no Bairro de Aldoar, dias 1 a 7 de Junho [m^3]

Represente-se agora, de forma mais pormenorizada, o consumo autorizado não faturado que foi considerado.

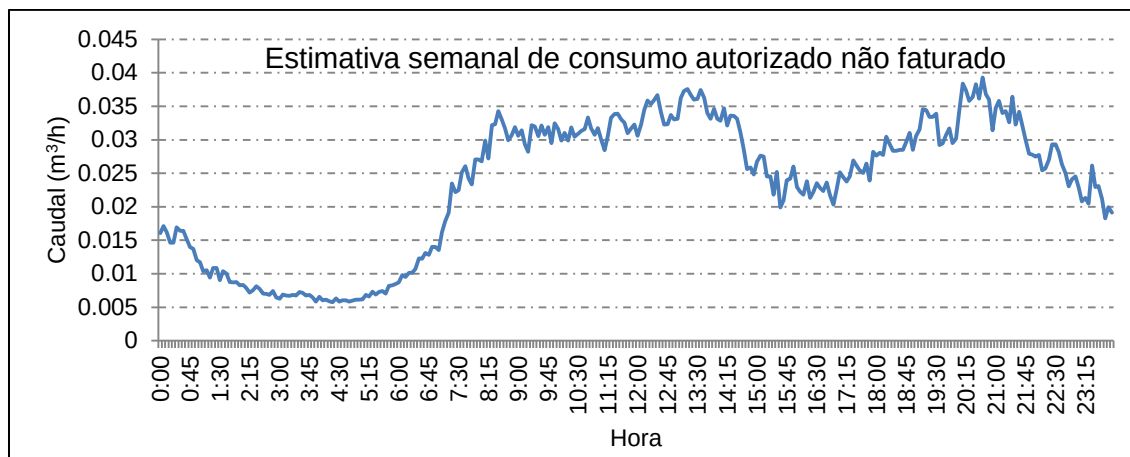


Fig. 4.55 Volumes totais semanais de consumo não autorizado no Bairro de Aldoar, dias 1 a 07 de Junho [m³]

Na imagem seguinte mostram-se as variações percentuais, nos caudais entrados na zona, das perdas reais e aparentes durante a semana em estudo.

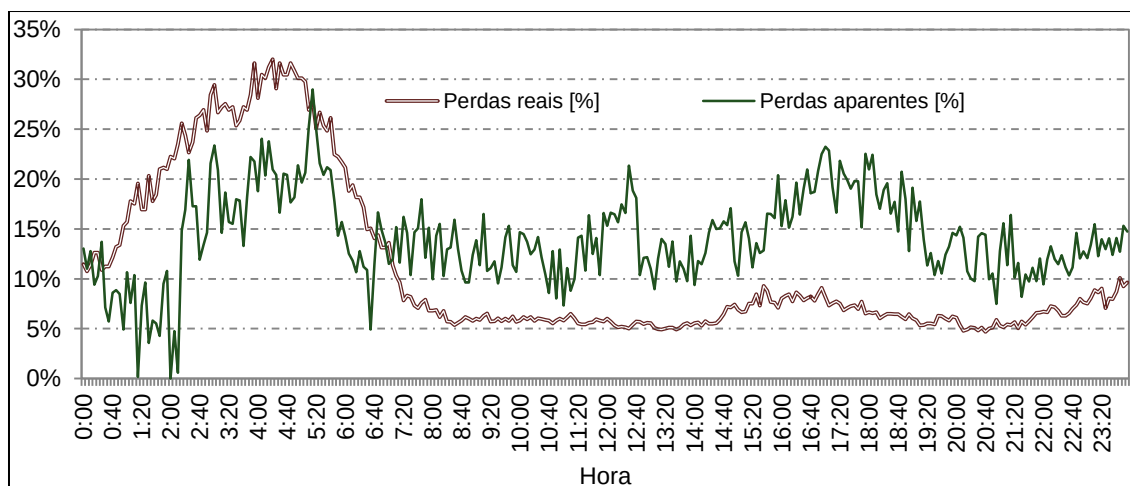


Fig. 4.56 Variações percentuais das perdas reais e aparentes no Bairro de Aldoar, dias 1 a 7 de Junho

4.4.8. BALANÇO HÍDRICO BAIRRO DE ALDOAR

Mediante os resultados obtidos neste estudo já é possível dispor de informações suficientes para elaborar um balanço hídrico do Bairro de Aldoar durante a semana em estudo. Não se pretende fazer um balanço pormenorizado, ou seja, detalhando a que tipo de perdas aparentes nem reais se deve tais volumes, como se a fugas em condutas ou ramais, mas sim entender a dimensão do problema da água não faturada.

Água entrada no sistema (A3) 934 100.00%	Consumo autorizado (A14) 731 78.32%	Consumo autorizado faturado (A10) 731 78.26%
		Consumo autorizado não faturado(A13) 1 0.06%
	Perdas de água (A15) 203 21.68%	Perdas aparentes (A18) 129 13.79%
		Perdas reais (A19) 74 7.89%

Fig. 4.57 Balanço hídrico do bairro de Aldoar de 1 a 7 de Junho de 2011 [m³]

O balanço apresentado revela um volume de água perdida de 22%. As perdas aparentes apresentam-se bastante elevadas comparativamente com o balanço hídrico da Zona Fonte da Moura e Preciosa disponível. Também as perdas reais variam significativamente, apresentando percentagens bastante inferiores às que seriam esperadas no sistema de abastecimento da zona.

4.4.9. ANÁLISE ÀS PERDAS APARENTES

Mediante os resultados obtidos no item anterior, 129 m³/semana de perdas aparentes, pretende-se fazer uma análise no sentido de perceber em que medida é que a telecontagem pode facilitar a recuperação deste volume de perdas. Para isso, analisar-se-ão os dados recolhidos ao longo da semana e respectivos alertas transmitidos pelas unidades locais. Examinam-se ainda possíveis erros de medição, quer dos contadores, quer do contador totalizador à entrada da zona.

Mesmo antes de se passar para a análise de possíveis situações de consumos não autorizados, foi feita uma pesquisa sobre a zona no sentido de identificar consumos que não estejam a ser contabilizados, mas que não constituem perdas aparentes. Dessa observação notou-se:

- 10 clientes do bairro sem telemetria, cujos consumos não estavam a ser considerados. Consumo médio semanal no ano de 2010 foi de 0,927 m³/semana/consumidor (9.27m³/semana).

Assim, na análise que se segue serão considerados 371 consumidores, e não apenas os 361 com telecontagem.

4.4.9.1. Consumo não autorizado

Como antes visto, uma das principais causas das perdas aparentes é o consumo não autorizado. Para combater este tipo de consumo o sistema de telemetria instalado no Bairro de Aldoar emite alertas de contador bloqueado, inversão de escoamento, fraude magnética e fraude mecânica. No sentido de perceber a razão de tais perdas aparentes, analisaram-se os dados recolhidos e obtiveram-se os seguintes resultados:

- Alerta de contador bloqueado: 5 contadores
- Alerta de inversão de escoamento: 0 contadores
- Alerta de fraude mecânica: 2 contadores
- Alerta de fraude magnética: 0 contadores

Além deste alertas, que possivelmente indicam situações de consumo não autorizado, procedeu-se ainda a uma outra análise. Com base nos dados adquiridos através da Domus Social, EEM, foi comparado o padrão de consumo médio semanal em cada contador o padrão de consumo médio da zona, tendo em conta o número de habitantes em cada caso.

Note-se que os alertas emitidos pela telecontagem nem sempre são suficientes para detetar situações de irregularidade de consumo. Por exemplo, se em consumidor faz um *bypass* ao contador mas continua a passar uma percentagem de água por este, não é emitido qualquer alerta.

Entre os mais variados padrões de encontrados, vejamos alguns dos mais curiosos.

- Exemplo de contador bloqueado. Habitação com registo de 4 moradores

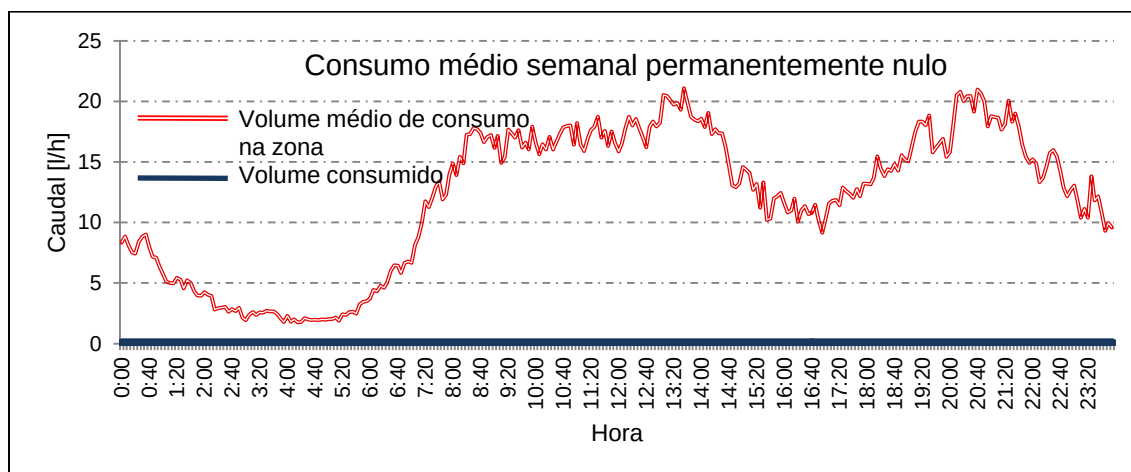


Fig. 4.58 Exemplo de contador com consumo médio semanal nulo, dias 1 a 7 de Junho

- Exemplo de contador com registo significativamente abaixo do padrão médio. Habitação com registo de 1 morador

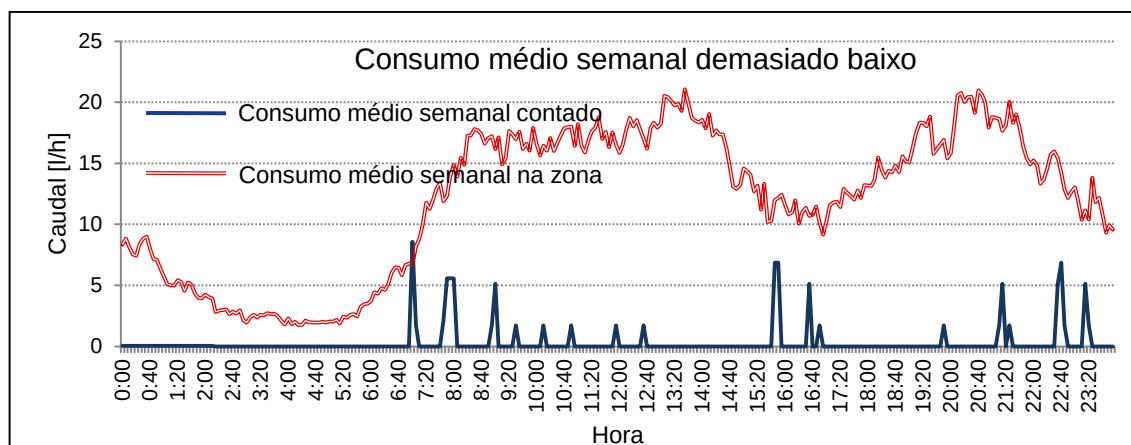


Fig. 4.59 Exemplo de contador com consumo médio semanal significativamente baixo, dias 1 a 7 de Junho

Nas condições dos dois últimos casos foram encontrados os seguintes padrões de consumo:

- Contadores com consumo permanentemente nulo: 35
- Contadores com consumo significativamente abaixo do esperado para o número de habitantes respectivos: 25

Segundo os números referidos, estime-se os consumos registados em tais contadores, no caso de funcionarem em condições normais.

$$\text{Consumo médio por contador} = \frac{\text{Consumo total}}{\text{Número de contadores}} \quad (4.1)$$

$$\text{Consumo médio por contador} = \frac{731 \text{ m}^3/\text{semana}}{(371 - 35)} \cong 2.18 \text{ m}^3/\text{semana}$$

Ora se se considerar que os clientes com consumo nulo seguem um padrão médio de consumo, justificam-se os seguintes volumes não facturados:

$$35 \text{ consumidores} \times 2.18 \frac{\text{m}^3}{\text{semana}} = 76.3 \text{ m}^3/\text{semana}$$

Ora esse valor corresponde a cerca de 59 % das perdas aparentes.

Analisando agora os 25 contadores com consumos abaixo do esperado. Nesses casos o consumo é de 22% daquele que se verifica num cliente médio. Ora acrescentando os restantes 78 %, obtém-se o seguinte volume semanal:

$$0.22 \times 25 \text{ consumidores} \times \frac{2.18 \text{ m}^3}{\text{semana}} = 42.51 \text{ m}^3/\text{semana}$$

Este volume poderá corresponder a cerca de 33 % das perdas aparentes. Juntamente com valor antes obtido justificam-se 92% das perdas aparentes, restando desse modo apenas 8%.

Falta analisar um outro aspecto que pode ser responsável por parte significativa das perdas aparentes, os erros de medição.

4.4.9.2. Erros de medição

Os erros de medição são um dos mais importantes elementos que constituem as perdas aparentes. Por isso, considera-se do interesse do estudo fazer uma análise à fiabilidade das leituras no sentido de explicar a significativa percentagem de perdas aparentes antes obtida.

Lembre-se que a zona em estudo dispõe de contadores Altair V3 DN 15, cujas características metrológicas foram já anteriormente expostas. Comparando então a curva de erro do contador com as leituras nos períodos de 5 minutos, constata-se que 5.4 % das leituras são registadas em regimes abaixo do caudal mínimo ($Q_{\min}=15.6 \text{ l/h} = 1.3 \text{ l/5min}$), ou seja, com grande variabilidade de erro de medição. Nesta percentagem conta-se apenas com situações em que há certeza de que o caudal foi inferior ao mínimo, isto é, leituras reais consecutivas que registam diferenças de 1 litro. Apesar disso sabe-se que, muitos caudais inferiores ao mínimo não foram sequer registados. Existem outros igualmente baixos, decorrentes de leituras estimadas resultantes do procedimento informático que foi executado. Apesar disso, um número ainda significativos de leituras com grande possibilidade de erro são registadas, como se apresenta no gráfico da imagem que se segue.

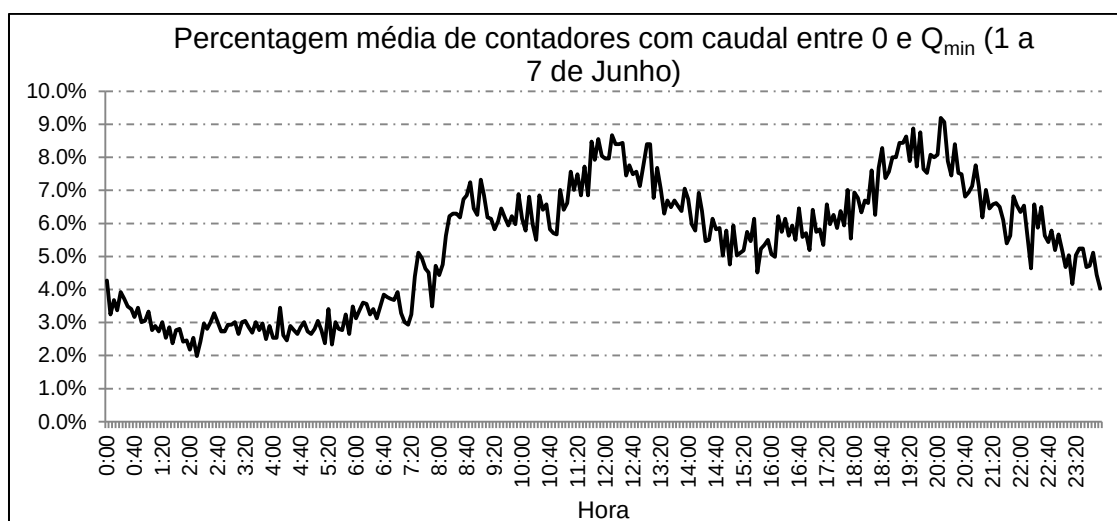


Fig. 4.60 Percentagens médias de contadores com caudais demasiado baixos, dias 1 a 7 de Junho

Como os registos dos consumos foram comparados com os do contador totalizador à entrada da zona, confrontaram-se ainda os caudais registados com os característicos deste contador. Relembre-se que à entrada da zona se encontra um contador Aquila V4 DN 100, cujas características se mencionaram no quadro 4.22.

Os caudais registados encontram-se entre os seguintes valores:

$$Q_{\min}=1,08 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{\max}=12,00 \text{ m}^3/\text{hora}$$

Isto significa que todos os caudais se encontram entre o caudal de transição e o caudal máximo. Nesta gama de medições pode esperar-se um erro máximo de leitura de +/-2%

Os erros de medição relativos aos contadores são mais preocupantes que aqueles que se podem verificar para o elemento totalizador, até porque apenas os primeiros correspondem efectivamente a perdas aparentes.

4.4.9.3. Benefício da telecontagem no Bairro de Aldoar

No sentido de perceber o possível benefício que a entidade gestora poderá tirar da instalação de um sistema de telemetria domiciliária no Bairro de Aldoar, apresenta-se neste item uma comparação entre o custo de implementação, antes calculado, e o volume de água recuperável.

Se for recordado o quadro dos quatro componentes das perdas aparentes, pág.24, nota-se que existe uma percentagem de perdas inevitáveis. No cálculo a seguir descrito considerou-se os 8% das perdas aparentes como constituintes dos volumes inevitáveis.

Para comparar com o valor de investimento consultou-se o preço de venda €/m³ no bairro em questão.

Quadro 4.24 Estimativa das perdas aparentes recuperáveis, dias 1 a 7 de Junho

Perdas aparentes recuperáveis actualmente	
Custo de implementação	25 872,90 €
Tarifa água	1.1147 €/m ³
Perdas recuperáveis	92% * (129 - 9,27) m ³ /semana
Total semanal	110,15 m ³ /semana
Valor recuperável	122,78 €/semana
Valor anual	6385 €

Apesar do sistema de telecontagem estar já implementado há dois anos, e os alertas de irregularidades nos consumos terem vindo a ser constantemente combatidos, há ainda uma melhoria que pode ser feita, sendo possível atingir-se os 6385 €/ano recuperados.

Para ser feita uma correcta comparação dos custos de implementação vs benefícios teria que se considerar o valor das perdas aparentes no momento da instalação dos equipamentos, Junho de 2009, mas como não se dispõe de dados precisos para essa data, fique-se apenas com uma impressão do benefício que este sistema ainda pode trazer atualmente.

4.4.10. CONCLUSÕES

Repare-se que, no Bairro de Aldoar o estudo aponta para um volume semanal de 129 m³/semana de água não faturada devido a perdas aparentes, onde cerca de 9 m³/semana poderão não constituir necessariamente perdas.

Com a plena exploração das potencialidades dos sistemas de telecontagem, é possível saber-se, a cada momento, as irregularidades existentes nos consumos. Assim, um combate minucioso às perdas aparentes torna-se facilitado com esta tecnologia, o que permite evitar a perda de elevados volumes de água. Se olharmos para o volume de água perdida num ano, seguindo a tendência desta semana, apenas neste bairro ultrapassar-se-ão os 6200 m³ de água em perdas aparentes. Isto acontece nesta zona que possui sistemas de telecontagem e, embora já possua concentradores, a recolha dos dados e emissão de alertas é feita mensalmente. Apesar de esta zona ter um histórico de maior número de fraudes e consumo não autorizado, reflita-se o que pode acontecer noutros lugares da cidade que não possuem sistemas de telemetria e não é emitido qualquer alerta, nem conhecidos os padrões de consumo.

Outro aspeto que importa analisar está relacionado com as perdas reais. Pode concluir-se que nesta zona o volume de perdas físicas é bastante inferior à tendência da zona de medição e controlo em que o bairro se insere.

Apesar das observações acima proferidas importa realçar algumas particularidades que o estudo não pode deixar de levar em conta. As características da rede de distribuição, assim como as necessidades dos consumidores não são as mesmas para toda a zona de medição e controlo nem muito menos para toda a cidade, então as percentagens de água perdida não se podem esperar semelhantes àsquelas que foram aqui obtidas. Deste modo não é possível fazer-se uma estimativa do volume de perdas em outras zonas partindo desta análise.

Importa ainda lembrar que o balanço hídrico disponível para a Zona Fonte da Moura e Preciosa não é do mesmo período, pelo que se optou por adoptar a mesma percentagem de consumo autorizado não faturado, este que também foi estimado pela Águas do Porto, EEM, e que obviamente pode alterar-se ligeiramente.

Sabe-se ainda que as perdas aparentes não são exclusivamente fruto dos consumos não autorizados. Embora possa ser o componente mais importante, os erros de medição também podem estar presentes na análise elaborada. Note-se que os volumes consumidos foram comparados com os dados de um contador totalizador à entrada do bairro. Este terá certamente um erro de medição incorporado que não foi considerado. Os erros de medição associados aos contadores, como se viu, podem ser bastante significativos, induzindo o estudo em erro. Essas incertezas poderão traduzir-se em significativas variações nos valores finais das perdas. Por exemplo: uma hora de baixo consumo, onde há maior probabilidade de erros de medição, poderá fazer com que se considere um valor de perdas reais que não descreve a realidade. Isso provocaria um aumento ou decréscimo das perdas aparentes no cálculo. Além disto, o facto de nem sempre poderem ser considerados todos os contadores do bairro, pode ter contribuído para um ligeiro acréscimo do valor de cálculo das perdas de água.

5

CONCLUSÕES FINAIS

5.1. CONCLUSÕES

As perdas aparentes constituem uma parcela importante da água não facturada. Algumas entidades gestoras chegam a menosprezar estes volumes de água mas, em determinados pontos das redes de distribuição, eles ultrapassam consideravelmente aqueles que se estimam para as perdas reais.

As três situações estudadas nesta dissertação abrangeram aqueles que podem ser considerados os dois mais importantes pilares das perdas aparentes, o consumo não autorizado e os erros de medição. Daqui pode fixar-se um caminho para o combate de perdas aparentes.

Nas análises realizadas aos contadores, primeiro de um modo geral e de seguida mais particularizado, entendeu-se que os grandes consumidores necessitam de estudos periódicos aos seus consumos de modo a ir ajustando o medidor aos seus inconstantes padrões de necessidades. Para isso, será de ponderar a colocação de dataloggers nos respectivos contadores, visto que, por vezes as leituras não fornecem dados suficientes para distinguir picos ou variações bruscas de consumo.

Os consumidores que dispõem de menores volumes de água, e que compõem uma maior percentagem geral de clientes, precisam de maiores rigores de medição, mas nem por isso menor monitorização. A telecontagem surge aqui como solução no combate ao consumo não autorizado e a erros humanos, e que preenche a problemática da monitorização geral pela entidade gestora dos diferentes tipos de consumidores.

Apesar disto, como se sabe, a telemetria não se restringe ao combate a irregularidades pelos consumidores. A emissão de alertas em fugas domiciliárias, consumos excessivos, a exploração de diferentes tarifas horárias de consumo, são só alguns dos exemplos acima citados de que o consumidor passará a disfrutar. Apesar de todos estes proveitos, a maior parte das entidades limita-se a beneficiar dos investimentos da telecontagem exclusivamente na facturação. Conclui-se assim que há um longo caminho a percorrer, não apenas em implementar sistemas de telecontagem mas também em explorar verdadeiramente as suas potencialidades.

Além do combate às perdas aparentes, a telecontagem mostra-se também um apoio incondicional às perdas reais. É imprescindível a uma entidade gestora conhecer a percentagem de perdas reais que a sua rede apresenta. Para isso uma monitorização dos volumes consumidos através da telecontagem revela-se essencial para que sejam obtidos resultados fiáveis.

No âmbito da telecontagem vão surgindo também outras problemáticas que têm que ser contornadas. Neste estudo constatou-se que o elevado volume de informação que esta tecnologia disponibiliza gera necessidades adicionais de software e armazenamento de dados.

5.2. RECOMENDAÇÕES PARA ESTUDOS FUTUROS

No decorrer dos estudos da pesquisa efectuada e estudos aqui apresentados foram diversas as várias as questões que a bibliografia deixou por responder ou que, no âmbito do tema abordado seria interessante estudar.

Entre outros assuntos, pretende-se agora realçar os mais importantes como uma sugestão para estudos que possam vir a ser desenvolvidos futuramente, destaque-se:

- Estudo dos mais indicados parâmetros a considerar para a análise do momento ideal de substituição de um contador.
- Medidas de minimização de erros humanos e informáticos.
- O estudo de uma frequência ideal de recolha de dados de telemetria, a fim de rentabilizar as suas potencialidades ao melhor nível.
- Exploração do benefício da implementação da telecontagem a toda a rede de abastecimento da cidade do Porto, com base nas zonas piloto já existentes.
- Estudo dos efeitos do golpe de ariete num contador de água de baixo consumo.

BIBLIOGRAFIA

- AdP, ÁGUAS DE PORTUGAL (2002). *Elementos de base para dimensionamento de infra-estruturas*. Documentação técnica interna, Sistemas multimunicipais, Janeiro 2002, Lisboa
- Águas do Porto, EEM (2011). www.aguasdoporto.pt. 11 de 05 de 2011. http://www.aguasdoporto.pt/publico/fs.asp?flash=nao&File=m1_destaquas/10_destaquas.asp.
- Águas do Porto, EEM (2009), *Relatório & contas 2009*. Águas do Porto, EEM, Porto
- Alegre, H.; Coelho, T.; Almeida, M.; Vieira, P. (2005). *Controlo de perdas de água em sistemas públicos de adução e distribuição*. LNEC IRAR INAG, Lisboa
- Alves, C.; Costa, A; Gomes, J.; Peixoto, J.; Leite, S. (1999) *Micromedição*. Programa nacional de combate ao desperdício de água. Documentos técnicos de apoio, Presidência da República, Brasília
- Arregui, F.; Cabrera, E.; Cobacho, R.; García-Serra, J. (2006a) *Reducing Apparent Losses Caused By Meters Inaccuracies*. - IWA Publishing, London, UK.
- Arregui, F.; Cabrera, E; Cobacho, R; García, J. (2005). *key Factors affecting water meter accuracy*. LEAKAGE, Halifax, Canada.
- Arregui, F., Cabrera E., Cobacho R..(2006b) *Integrated Water Meter Management*. IWA Publishing, London.
- Colarejo, J.(2011). *Contadores de Água - Características Gerais*. Associação Portuguesa de Distribuição e Drenagem de Águas, Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos.
- Dias, C. (2008). *Telecontagem para o segmento doméstico e de pequenas empresas*. - Porto. Electrodomésticosforum.com. 15 de Abril de 2011. http://www.elektrodomesticosforum.com/cursos/eletricidade_eletronica/automacao/AutomacaoIII.pdf.
- EnerMeter (2011). 03 de Maio de 2011. http://www.enermeter.pt/index.php?option=com_content&task=blogcategory&id=38&Itemid=50.
- Estevan, P. (2005). *Aportaciones a la gestión de los sistemas de medición de caudal en redes de distribución de agua a presión*. Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Valencia. - Valencia.
- Fantozzi, M.; Criminisi, A.; Fontanazza, C.; Freni, G.; Lambert, A. (2008). *Investigations into under-registration of customer meters in Palermo (Italy) and the effect of introducing Unmeasured Flow Reducers*. Palermo.
- Farley, M.; Wyeth, G.; Ghazali, Z.; Istandar, A.; Singh, S. (2008). *A Guide to Understanding Water Losses*. The Manager's Non-Revenue Water Handbook. - United States : Niels van Dijk, Vivian Raksakulthai, Elizabeth Kirkwood.
- Ferréol, E.(2005). *How to Measure and Reduce the Water Meter Park Inefficiency?*. Leakage 2005, Conference Proceedings. IWA Leakage Conference, September 2005.

Henriques J., Palma J., Ribeiro Á. (2006). *Medição de caudal em sistemas de abastecimento de água e de saneamento de águas residuais urbanas*. Série Guias Técnicos, Instituto Regulador de Águas e Resíduos, Laboratório Nacional de Engenharia Civil - Vol. Versão preliminar, Lisboa

janz.pt., 2011. - 15 de Abril de 2011.,
http://www.cgf.janz.pt/portal/index.php?option=com_content&task=view&id=29&Itemid=62&lang=portuguese.

Janz.pt. Contagem e Gestão de Fluídos S.A., 2011.
<http://www.cgf.janz.pt/portal/images/stories/pdf/horus.pdf>., 03 de 05 de 2011, www.cgf.janz.pt.

Jesus, G., Polisel, K. (2000). *Redução de perdas na micromedição através de dispositivo obstrutor metálico*. 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Vols. ABES – Trabalho Técnicos, João Pessoa

Júnior, J.(2009). *A telemedição aplicada como ferramenta de monitoramento e gestão de grandes clientes*. I Encontro das Águas - 13 a 15 de Maio de 2009 - Campo Grande - MS, Campo Grande.

Lédo, P. (1999). *Combate ao roubo de água - uma experiência no sistema de Guanambi*. 20º Congresso Brasileiro de engenharia sanitária e ambiental, BA, Rio de Janeiro.

livemaps.com. Microsoft Corporation, 2008. 19 de Maio de 2011., <http://www.livemaps.com.br/>.

Loureiro, D., Álvares A.(2007), Coelho S. *Aplicação de sistemas de telemetria domiciliária em sistemas de distribuição de água*. Modelação de Sistemas de Abastecimento de Água, I Conferencia INSSAA, Barcelos.

Mak, S., Radford, D. (1995). *Design Considerations for Implementation of Large Scale Automatic Meter Reading Systems*. Distribution Control Systems, Transactions on Power Delivery, Vol. 10, Hazelwood.

Medeiros, N.; Loureiro, D.; Mugeiro, J.; Coelho, S.; Branco, L. (2007) *Concepção, instalação e exploração de sistemas de telemetria domiciliária para apoio à gestão técnica de sistemas de distribuição de água*. Modelação de Sistemas de Abastecimento de Água, Vol. I, Conferência INSSAA, Barcelos.

Oliveira, J. (2008). *Contadores de telemetria nas casas de Braga até 2011*. Diário do Minho. Braga.

ORACLE (2009). *Smart Metering for Water Utilities*. Oracle Corporation. Redwood.

Pacheco, J. (2010). *Perdas em Sistemas de Abastecimento de água. Uma nova abordagem com base na telemedição de consumos domésticos*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Pereira, L. (2007). *Avaliação da submedição de água em edificações residenciais unifamiliares: o caso das unidades de interesse social localizadas em Campinas*. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas

Pimenta, B. (2007). *Sistemas Inteligentes de Telecontagem*. Dissertação de Mestrado, Instituto Superior Técnico.

Pinheiro, L. (2008). *Análise sócio-demográfica para a caracterização de consumos domésticos em sistemas de distribuição de água*. UNIVERSIDADE TÉCNICA DE LISBOA INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO. Lisboa.

Pilcher, R.; Dizdar, A.; Toprak, S.; Angelis, E.; Koc, A.; Dilsiz, C.; Angelis, K.; Dikbas, F.; Firat, M.; Bacanlı, U., (2008). *The Basic Water Loss Book*, ProWat, European Commission - Vol. I, Ankara, Turkey.

Resende, E. (2008). *Sistema de Telecontagem para Sistema de Distribuição de Água*. Dissertação de Mestrado, Universidade de Aveiro.

Rizzo, A.; Vermersch, M.; Stephen, J.; Micallef, G.; Riolo, S; Pace, R. (2007). *Apparent Water Loss Control: The Way Forward*. - Edition of Water 21.

Rizzo, A. (s/data). *Apparent Water Loss Control*. The IWA Water Loss Task Force. IWA - Water21.

Sanchez, J.(1997). *Dimensionamento de hidrômetros e análise de traço*. 19º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental.

Silva, B., Monteiro, C., Torres, C., Shinzato, E., Mokarzel, F., Guiboshi, M., Pellegrini, T. (2003). *Controle de perdas de água em sistemas de distribuição*, Água em ambiente urbano, pp.5. Universidade de São Paulo. São Paulo

Taborda, C. (1999). *Melhorar a qualidade de medição*. Lisboa. EPAL

Tamarkin, T. (1992). Public Power. *Automatic Meter Reading*. Sacramento, California. President & CEO of USCL Corporation. Volume 50

Yaniv, S. (s/data a). *Reduction of Apparent Losses Using the UFR (Unmeasured-Flow Reducer) – Case Studies*. Israel

Yaniv, S. (s/data b). *Unmeasured-flow reducer*. Flow control accessories. Kfar-Charuv, Israel.
Disponível em: www.arivalves.com

ANEXOS

ANEXO A Catálogos usados na seleção dos contadores

ANEXO B Contadores que integraram o estudo da telecontagem

ANEXO A – Catálogos usados na seleção dos contadores

Neste anexo são exibidos fragmentos dos catálogos usados na seleção dos contadores do estudo de caso. Trata-se de catálogos da marca SAPPEL, do tipo volumétrico e woltman.

ALTAIR V3

CONTADOR DE ÁGUA VOLUMÉTRICO

DADOS METROLÓGICOS

Diâmetro Nominal	DN	mm	15	20	20	25	32	40
Comprimento*	L	mm	165	165	190	260	260	300
Caudal Nominal	Q_3	m ³ /h	2.5	2.5	4	6.3	10	16
R*	Q_3/Q_1		160	160	160	160	160	160
Caudal de arranque		l/h	2	2	2	3	3	3
Caudal min. construtor		l/h	5	5	5	20	40	40
Caudal mínimo	Q_1	l/h	15.6	15.6	25	39.4	62.5	100
Caudal de transição	Q_2	l/h	25.0	25.0	40	64	100	160
Caudal máximo	Q_4	m ³ /h	3.12	3.12	5	7.87	12.5	20
Caudal Max. construtor		m ³ /h	7	7	7	10	20	20

* Outros valores a pedido

Fig. A.1 Dados metrológicos de contadores volumétricos estudados

ALTAIR V3

CONTADOR DE ÁGUA VOLUMÉTRICO

CURVA DE EXACTIDÃO

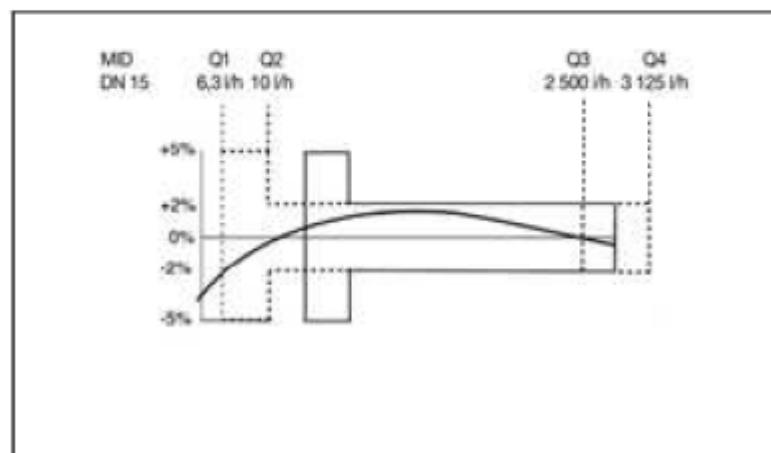


Fig. A.2 Curva de precisão característica dos contadores volumétricos estudados

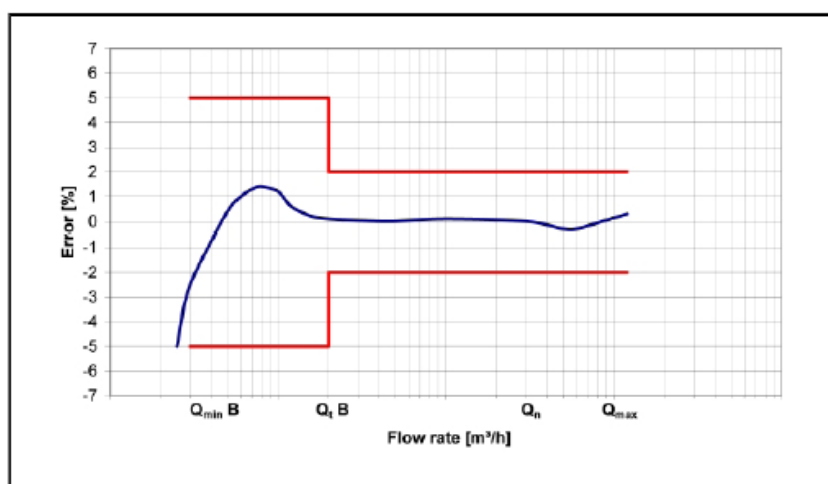
TECHNICAL DATA

Nominal diameter	DN	mm	50	65	80	100	125	150
Nominal flow rate (DIN ISO 4064)	Q_n	m ³ /h	15	25	40	60	100	150
Permissible continuous load (HY)	Q_n	m ³ /h	30	50	120	230	250	250
Maximum flow rate (short-term)	Q_{max}	m ³ /h	90	120	200	300	350	350
Transition flow rate horizontal	Q_t	m ³ /h	1	1.2	0.8	1.8	2	4
Transition flow rate vertical	Q_t	m ³ /h	1.8	2	0.8	1.8	2	4
Minimum flow rate horizontal	Q_{min}	m ³ /h	0.35	0.45	0.5	0.6	0.6	1.8
Minimum flow rate vertical	Q_{min}	m ³ /h	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6	1.8
Starting flow rate		l/h	90	130	160	190	190	1500
Flow rate at 0.1 bar pressure loss		m ³ /h	35	63	115	115	105	310
Nominal pressure	PN	bar	16	16	10 / 16	16	16	16

Nominal diameter	DN	mm	200	250	300	400	500
Nominal flow rate (DIN ISO 4064)	Q_n	m ³ /h	250	400	600	1000	1500
Permissible continuous load (HY)	Q_n	m ³ /h	325	600	700	1250	2000
Maximum flow rate (short-term)	Q_{max}	m ³ /h	650	1200	1500	2800	4200
Transition flow rate horizontal	Q_t	m ³ /h	6	20	50	50	80
Transition flow rate vertical	Q_t	m ³ /h	6	-	-	-	-
Minimum flow rate horizontal	Q_{min}	m ³ /h	4	12	18	30	45
Minimum flow rate vertical	Q_{min}	m ³ /h	4	-	-	-	-
Starting flow rate		l/h	2500	5000	10000	15000	20000
Flow rate at 0.1 bar pressure loss		m ³ /h	550	800	1250	3000	6000
Nominal pressure	PN	bar	16	10 / 16	10 / 16	10 / 16	10 / 16

Fig. A.3 Dados metrológicos de contadores woltman estudados

TYPICAL ERROR GRAPH



Typical error graph

Fig. A.4 Curva de precisão característica dos contadores woltman estudados

ANEXO B – Contadores que integraram o estudo da telecontagem

Apresenta-se nos gráficos das imagens que se seguem as percentagens de contadores que estiveram disponíveis para análise nos dias em que o estudo foi efectuado, num total de 361. Na linha superior, azul-escuro, expressa-se o número de contadores presente a cada momento na amostra. A linha vermelha representa o número de leituras reais, sendo as restantes percentagem proveniente de estimativas.

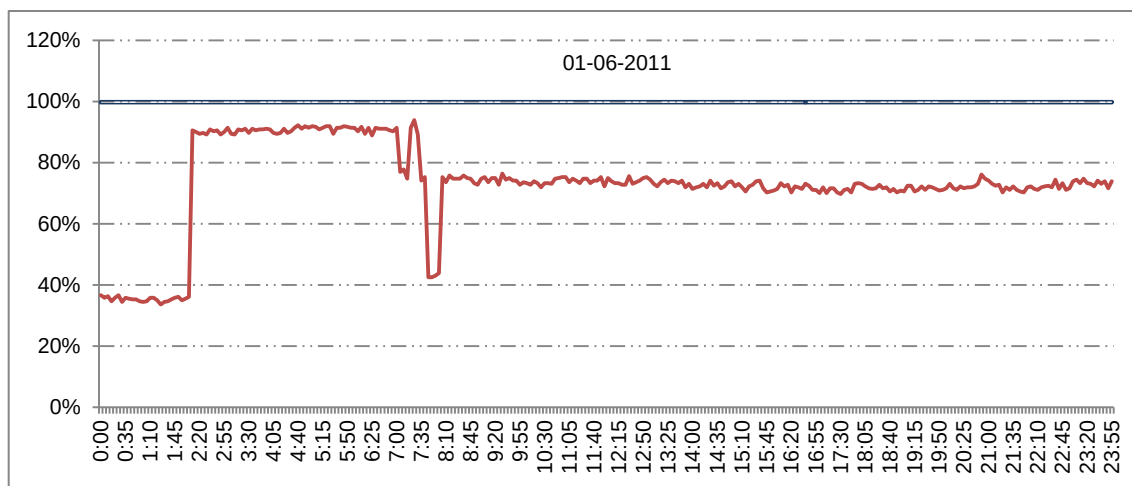


Fig. B.1 Percentagens de contadores considerados e de leituras reais no cálculo de perdas, quarta-feira 1 de Junho

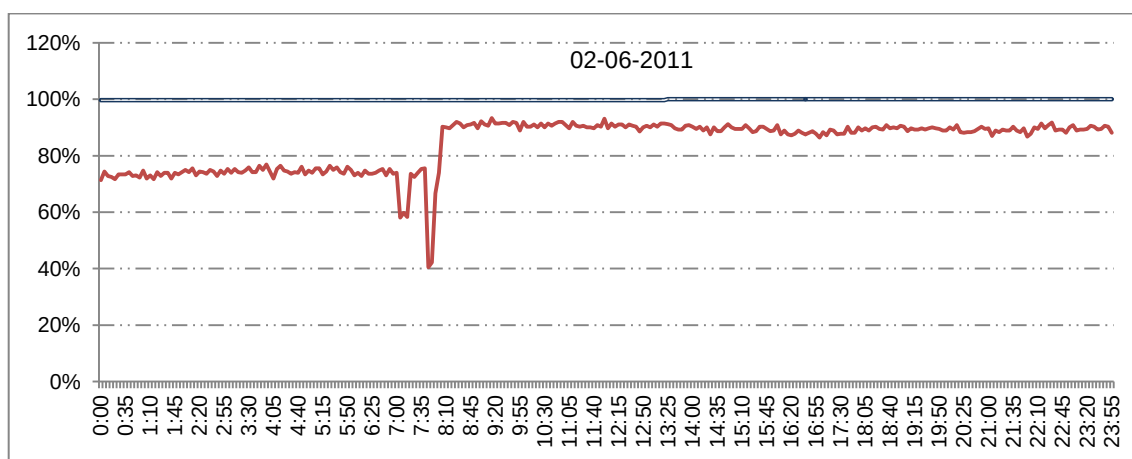


Fig. B.2 Percentagens de contadores considerados e de leituras reais no cálculo de perdas, quinta-feira 2 de Junho

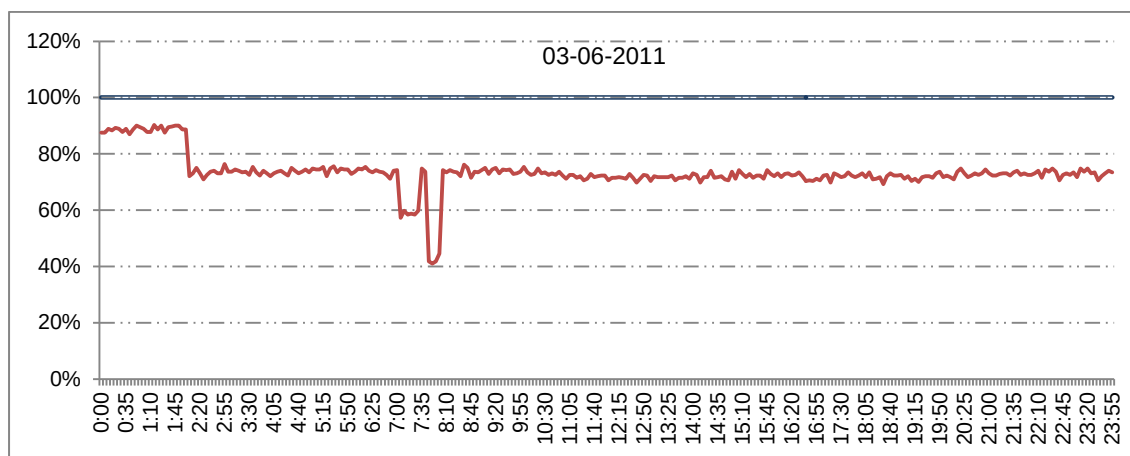


Fig. B.3 Percentagens de contadores considerados e de leituras reais no cálculo de perdas, sexta-feira 3 de Junho

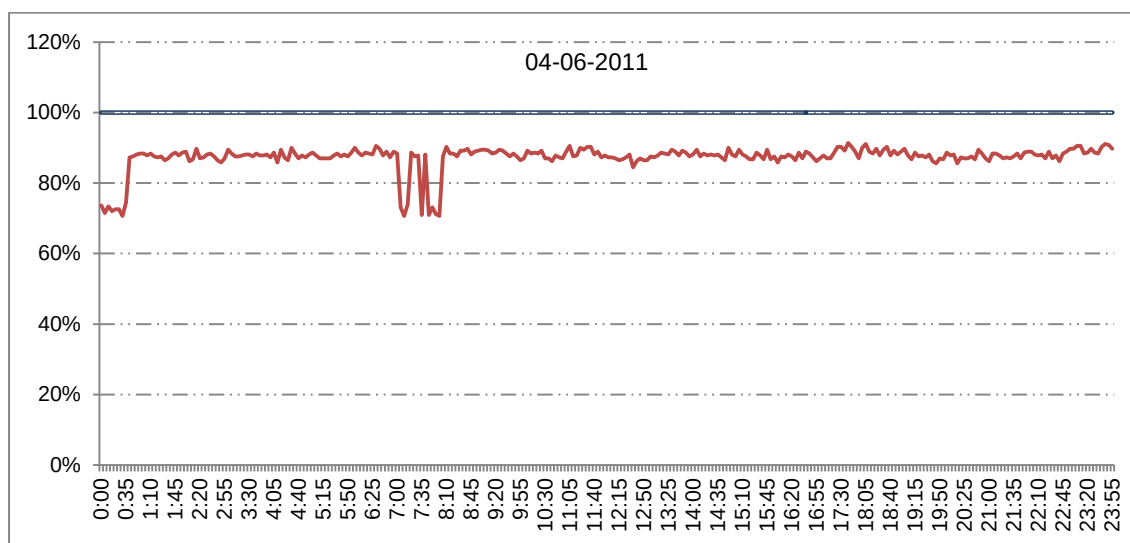


Fig. B.4 Percentagens de contadores considerados e de leituras reais no cálculo de perdas, sábado 4 de Junho

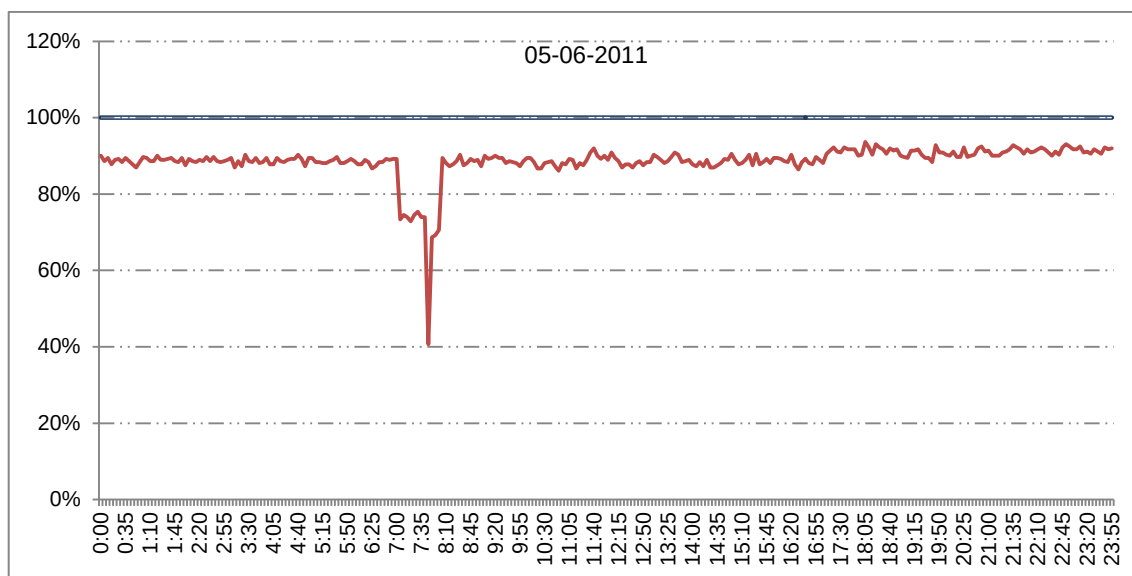


Fig. B.5 Percentagens de contadores considerados e de leituras reais no cálculo de perdas, domingo 5 de Junho

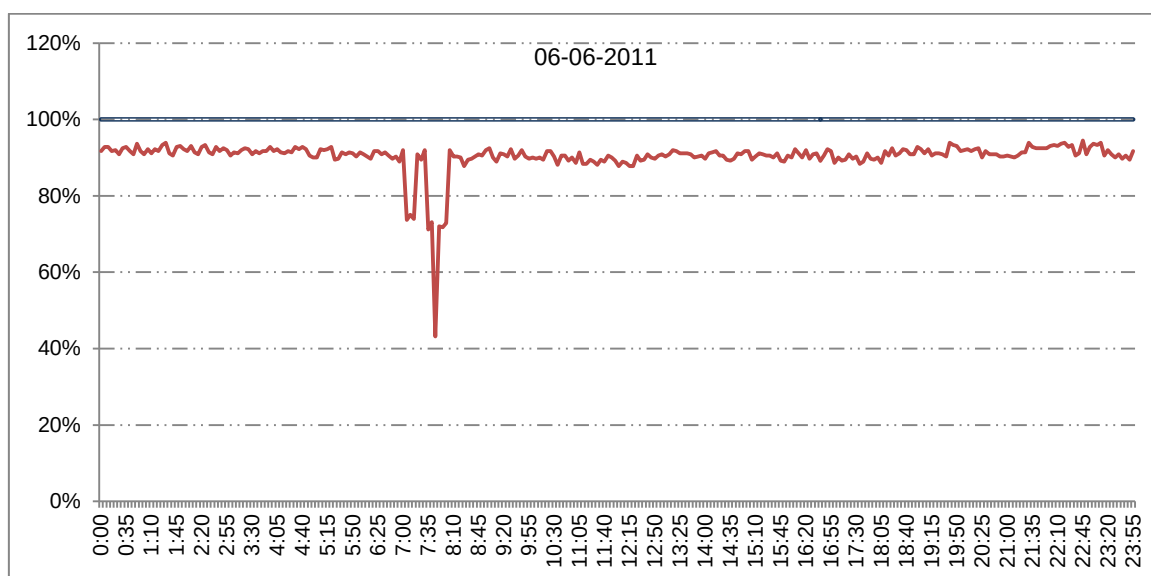


Fig. B.6 Percentagens de contadores considerados e de leituras reais no cálculo de perdas, segunda-feira 6 de Junho

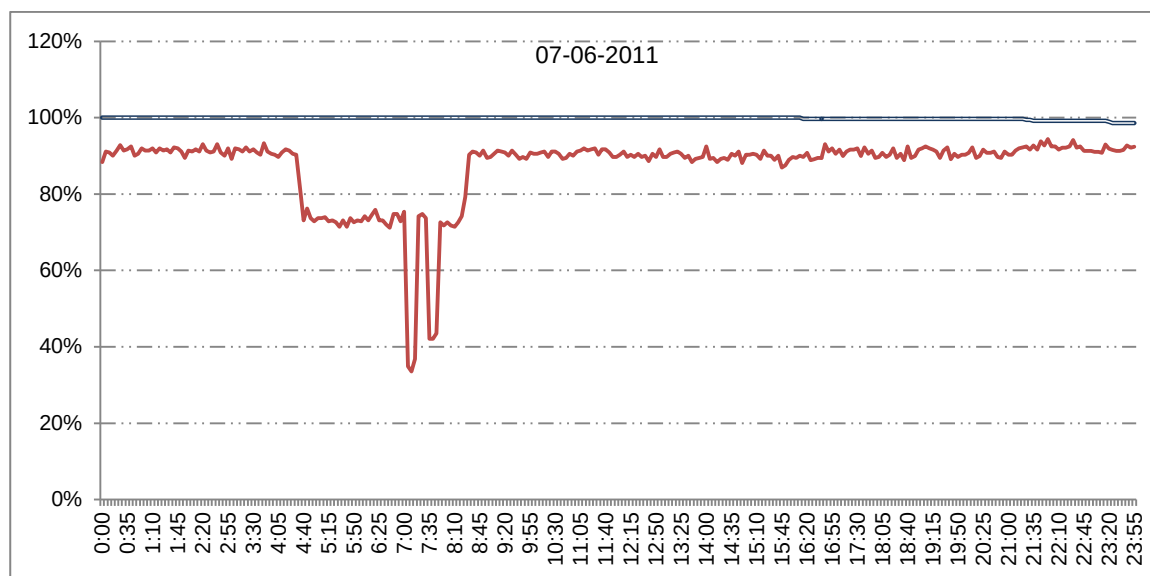


Fig. B.7 Percentagens de contadores considerados e de leituras reais no cálculo de perdas, terça-feira 7 de Junho