



UNIVERSIDADE DE TRÁS-OS-MONTES E ALTO DOURO

Departamento de Engenharias

**Ligações Clandestinas nos Sistemas Públicos de Águas Residuais Domésticas
Caso de Estudo em Vila Real**

PEDRO NUNO VARÃO AFONSO LOPES

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia
Civil pela Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Vila Real, 2012



UNIVERSIDADE DE TRÁS-OS-MONTES E ALTO DOURO

Departamento de Engenharias

**Ligações Clandestinas nos Sistemas Públicos de Águas Residuais Domésticas
Caso de Estudo em Vila Real**

PEDRO NUNO VARÃO AFONSO LOPES

ORIENTADOR: Luís Filipe Sanches Fernandes

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia
Civil pela Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Vila Real, 2012

Agradecimentos

Queria agradecer aos meus pais, Luís e Glória, pela educação que me foi transmitida até hoje e oportunidade de frequentar o ensino superior, acompanhadas de auxílio, carinho, muita paciência e conforto.

Agradecer também a toda a minha família, o meu sincero apreço pela amizade, afecto e disponibilidade manifestado em toda a minha vida.

Um agradecimento muito especial ao meu orientador, Eng.º Luís Filipe, pela grande paciência, orientação, disponibilidade e apoio imprescindível prestado ao longo da execução da presente dissertação, sendo que sem a sua ajuda não teria sido possível o desenvolvimento deste estudo.

Aos Professores de Engenharia Electrotécnica Carlos Serôdio e Pedro Mestre, pela enormíssima ajuda, pela disponibilidade e por me possibilitarem o importante desenvolvimento da parte prática deste trabalho, um muito obrigado.

À EMARVR, nomeadamente, aos senhores Engenheiros Amaral, Fernanda Saldanha e Francisco Silva pela disponibilidade demonstrada a todos os níveis, e por todo o material fornecido que me permitiu a elaboração da parte prática da dissertação, a minha sincera gratidão.

Agradecer do fundo do meu coração aos meus colegas e amigos, não só de curso mas também de universidade e de vida, por me acompanharem nesta importante etapa da minha vida que teve bons e maus momentos, bem como pelo companheirismo demonstrado ao longo desta.

De uma forma geral é legítimo agradecer a todas as pessoas que participaram no desenvolvimento da pessoa que sou hoje, principalmente as amizades que provocaram boa influência na minha vida, independentemente de ainda persistirem ou não.

Resumo

As entradas indevidas de água pluvial resultantes de ligações clandestinas nos sistemas separativos de águas residuais domésticas são uma realidade muito frequente. O aumento de caudal nos colectores nos períodos de chuva tem grandes consequências para os sistemas de drenagem de águas residuais domésticas. São dois exemplos a entrada em sobrecarga da rede com possível extravasamento de água através das tampas de saneamento ou a incapacidade de tratamento das Estações de Tratamento de Águas Residuais sobre um caudal para o qual não foram projectadas, sendo assim obrigadas a descargas nos meios receptores do excesso desse caudal. Há, por isso, um forte interesse de variadas entidades em adoptar medidas concretas que vão ao encontro das ligações clandestinas e que possam reduzir o impacto negativo que estas têm em todo o processo, ao nível estrutural, financeiro, social e ambiental.

A empresa Municipal de Águas e Resíduos de Vila Real, entidade que faz a gestão das águas residuais em Vila Real, particularmente interessada neste assunto, motivou a elaboração desta dissertação que para além de fazer uma pesquisa exaustiva, global, de metodologias e técnicas que permitem detectar e eliminar as ligações clandestinas, realiza o estudo de um sistema de drenagem de águas residuais domésticas num loteamento em Vila Real, pondo em prática uma das técnicas de abordagem às ligações clandestinas estudadas. Este estudo consistiu no registo de leituras diárias de caudal de escoamento em tempo real e no registo de leituras diárias de ocorrência de precipitação. Com base nesses registos diários compararam-se os hidrogramas que permitiram observar o seguinte facto: quando chove, o caudal nos colectores aumenta, ou seja, um volume significativo de água é introduzido nestes mesmos colectores. Registaram-se aumentos de caudal, em alguns dias chuvosos, na ordem dos 150%.

Para trabalho futuro é também proposto um sistema a ser colocado à entrada de cada edificação, na caixa de inspecção ou mesmo no ramal de ligação ao colector público, baseado numa rede de sensores sem fios de baixo custo, com acesso remoto e autonomia energética para vários anos, a fim de controlar possíveis irregularidades nas descargas de caudais na rede separativa de águas residuais domésticas.

Palavras-Chave: Ligações Clandestinas, Sistemas de Drenagem, Águas Residuais, Sobrecarga de efluentes, Descargas ilegais de águas residuais, Águas Pluviais.

Abstract

Improper entries of storm water due to illegal connections in wastewater drainage systems are a very common reality. The increase in public wastewater collectors flow rate, directly associated to the occurrence of rainy days, have major consequences for the wastewater drainage systems. Sewer overflow provoking leakage of water through manholes or the incapacity of wastewater treatment plants to treat a volume of water for which they weren't designed and thus obliged to discharge the excess of flow into the waterlines, are two examples of these consequences. There is therefore a strong interest from various entities that want to adopt concrete measures against illegal wastewater connections reducing the negative impact that they have throughout the process, not only at a structural level but also financial, social and environmental.

The company *Empresa Municipal de Águas e Resíduos de Vila Real*, entity that manages wastewater in Vila Real, particularly interested in this subject, motivated this thesis that besides making an extensive global research of methods and techniques that allow detect and eliminate illegal connections, makes a study of a domestic wastewater drainage system in a subdivision in Vila Real, putting into practice one of the illicit connections techniques approaches studied. This study consisted in the register of daily flow rate readings and in the register of daily precipitation occurrence. Based on these daily records, hydrographs were compared allowing to observe the following fact: when it rained, the flow in the drainage system increased, meaning that a significant amount of water was introduced in these same collectors. In a few rainy days, increases of 150% in the flow rate were registered.

For a future work is also proposed a system to be placed at the entrance of each building, on the inspection box or household connections to the public wastewater collector, based on a wireless sensor network of low cost with remote access control and energetic autonomy for several years, in order to control possible irregularities in the discharge flows to the domestic wastewater network.

Keywords: Illegal connections, Drainage systems, Wastewater, Sewer overflow, Illegal discharge of wastewater, Stormwater.

Índice Geral

Resumo	IV
Abstract.....	VI
Índice de Figuras.....	XI
Lista de Abreviaturas	XIV
Lista de Símbolos	XVI
1 - Introdução.....	2
1.1 - Contexto Geral	2
1.2 - Objectivos do Trabalho	4
1.3 - Apresentação da Estrutura do Trabalho	5
2 - Revisão de Literatura.....	7
2.1 - A Problemática das Ligações Clandestinas.....	7
2.1.1 - Pequena Introdução aos Sistemas de Drenagem.....	7
2.1.2 - As Ligações Clandestinas	15
2.2 - Metodologias aplicadas para Confirmação e Detecção de Ligações Clandestinas.....	21
2.2.1 - Monitorização de Escoamento	23
2.2.2 - Inspeção Visual	25

2.2.3 - Colheita de Amostras de Água.....	28
2.2.4 - Cães detectores de maus cheiros	32
2.2.5 - Termografia Infravermelha Aérea	33
2.2.6 - Cabo de Fibra-Óptica com Sensores de Temperatura Distribuídos.....	35
2.2.7 - Inspeção através de Vídeo.....	37
2.2.8 - Teste com Corante	39
2.2.9 - Teste com Fumo.....	41
2.3 - Exemplos de casos de estudo	44
2.3.1.- Estados Unidos da América	44
2.3.2 - Brasil	45
2.3.3 - Holanda	46
2.3.4 - Portugal	47
3 - Metodologia.....	49
3.1 - Enquadramento da Região	49
3.2 - Caracterização da Área de Estudo.....	52
3.3.1 - Descrição do Sistema de Monitorização	56
3.3.2- Instalação do Sistema de Monitorização.....	60

3.3.3 - Precipitação dos Meses em Estudo	63
4 - Resultados e Análise de Sensibilidades.....	67
5 - Proposta de Trabalho Futuro	75
5.1 - Proposta de Solução	75
5.1.1 - Sistemas de Monitorização	75
5.1.2 - Redes de Sensores sem Fios.....	82
5.1.3 - Concepção do Sistema	87
6 - Conclusões.....	92
Referências Bibliográficas.....	97
ANEXOS	108
Anexo A.....	109
Anexo B.....	110
Anexo C.....	111
Anexo D.....	115

Índice de Figuras

Figura 1 - Sistema Unitário.	9
Figura 2 - Variação da vazão em Período Seco e Chuvoso num sistema Unitário.	10
Figura 3 - Sistema Separativo.....	11
Figura 4 - Sistema Separativo Parcial	13
Figura 5 - Disposição de um Sistema Misto de drenagem para uma situação hipotética de gestão de água residual	14
Figura 6 - Exemplo de uma ligação clandestina.....	15
Figura 7 - Colector Público de águas pluviais a descarregar no corpo receptor.	17
Figura 8 - Refluxo das águas residuais numa tampa de uma caixa de visita.....	19
Figura 9 - Planimetria, Altimetria e Bacias representadas num layer do SIG.....	22
Figura 10 - Gráfico produzido a partir da medição de vazão contínua que mostra o comportamento da vazão ao longo de dias secos e chuvosos e que apresenta os dados de chuva correspondentes e relação entre os dias secos e de chuva.....	24
Figura 11 - Descarga de tempo seco.....	25
Figura 12 - Claridade da água.	26
Figura 13 - Mancha no Colector.....	26
Figura 14 - Vegetação Excessiva.....	26
Figura 15 - Inspeção de uma Caixa de Visita.	27
Figura 16 - Pequeno Exemplo de anotações na rede de drenagem.	27
Figura 17 - Recolha de uma amostra de caudal de “tempo seco” ..	28
Figura 18 - Anotações referentes à recolha de amostras	29
Figura 19 - Exemplo de uma Armadilha Branqueadora.....	31

Figura 20 - Sable, o primeiro canino detector de descargas ilegais provocadas por ligações clandestinas.....	32
Figura 21 - Exemplo de uma imagem aérea por infravermelhos que detectou uma descarga ilegal.	33
Figura 22 - Guia de anotações do vídeo codificador-descodificador.	34
Figura 23 - Esquema de montagem do cabo de Fibra-Óptica.	35
Figura 24 - Exemplo de uma leitura, que indica um aumento de temperatura na coordenada do cabo, 1125m às 20:45h, aumento esse associado a uma descarga de água residual doméstica ou industrial a partir de uma ligação clandestina ao colector de água pluvial.	36
Figura 25 - Robô com Câmara de Vídeo acoplada.....	38
Figura 26 - Estação que controla o equipamento de vídeo.....	38
Figura 27 - Colocação de corante numa canalização.	39
Figura 28 - Corante a fluir num colector.	40
Figura 29 - Bomba que injecta fumo líquido na rede de drenagem.	42
Figura 30 - “Velas” que libertam fumo.	42
Figura 31 - Libertação de fumo no sistema de ventilação do colector de saneamento. .	43
Figura 32 - Distrito de Vila Real	49
Figura 33 - Freguesias do Concelho de Vila Real	50
Figura 34 - Vila Paulista.....	53
Figura 35 - ETAR de Vila Real	53
Figura 36 - Rede de drenagem do loteamento com as caixas de visita devidamente enumeradas	54
Figura 37 - FLO-DAR	57
Figura 38 - FLO-LOGGER	57
Figura 39 - Demonstração de funcionamento do caudalímetro.....	58
Figura 40 - Caixa de visita escolhida para a instalação do caudalímetro	60

Figura 41 - Fixação do suporte metálico	61
Figura 42 - Medição de altura entre o suporte e o fundo do colector.....	61
Figura 43 - Ligação do FLO-LOGGER ao FLO-DAR	61
Figura 44 - Fixação do FLO-DAR no suporte metálico.....	62
Figura 45 - Caudalímetro instalado	62
Figura 46 - Precipitação diária em Vila Real no mês de Janeiro de 2012.....	63
Figura 47 - Precipitação diária em Vila Real no mês de Fevereiro de 2012	64
Figura 48 - Precipitação diária em Vila Real no mês de Março de 2012.....	64
Figura 49 - Precipitação diária em Vila Real no mês de Abril de 2012	65
Figura 50 - Gráfico de Escoamentos e Precipitação no mês de Janeiro de 2012	68
Figura 51 - Gráfico de Escoamentos e Precipitação no mês de Fevereiro de 2012	69
Figura 52 - Gráfico de Escoamentos e Precipitação no mês de Março de 2012	70
Figura 53 - Gráfico de Escoamentos e Precipitação no mês de Abril de 2012	71
Figura 54 - Gráfico de comparação de escoamento do mês mais chuvoso (Abril, 2012) com o mês mais seco (Fevereiro, 2012)	72
Figura 55 - Diagrama de blocos de um nó sensor com energy harvesting.....	76
Figura 56 - Sensores de temperatura: a) RTD, b) Termístores, c) Termopares, d) LM 35 com RxTx	78
Figura 57 - Comparação entre sensores de temperatura, baseados em resistências e entre a linearidade das curvas características dos sensores em função da temperatura.	79
Figura 58 - Exemplo de medidor electromagnético de caudal	80
Figura 59 - Exemplo de um Medidor de Caudal Ultra sónico.....	81
Figura 60 - Arquitectura base de um nó sensor	84
Figura 61 - Topologias de rede do standard 802.15.4	86
Figura 62 - Arquitectura do Sistema	88

Lista de Abreviaturas

ADC - *Analog-to-Digital Converter*

AVAC - Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado

CI - Sensor de Temperatura Integrado

CEDAE - Companhia Estadual de Águas e Esgotos

CSMA/CA - *Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance*

DTS - *Distributed Temperature Sensing*

ECS - *Environmental Canine Services*

EMARP - Empresa Municipal de Águas e Resíduos de Portimão

EMARVR - Empresa Municipal de Águas e Resíduos de Vila Real

EPA - *Environmental Protection Agency*

ETAR - Estação de Tratamento de Águas Residuais

FFD - *Full Function Devices*

GPRS - *General Packet Radio Service*

GPS - *Global Positioning System*

GSM - *Global System for Mobile Communications*

GTS - *Guaranteed Time Slot*

ISM - *Industrial, Scientific and Medical*

Li-ion - Iões de Lítio

Ni-Cd - Níquel Cádmio

NTC - *Negative Temperature Coefficient*

NUTS - Nomenclatura de Unidade Territorial

PAN - *Personal Area Network*

PC - *Personal Computer*

PTC - *Positive Temperature Coefficient*

PVC - Policloreto de Vinilo

RF - Rádio Frequência

RFD - *Reduce Function Device*

RTD - *Resistance Temperature Detector*

SEMASA - Serviço Municipal de Saneamento Ambiental de Santo André

SIG - Sistema de Informação Geográfica

WERF - *Water Environment Research Foundation*

WSN - *Wireless Sensors Network*

Lista de Símbolos

cm - centímetros

GHz - GigaHertz

h - horas

km² - Quilómetro Quadrado

kbps - Quilobits por segundo

m - metro

m³ - metro cúbico

m³/s - metro cúbico por segundo

MHz - MegaHertz

mm - milímetro

°C - Graus Celsius

% - Percentagem

“ Todos os esforços devem ser feitos, para proibir as ligações clandestinas nas redes de drenagem (...)”

Edward Vaughan Bevan (1949)

“A rigor as águas pluviais não deveriam chegar aos colectores de sistemas separativos absolutos, mas na realidade sempre chegam, não somente devido a defeitos das instalações mas também devido às ligações clandestinas, à falta de fiscalização e à negligência”.

Azevedo Netto (1979)

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1 - Introdução

1.1 - Contexto Geral

O crescimento desordenado das cidades, que muitas vezes pode dar origem aos grandes centros urbanos, associado à falta de planeamento, principalmente no que diz respeito ao saneamento, é um problema que traz consigo grandes preocupações relacionadas com o ambiente e com o bem-estar da população.

Visto o ambiente ser um assunto cada vez mais em enfoque no planeta, as questões relacionadas com os recursos hídricos e com o saneamento estar-lhe-ão directamente ligadas. Uma correcta utilização dos recursos hídricos e uma boa gestão e utilização dos sistemas de drenagem ou saneamento básico no que toca às descargas de águas pluviais e ao tratamento de águas residuais contribui, sem dúvida, para proporcionar às populações um ambiente equilibrado, saudável e uma melhor qualidade de vida.

O sistema de drenagem consiste num conjunto de colectores que tem por objectivo transportar as águas pluviais, residuais domésticas ou industriais, em separado, de forma adequada, respeitando o meio ambiente e a saúde pública.

O tratamento das águas residuais é um elemento essencial para uma correcta gestão dos recursos hídricos. As águas residuais domésticas e industriais não tratadas e rejeitadas directa e ilegalmente em linhas de água, são ainda as formas mais frequentes de contaminação dos recursos hídricos, levando à propagação de vastas doenças transmitidas aos seres vivos, nomeadamente ao homem, através da via hídrica.

A população, contrariando a lei, liga as suas redes de águas residuais domésticas e industriais, às redes de águas pluviais, através das chamadas ligações clandestinas, que descarregam directamente nas linhas de água sem qualquer tipo de tratamento. Fazem-no, ou por falta de informação ou por quererem fugir às taxas inerentes que acarretam a ligação das suas casas à rede separativa de águas residuais domésticas e industriais.

Além dos despejos ilegais de águas residuais domésticas e industriais, existe outro problema também ele delicado, que é a ligação clandestina da rede de águas pluviais ao colectador público de águas residuais domésticas e industriais

Muitas entidades gestoras das ETAR's (Estação de Tratamento de Águas Residuais), dão conta que estas afluências de água indevidas estão a criar significativos encargos e despesas para a exploração dos sistemas de drenagem e de tratamento de águas residuais.

Neste sentido e identificado o problema, a função ou atribuição essencial das entidades responsáveis pela gestão do saneamento básico é a de controlar todo este processo, garantindo às entidades gestoras das ETAR's e às populações que se servem deste grande bem que é a água a resolução do problema.

O presente trabalho representa uma tentativa ou contribuição de solucionar esta problemática tão pouco estudada em Portugal, na medida em que apresenta metodologias usadas e estudadas em vários países, as quais têm como finalidade prestar ajuda às entidades gestoras com o intuito de obter o bom funcionamento do sistema susceptível de provocar um menor impacto ambiental e socioeconómico.

1.2 - Objectivos do Trabalho

De um modo geral, o presente trabalho pretende contribuir para solucionar esta problemática tão pouco estudada em Portugal, na medida em que, para além de focar os principais aspectos e principais factores propiciadores associados a este problema, nomeadamente o impacto que poderá ter ao nível funcional dos sistemas e ao nível ambiental, apresenta metodologias usadas e estudadas em vários países, que permitem detectar e eliminar estas ligações e assim prestar ajuda às entidades gestoras por forma a obter o correcto funcionamento do sistema.

Numa primeira fase, o objectivo é dar a conhecer esta problemática e dar a compreender as potencialidades de cada técnica de detecção.

Numa segunda fase, o objectivo passa por aplicar uma das técnicas estudadas num caso real suspeito, definindo-se então um caso de estudo real e uma metodologia, procedendo-se à escolha de uma técnica de detecção de forma a verificar a existência de entradas indevidas de águas pluviais aos colectores de águas residuais domésticas.

Numa terceira fase, o objectivo é propor uma solução técnica que consiste na implementação de um sensor nas câmaras de ramal de ligação, para controle de escoamento, de modo a garantir o correcto uso do sistema de drenagem.

1.3 - Apresentação da Estrutura do Trabalho

O presente trabalho subdivide-se em 6 capítulos. O primeiro capítulo diz respeito à introdução na qual se faz uma abordagem ao tema e um breve resumo dos capítulos seguintes.

No segundo capítulo, efectua-se a revisão bibliográfica. É onde se encontra uma pesquisa aprofundada que explica esta problemática e que expõe todos os tipos de técnicas, de detecção de ligações clandestinas usadas em todo o mundo.

No terceiro capítulo, é descrita toda a metodologia utilizada para desenvolver a parte prática deste trabalho, ou seja, é onde é feita toda a apresentação do caso de estudo e a sua aplicação.

No quarto capítulo, é elaborada uma análise e interpretação dos resultados obtidos no caso de estudo.

No quinto capítulo, é elaborada uma proposta de solução que garanta o controlo eficaz das descargas de água residual produzidas pela população.

No sexto capítulo, apresentam-se as conclusões gerais e específicas do trabalho.

CAPÍTULO 2

REVISÃO DE LITERATURA

2 - Revisão de Literatura

2.1 - A Problemática das Ligações Clandestinas

2.1.1 - Pequena Introdução aos Sistemas de Drenagem

A sociedade humana tem convivido muito mais com os problemas gerados pela falta de cuidado com os seus esgotos do que propriamente com o solucionar do trajecto e do destino a dar a este.

Para a protecção da saúde pública e do Meio Ambiente, o saneamento básico e a sua disposição são essenciais.

A maior parte dos esgotos, também conhecidos por águas residuais domésticas e industriais, dirigem-se a lagos, rios, oceanos ou outras linhas de água. Nos países desenvolvidos quase todo o esgoto recebe algum tipo de tratamento antes de ser lançado aos cursos de água através de redes de drenagem. O problema está no esgoto que não é tratado e que é lançado no meio receptor podendo induzir alterações na sua qualidade, condicionando a sua disponibilidade e uso para outros fins, bem como prejudicar o ecossistema (TUSHI, 2005).

Os efluentes de águas residuais, ou massa de água transportada, costumam ser classificados em dois tipos (MATOS, 2006):

- Águas residuais domésticas, que provêm principalmente das residências, edifícios comerciais ou quaisquer edificações que possuam instalações sanitárias, lavandarias, cozinhas, etc., e que são essencialmente compostos de água de banho, urina, fezes, papel, restos de comida, sabão, detergente, águas de lavagens, etc.;

- Águas residuais industriais, que provêm de uma utilização de água para fins industriais, que contém características próprias consoante o processo industrial para o qual foram utilizados e que portanto são caracterizados pela grande variedade de compostos que podem possuir;
- Águas residuais pluviais, que resultam do escoamento superficial, que é originado pela precipitação e que contém uma carga poluente mais pequena relativamente às outras águas residuais no que toca à matéria orgânica.

Toda a água proveniente de regas de espaços verdes e da lavagem de arruamentos, entre outros e que são recolhidas por sarjetas e sumidouros, são consideradas águas pluviais.

É da maior importância que todo o tipo de água residual seja drenada e para tal, recorre-se aos sistemas de drenagem.

Para DALTRO FILHO (2004), os sistemas de drenagem definem-se como um conjunto de peças, canalizações, ligações, equipamentos e obras civis, com a função de recolher, transportar e tratar as águas residuais para que não ocorram problemas com a saúde e danos ao meio ambiente.

Para entender a problemática das ligações clandestinas nos sistemas de águas residuais e ser possível contornar e resolver este assunto, é essencial conhecer os sistemas de drenagem existentes.

Segundo o artigo 116º do Decreto Regulamentar 23/95 de 23 de Agosto em vigor em Portugal, os sistemas de drenagem, consoante o tipo de água residual, podem ser quatro: o sistema unitário, o sistema separativo parcial ou pseudo-separativo, o sistema separativo e o sistema misto.

2.1.1.1 - Sistema Unitário

O sistema unitário consiste na captação e condução conjunta de todas as águas residuais num só colector, ou seja na mesma rede (Figura 1), verificando-se a maior afluência de caudal em resultado da ocorrência de grandes precipitações (Figura 2).

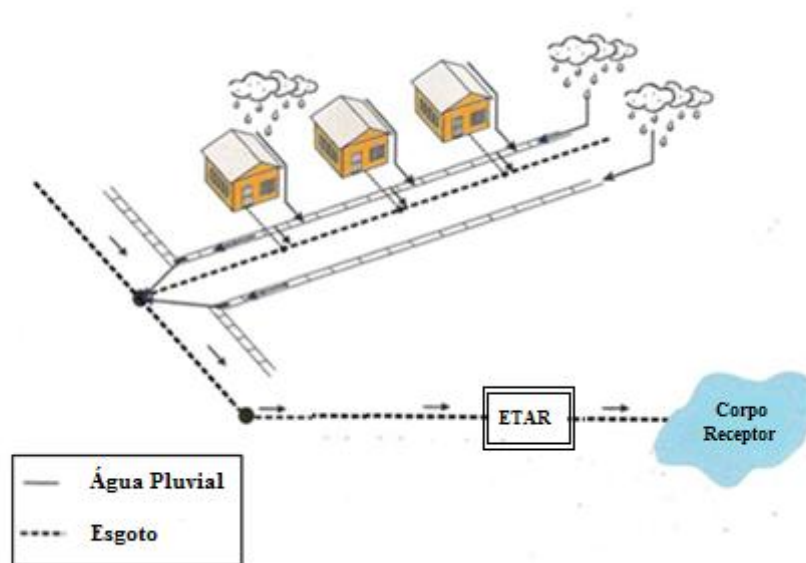


Figura 1 - Sistema Unitário.

Fonte: PEREIRA e SOARES, 2006

Quando se verificam aumentos dos caudais, devido a ocorrências pluviais, traduzem-se na possível sobrecarga das ETAR's. Deste modo é frequente verificar-se o desvio de caudais através de descarregadores de tempestade que descarregam a água directamente nos meios receptores.

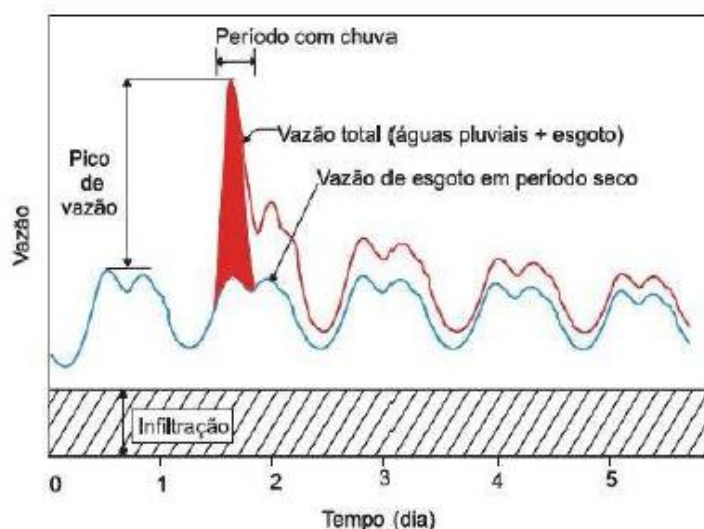


Figura 2 - Variação de caudal em Período Seco e Chuvoso num sistema Unitário.

Fonte : TSUTIYA e BUENO, 2005

Paralelamente a isto, o crescimento urbano actual que afecta o aumento do volume de águas residuais e a produção crescente de resíduos acentua o efeito das descargas directas no meio receptor e o aumento do risco de inundações.

Já existem algumas formas de contornar este problema, nomeadamente as bacias de retenção que armazenam o volume de caudal excedente para posterior tratamento (TSUTIYA e BUENO, 2005).

TUSHI (2005) afirma que as grandes vantagens dos sistemas unitários são a redução de custos, pelo facto de se utilizar apenas uma rede para o escoamento das águas residuais e a eliminação das ligações clandestinas pela mesma razão.

Apesar deste cenário e de alguns autores defenderem este sistema por o considerarem mais vantajoso do ponto de vista ambiental, ele caiu em desuso em toda a Europa incluindo Portugal e está a ser substituído gradualmente pelo sistema separativo.

Não se pode concluir que o futuro do sistema unitário seja a total erradicação, pois certas condicionantes locais específicas poderão recomendar este tipo de sistema.

2.1.1.2 - Sistema Separativo

O sistema separativo é caracterizado pela separação no transporte de águas residuais domésticas ou industriais e águas pluviais, em que o colector de águas residuais domésticas ou industriais transporta apenas este tipo de águas e não colecta parcela alguma de água pluviais (Figura 3).

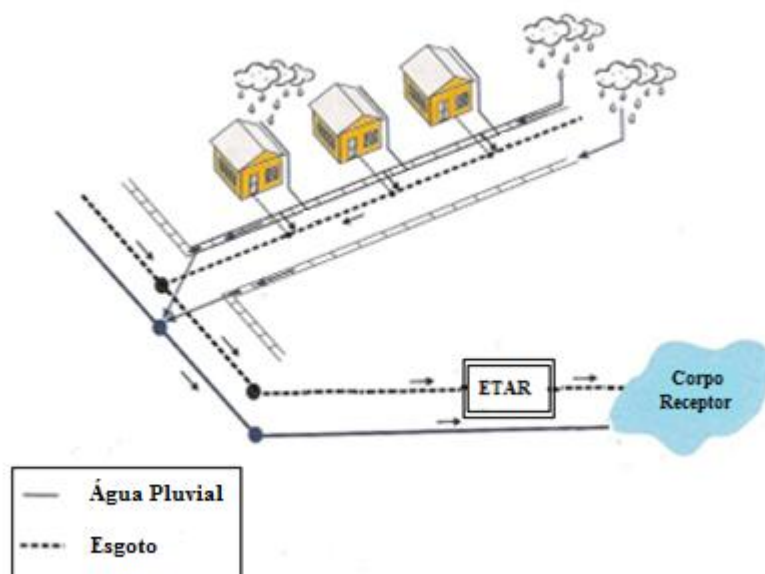


Figura 3 - Sistema Separativo

Fonte: PEREIRA e SOARES, 2006

De acordo com os artigos nº 119 e nº 120 do Decreto Regulamentar nº 23/95, de 23 de Agosto, na concepção de novos sistemas de drenagem em Portugal deve optar-se, em regra, pelo sistema separativo, devendo ser considerada a transição para este sistema no caso de haver a substituição ou a remodelação de sistemas unitários que estejam implementados.

Considerado como o sistema ideal do ponto vista ambiental, este sistema prevê o tratamento de água residuais domésticas ou/e industriais nas estações de tratamento de esgotos, enquanto as águas pluviais são descarregadas nos meios receptores mais próximos. Contudo, testes relativos à qualidade das águas pluviais urbanas escoadas, concluem que estas águas também arrastam consideráveis quantidades de carga poluente, necessitando também de tratamento igual ao das águas residuais domésticas e industriais.

Segundo TSUTIYA e BUENO (2005), para o sucesso deste sistema, é necessária uma fiscalização eficaz e eficiente, para que as águas pluviais não sejam encaminhadas juntamente com as águas residuais domésticas, e vice-versa, para os colectores públicos.

A escolha deste sistema justifica-se se for garantida a pré-condição de que sejam reduzidas ao mínimo as ligações clandestinas de águas pluviais no colector de águas residuais domésticas e industriais e vice-versa. Quando esta situação ocorre e as ligações clandestinas são significativas, a ineficiência hidráulica e ambiental deste sistema pode tornar-se insuportável e intolerável.

2.1.1.3 - Sistema Separativo Parcial ou Pseudo-Separativo

Neste caso, o sistema faz a recolha e o transporte das águas residuais domésticas ou industriais mais a parcela de águas pluviais proveniente de telhados e pátios das construções (Figura 4).

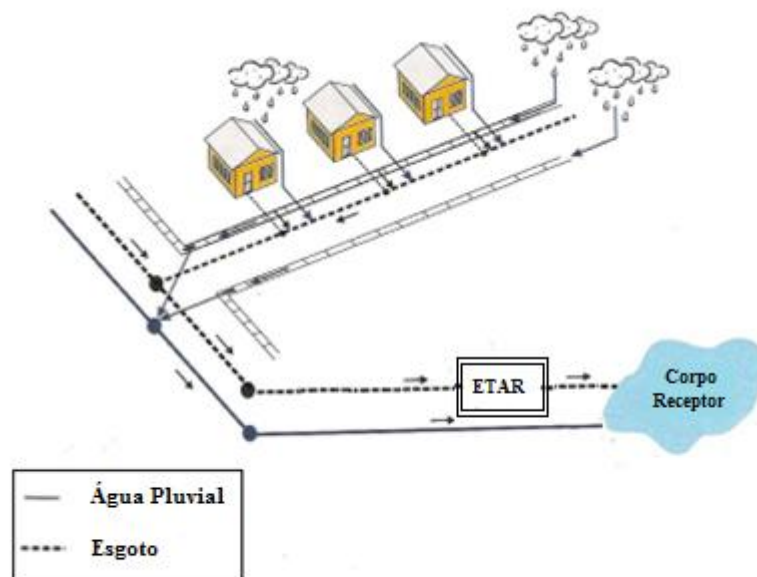


Figura 4 - Sistema Separativo Parcial.

Fonte: PEREIRA e SOARES, 2006

Assim, como separador, o sistema parcial é composto por rede de águas residuais doméstica ou industrial e rede de águas pluviais que recebe toda a água pluvial exceptuando a parcela que provém de telhados e pátios (TSUTIYA e BUENO,2005).

Segundo o Decreto Regulamentar 23/95 de 23 de Agosto, é um sistema usado apenas em condições excepcionais, condições estas que têm de garantir a boa qualidade de água drenada dos pátios e dos telhados das construções.

É por isso um sistema muito pouco usado, sendo dada a preferência ao sistema separativo.

2.1.1.3 - Sistema Misto

Sistema que conjuga dois sistemas, sendo que parte da rede opera como sistema unitário e a restante como sistema separativo ou vice-versa, como representado na figura 5.

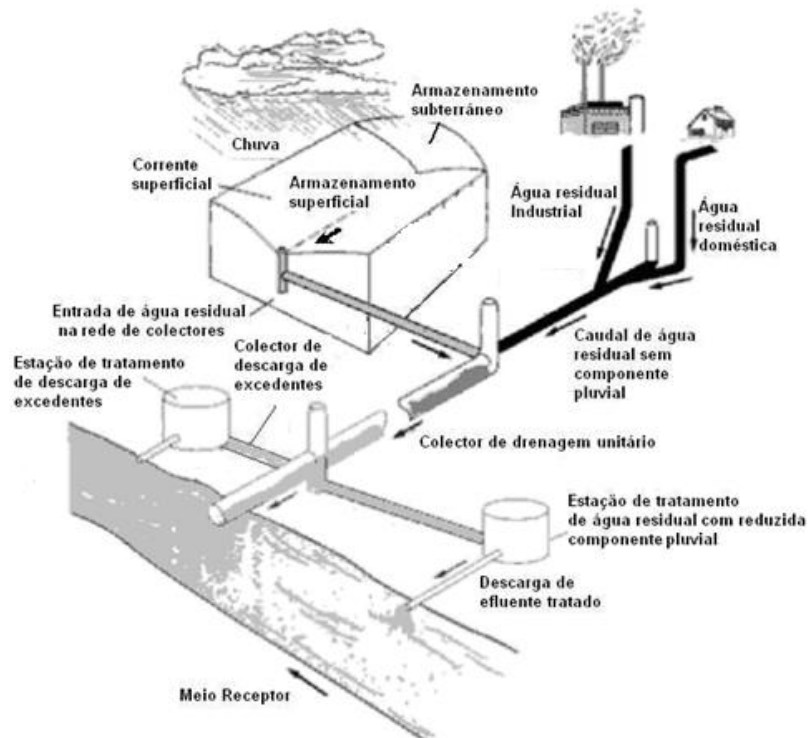


Figura 5 - Disposição de um Sistema Misto de drenagem para uma situação hipotética de gestão de água residual.

Fonte: METCALF e EDDY, 2003

2.1.2 - As Ligações Clandestinas

A compreensão da natureza das ligações clandestinas e do que estas implicam é essencial para as localizar, corrigir e evitar.

Uma ligação clandestina é definida como uma ligação ilegal, na superfície ou no subsolo, ligação esta que permite uma descarga ilegal (Figura 6) de água pluvial nos colectores de águas residuais domésticas e industriais, ou de água residual doméstica e industrial nos colectores de água pluvial. (ICAP, 2010)

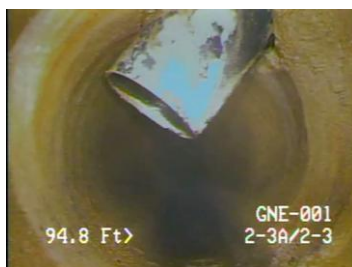


Figura 6 - Exemplo de uma ligação clandestina.

Fonte: US EPA, 2004

Em Portugal e em todo o mundo, desde que o sistema separativo de águas, considerado por muitos o sistema ideal do ponto de vista ambiental foi implementado, os gestores destes sistemas têm-se deparado muito frequentemente com esta problemática que se reflecte negativamente, como vamos ver, nas linhas de água e nas estações de tratamento.

Estas ligações, são causadas por várias razões, passando a enumerá--las (US EPA, 2004):

- Há casos de falta de infra-estruturas e falta de informação por parte da população, que os leva a ligar as suas saídas de águas residuais domésticas ou industriais e saídas de águas pluviais ao primeiro colector que encontram;
- Em novas construções, os empreiteiros, por vezes para reduzirem os encargos, ligam as condutas de águas pluviais e residuais ao colector de águas público mais próximo;
- O desenho dos colectores públicos nas plantas está, por vezes, muito confuso devido à enorme quantidade de tubagens desenhadas, o que faz com que haja erros de ligação aos colectores de água no terreno;
- As unidades industriais, muitas vezes, não tencionam somar aos encargos o tratamento das suas águas tóxicas, direccionando as águas não tratadas para o colector público de água pluvial;
- A população para não pagar taxas de saneamento conecta, por vezes, as suas saídas de águas residuais domésticas ou industriais para o colector público mais próximo.

2.1.2.1 - Ligações Clandestinas aos Colectores de Águas Pluviais

Quando há existência de ligações de água residuais domésticas ou industriais aos colectores de água pluvial, o problema é grave, pois a carga poluidora concentrada dos esgotos doméstico ou industrial que deveria ser encaminhada para o colector de águas residuais domésticas ou industriais e consequentemente para a ETAR, é directamente lançada nas linhas de águas sem tratamento algum (Figura 7).

Desta forma, resolve-se um problema ao nível do saneamento e cria-se um grave problema ambiental, cuja solução envolve técnicas de tratamento muito caras e avançadas.



Figura 7 - Colector Público de águas pluviais a descarregar no corpo receptor.

Fonte: US EPA, 2004

A melhor forma para detectar estas ligações é a monitorização contínua das descargas que são efectuadas nas linhas de água, pelos colectores de águas pluviais e por possíveis colectores ilegais. Para detectar descargas ilegais são usadas várias técnicas de monitorização que confirmam a detecção de águas residuais domésticas e industriais e que nos permitem saber em que colectores fazer o rastreamento das ligações clandestinas (US EPA, 2004 ; OHIO EPA, 2008).

LANGEVELD (2004) concluiu, depois de um programa de monitorização exaustivo, que muito devido às ligações clandestinas, a média anual de poluição das descargas efectuadas pelos colectores públicos de um sistema separativo de águas pluviais nos corpos receptores consegue ser da mesma ordem de grandeza da média de poluição anual que descarrega um sistema unitário. Por outras palavras, a teórica redução de poluição que é uma grande vantagem do sistema separativo, que vem sendo adoptado em Portugal e no Mundo, é largamente anulada pela presença das ligações clandestinas.

Logicamente, a eliminação destas ligações, traz efeitos benéficos imediatos nas nossas linhas de água.

2.1.2.2 - Ligações Clandestinas nos Colectores de Águas Residuais Domésticas e Industriais

Tem sido observado na grande maioria dos sistemas de esgotos que uma parcela muito significativa de águas pluviais aflui ao sistema através de ligações clandestinas de águas pluviais aos colectores de águas residuais domésticas e industriais, de modo que, em vez de os sistemas estarem a trabalhar como sistemas separativos, estão a funcionar como sistemas separativos parciais (TSUTIYA E BUENO, 2005).

Desta forma, pode-se dizer que o sistema se torna ineficiente do ponto de vista do saneamento, por permitir que as águas pluviais cheguem aos colectores de água residuais domésticas e industriais.

Como consequência da entrada de água pluvial nestes colectores, a vazão pode aumentar bastante em dias de chuva, não sendo este volume suportado pelo sistema colector, o que causa sobrecarga no sistema. Uma vez sobrecarregado e a rede a funcionar sob pressão, a água que não tem lugar para escoar altera o seu sentido de fluxo, começando a sair nos pontos de cota mais baixa como se verifica na figura 8, (caves de casas, tampas de caixas de visita e ruas) e causando destruição (ICAP, 2009).



Figura 8 - Refluxo das águas residuais numa tampa de uma caixa de visita.

Fonte: ICAP,2009

As Estações de Tratamento de Águas Residuais que são originalmente concebidas para um sistema separativo, quando recebem estas interferências clandestinas, podem sofrer consequências não só ao nível da sobrecarga hidráulica nas unidades de tratamento preliminar, como também na qualidade do efluente da própria ETAR e nas despesas adicionais ligadas directamente ao aumento da vazão afluyente, como por exemplo, o maior consumo de produtos químicos. Os excessos de vazão, ou seja, o afluyente acima da capacidade de projecto da estação, são descarregados sem qualquer tratamento nos corpos de água, ou, na melhor das hipóteses, tratados só parcialmente, o que causa sérios danos ao meio ambiente (REDA , 2006).

2.2 - Metodologias aplicadas para Confirmação e Detecção de Ligações Clandestinas

Antes de qualquer estudo, ou de qualquer investigação, o primeiro passo a dar na detecção e eliminação das ligações clandestinas é o mapeamento do sistema de drenagem de água residuais domésticas ou industriais e águas residuais pluviais de toda a área em estudo.

Plantas precisas e detalhadas de caixas de visita, colectores e descargas nas linhas de água, facilitam o trabalho de campo das equipas de inspecção no que toca à rapidez da localização dos pontos em que há suspeita de ilegalidade (MS4, 2002 ; AECOM, 2009).

O MS4 (2002) e a AECOM (2009) referem dois tipos de Plantas:

- As Plantas Digitais são a ferramenta mais poderosa do investigador pois têm as linhas de todos os colectores de drenagem desenhadas (incluindo o diâmetro e direcção de escoamento), a localização de descargas e de caixas de visita. Estas plantas podem ser construídas fazendo o levantamento das coordenadas de todos os pontos de interesse (caixas de visita, descargas, etc.) através do Sistema de Posicionamento Global (GPS), transferindo-os depois para o Sistema de Informação Geográfica (SIG), software informático que permite a recolha dos dados e devida representação no mapa digital base dos pontos de Altimetria, bacias, rios, etc., podendo dispô-los em camadas (layers) diferentes como mostra a figura 9. Nos Estados Unidos da América, a Agência de Protecção Ambiental (EPA) e outras agências ambientais mantêm bases de dados sempre actualizadas de bacias, redes de drenagem e locais de descarga, que podem ser descarregadas como layers no SIG. Outra forma de recolha de dados sem recorrer ao GPS é através de coordenadas georreferenciadas que permitem a digitalização directa da informação do terreno. Fotos Aéreas também podem ser directamente descarregadas no SIG.

Usando esta ferramenta, a impressão de plantas em papel é reduzida e mais importante que esse aspecto, qualquer alteração num determinado dado ou informação em terreno é facilmente corrigida. Desta forma, a eficiência da planta aumenta e a sua compreensão por parte da equipa responsável é facilitada.

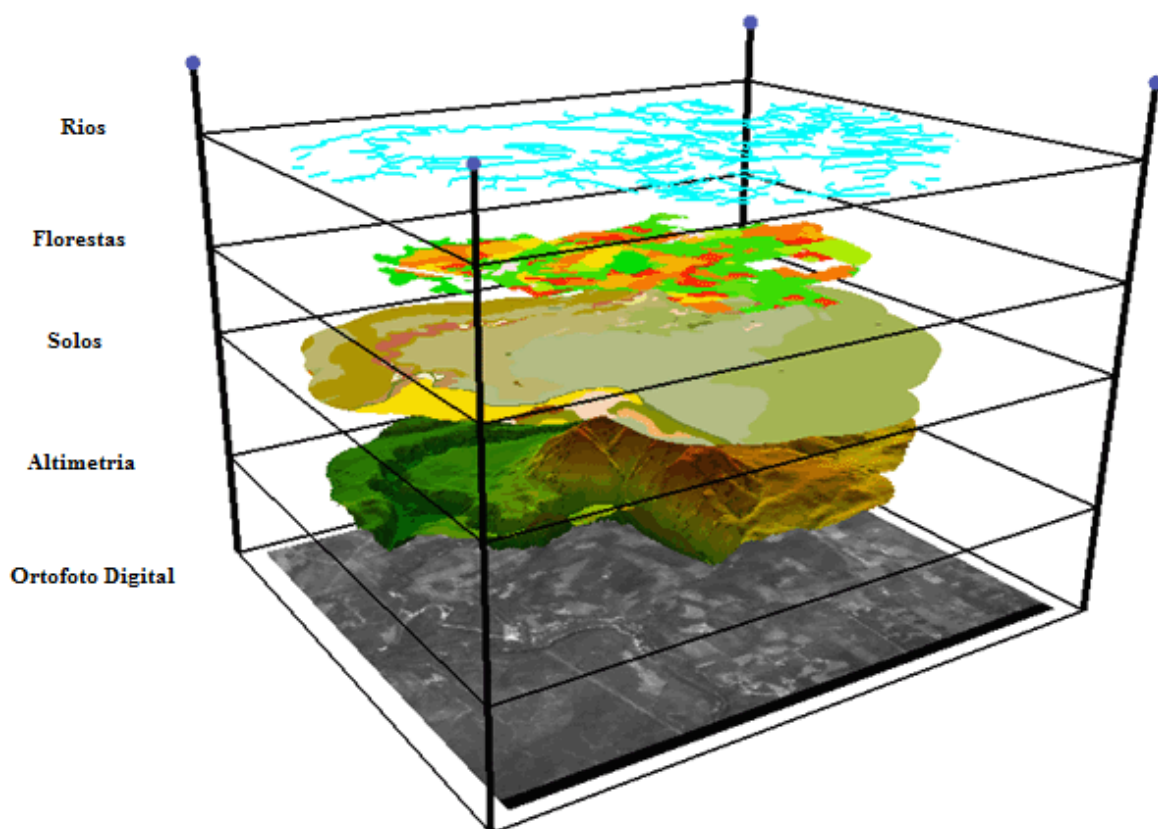


Figura 9 - Planimetria, Altimetria e Bacias representadas num layer do SIG.

Fonte: GIS, 2012

- A Cartografia em papel, normalmente tem sempre a escala adequada, linhas e pontos topográficos precisos e um bom detalhe do uso do solo. Apesar disto, estas plantas não são actualizadas regularmente e para actualizá-las é necessário novo trabalho de desenho para não sobrecarregar mapas menos recentes. Esta ferramenta vai caindo em desuso devido às grandes potencialidades das Plantas Digitais.

2.2.1 - Monitorização de Escoamento

A monitorização da vazão de afluentes das ETAR's é um método que confirma a existência ou não de ligações clandestinas ao colectador público de águas residuais.

“A avaliação das vazões devidas à intromissão de águas pluviais nos sistemas, pode ser feita comparando-se hidrogramas obtidos em dias próximos, um em tempo seco e outro em tempo chuvoso” (AZEVEDO NETTO,1979).

Estas medições são feitas através de medidores electromagnéticos que podem ser introduzidos em caixas de visita estratégicas ou à entrada das ETAR's e que registam as vazões contínuas ao longo dos dias secos e chuvosos. Há ETAR's que já dispõem de rede lógica por fibra óptica que fazem a monitorização e tratamento de dados de pontos estrategicamente colocados. Esta comparação é feita entre dias chuvosos e secos, pois em dias secos, sem chuva, a vazão registada será baixa uma vez que só transporta água residual doméstica ou industrial; em situação normal, nos dias de chuva, a vazão deveria rondar os mesmos valores de água residual doméstica ou industrial dos dias secos. O que acontece é que na existência de entrada de águas pluviais nos colectores, a vazão aumenta drasticamente, quase de forma equivalente à quantidade de precipitação (DIAS,2002).

Na relação demonstrada na figura 10, observa-se um exemplo do que a forte influência do período de chuva pode ter no aumento da vazão afluente de uma ETAR. A cor azul mais clara representa a vazão de tempo seco e a mais escura a vazão de tempo de chuva.

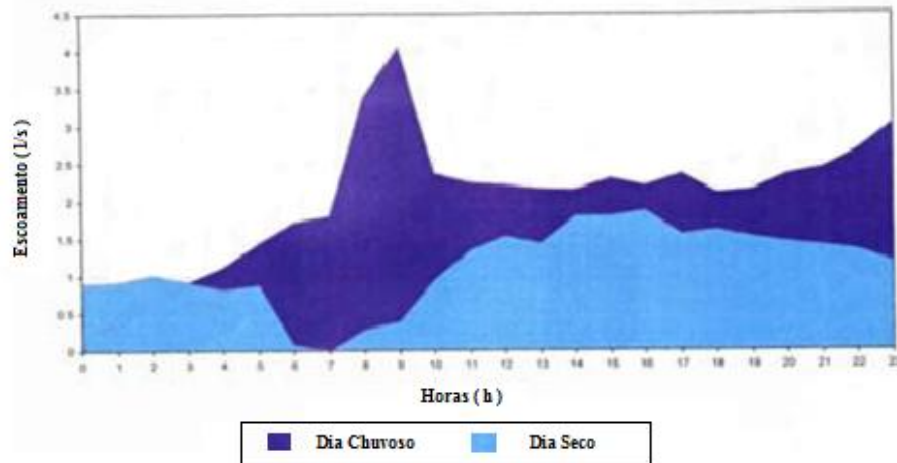


Figura 10 - Gráfico produzido a partir da medição de vazão contínua que mostra o comportamento da vazão ao longo de dias secos e chuvosos e que apresenta os dados de chuva correspondentes e relação entre os dias secos e de chuva.

Fonte: DIAS,2002

Estas medições que confirmam a existência de ligações clandestinas são essenciais para serem levantados os pontos da rede de drenagem onde existem irregularidades, sendo o próximo passo a sua localização em campo.

2.2.2 - Inspeção Visual

Depois de obter mapas completos e precisos para desta forma melhor localizar as descargas nos corpos receptores, o passo seguinte para identificar as ligações clandestinas aos colectores de águas pluviais é inspeccionar e procurar no campo descargas de “tempo seco” (Figura 11) que são feitas nas linhas de água e também por possíveis colectores ilegais de águas pluviais ou residuais que estejam a fazer descargas. As inspecções nas descargas de colectores pluviais devem ser feitas 12 horas depois das últimas chuvas ou 72 horas depois de uma grande queda de precipitação, daí a designação de caudal de “tempo seco”(MS4, 2002).



Figura 11 - Descarga de tempo seco.

Fonte: US EPA,2004

Durante a inspecção, há algumas observações consideradas chave (OHIO EPA, 2008):

- Presença de Caudal de Tempo Seco
- Maus Cheiros
- Cor da água

- Claridade da Água (Figura 12)



Figura12 - Claridade da água.

Fonte: US EPA,2004

- Depósitos
- Materiais flutuantes (Papel Higiênico, etc.)
- Manchas no Colector ou em Rochas (Figura 13)



Figura 13 - Mancha no Colector.

Fonte: US EPA,2004

- Vegetação Excessiva em redor do colector (Figura 14)



Figura 14 - Vegetação Excessiva.

Fonte: US EPA,2004

Depois da confirmação de descarga ilegal através de testes de amostras de água em laboratório, o passo seguinte é seguir o colector pluvial até à primeira caixa de visita e verificar se há alguma evidência de caudal de tempo seco (Figura 15). Se houver evidência de caudal de tempo seco, procede-se à inspecção da caixa de visita seguinte e assim sucessivamente até não haver qualquer vestígio de caudal de tempo seco na caixa de visita inspeccionada. Tal significará que a fonte da descarga ilegal estará depois da caixa de visita na qual escoava caudal de tempo seco e antes da caixa de visita que não tem qualquer vestígio de caudal. Reparar se há outros colectores ligados a essas caixas de visita que terão também de ser inspeccionados. Confirmada a área de onde a descarga ilegal está a ser feita, técnicas específicas, como a técnica do teste do corante (OHIO EPA, 2008), serão usadas para detectar em que ponto do colector está a ligação clandestina feita.



Figura 15 - Inspeção de uma Caixa de Visita.

Fonte: US EPA, 2004

Todas estas informações devem ser anotadas, e constantemente actualizadas nos mapas usando setas, cores e pequenas indicações, como representado na figura 16, que nos permitam facilmente, depois, ver que áreas necessitam, estão e já foram inspeccionadas.

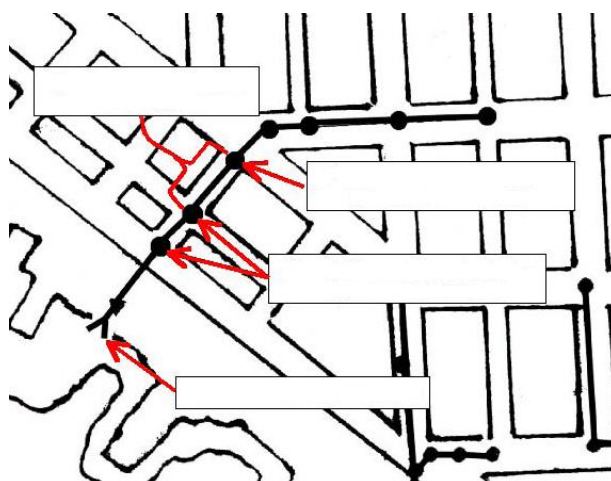


Figura 16 - Pequeno Exemplo de anotações na rede de drenagem.

Fonte: IDDE301, 2009

2.2.3 - Colheita de Amostras de Água

Quando é observada alguma anormalidade numa descarga de um colector de água pluvial, como as evidenciadas no ponto anterior, amostras de água têm de ser recolhidas para análise e confirmação de ligações clandestinas na rede (Figura 17). Estas amostras devem ser recolhidas somente quando existe caudal de “tempo seco” (OHIO EPA,2008).



Figura 17 - Recolha de uma amostra de caudal de “tempo seco”.

Fonte: US EPA, 2004

TUOMARI e THOMPSON (2004), defendem a recolha intensiva de amostras de água no local onde haja suspeita de descarga ilegal. Este método é muito eficiente no caso das descargas serem intermitentes, ou seja, se a fonte de uma descarga ilegal for de uma residência, só haverá evidência de caudal no colector quando um autoclismo for despejado, por exemplo. Daí que, quantas mais amostras recolhermos, mais facilidade teremos de saber, a partir das análises à água, que tipo de fontes estão envolvidas e mais hipótese teremos de encontrar descargas ilegais.

Depois de confirmada a descarga ilegal e confirmado no mapa da rede de drenagem qual o colector a seguir, o próximo passo será fazer a inspecção das caixas de visita que antecedem a “boca” do colector, verificando se existe caudal de “tempo seco” e procedendo à recolha de amostras de água até encontrar a fonte, anotando devidamente todas as indicações (Figura 18).

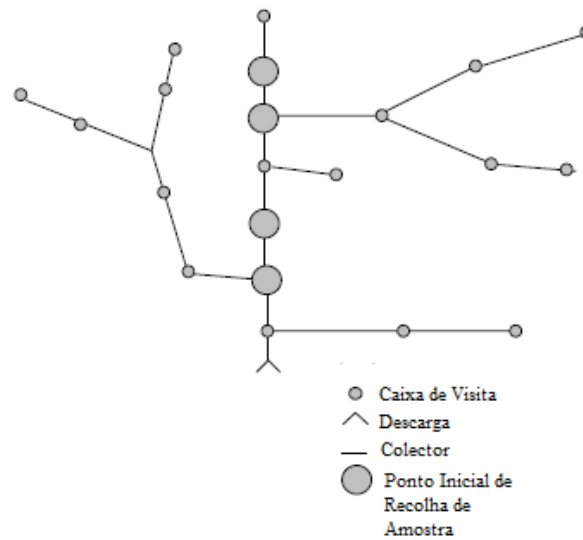


Figura 18- Anotações referentes à recolha de amostras.

Fonte: US EPA, 2004

Segundo o US EPA (2004), existem alguns indicadores que confirmam a presença de uma descarga ilegal:

- Amónia
- Boro
- Cloro
- Detergentes
- Vírus (E. Coli, Enterococi)
- Fluoreto
- pH
- Potássio
- Cobre
- Fenol
- Surfactante
- Cafeína
- Farmacêuticos

Este método traz algumas desvantagens, como o tempo de espera para saber os resultados laboratoriais de alguns indicadores ou o dispendioso custo dos testes de muitas amostras, porém é, sem dúvida, eficaz no que toca à confirmação de poluentes que evidenciam ilegalidade nas descargas (TUOMARI AND THOMSON, 2004).

A colheita de amostras de água torna-se bem mais dispendiosa quando se suspeita que o caudal de “tempo seco” é intermitente, ou seja, quando ocorre esporadicamente. Para não termos equipas constantemente no local a aguardar por uma descarga, métodos “automáticos” de recolha são usados, sendo os mais utilizados os seguintes:

- Colectores automáticos de recolha de amostras, pequenos equipamentos que são instalados em pontos estratégicos da rede de drenagem e que são accionados por pequenos caudais de tempo seco. Este tipo de teste é usado em redes de drenagem problemáticas em que o caudal de “tempo seco” é intermitente. Estas amostras quando recolhidas, registam automaticamente o dia e a hora a que foram accionadas, bem como a composição química da amostra, o que facilita bem mais a localização da fonte de descarga (US EPA, 2004).

- As Armadilhas Branqueadoras (Figura 19), são outro método que as equipas de campo podem usar para obter amostras de caudal de “tempo seco” intermitente, sem necessitar de estar no terreno. Estas armadilhas podem ser fabricadas e instaladas usando uma grande variedade de técnicas e materiais. Todas as configurações envolvem um absorvente, algodão ou amostra de tecido e um dispositivo de retenção ou ancoragem como uma armadilha de malha de arame. Estas armadilhas são ancoradas para o interior dos colectores usando um monofilamento e pesos que a segurem. A equipa de campo terá de recuperá-las depois de 7 dias de exposição de tempo seco consecutivo, tendo de ter sempre em atenção que não haja descargas pluviais naquele colector, pois se as houver, as armadilhas são lavadas limpando, assim, qualquer indício de contaminação.

Em laboratório, serão colocadas debaixo de uma luz fluorescente específica que indicam se foram expostas a detergentes (SARGENT E CASTONGUAY,1998; US EPA,2004).



Figura 19 - Exemplo de uma Armadilha Branqueadora.

Fonte: US EPA, 2004 ; MS4,2002

2.2.4 - Cães detectores de maus cheiros

Esta é uma técnica inovadora, referida na SCIENTIFIC AMERICAN (2009), que nasceu nos Estados Unidos da América, no estado do Michigan e que, apesar de estar em fase de evolução, é já usada e recomendada pela EPA, pela WERF (Water Environment Research Foundation) e pela ECS (Environmental Canine Services) que usam estes animais para detectar maus cheiros em caixas de visita e nas descargas que são feitas pelos colectores de águas pluviais nas linhas de água.

Estes cães são treinados para detectar, através do odor, as substâncias fecais humanas e alguma substâncias tóxicas (detergentes, etc.) que são transportadas nos colectores de água pluviais, devido às ligações clandestinas (Figura 20).



Figura 20 - Sable, o primeiro canino detector de descargas ilegais provocadas por ligações clandestinas.

Fonte: WERF, 2010

Estes animais muitas vezes também conseguem seguir o odor destas descargas até à sua origem, conseguindo a equipa de campo identificar que edifício está a fazer a descarga sem ter que recorrer a outras técnicas de detecção de ligações clandestinas como os testes de corante ou de fumo (SABLE THE SNIFFER, 2011).

É considerada uma técnica muito vantajosa, não só ao nível da forte diminuição de despesas como também na sua eficiência e eficácia comprovada, pois todos os dispendiosos e demorosos testes, como os testes de amostras de água que têm de ser recolhidos, realizados e sua respectiva análise para confirmação de irregularidades, não serão necessários.

2.2.5 - Termografia Infravermelha Aérea

Este é um método inovador, cada vez mais usado, para detecção de descargas ilegais através de colectores de águas pluviais, que confirmam as ligações clandestinas feitas nesse colector.

Esta técnica usa a diferença de temperatura (Figura 21), entre uma descarga de “tempo seco”, com uma temperatura mais elevada, e a linha de água, como um marcador para identificar via aérea, descargas ilegais (US EPA,2004).

O final do outono, o inverno e o início da primavera são as melhores alturas do ano para conduzir este tipo de investigações pois permitem obter maiores diferenças de temperatura entre as descargas e as linhas de água e a interferência da vegetação é minimizada (STOCKTON, 2004).



Figura 21 - Exemplo de uma imagem aérea por infravermelhos que detectou uma descarga ilegal.

Fonte: STOCKTON, 2003

Os métodos tradicionais para investigação de descargas ilegais, já evidenciados aqui, não providenciam uma cobertura eficiente de grandes áreas, pois como são efectuados no terreno, necessitam de grandes equipas e de bastante tempo, não só para identificar potenciais descargas ilegais, como também para análise de grande quantidade de amostras recolhidas, o que resulta em grandes custos. Este método inovador, apesar de dispendioso devido ao material em uso, o que porventura afastará eventuais comunidades interessadas, tem duas grandes vantagens do seu lado: a rapidez e como consequência disso, a eficiência, pois em poucas horas consegue examinar quilómetros de linha de água (STOCKTON, 2004).

O equipamento necessário para obter estas imagens térmicas inclui um helicóptero ou um avião, uma câmara de alta resolução por infravermelhos devidamente fixada, um GPS e um equipamento de gravação digital. Se um avião for utilizado, terá de se usar uma câmara de maior resolução devido às grandes altitudes. Os voos têm de ser feitos à noite para minimizar os reflexos da radiação solar que podem afectar as imagens obtidas. O GPS pode ser combinado com um programa de mapas e um vídeo codificador-descodificador (Figura 22), que exhibe as coordenadas, data e hora, facilitando assim a procura no terreno. Depois de obtidas as imagens, estas serão analisadas para determinar se existe assim caudal de “tempo seco” a ser descarregado nas linhas de água sobrevoadas sendo o próximo passo a confirmação de descargas legais, por parte da equipa de terreno (STOCKTON, 2004).

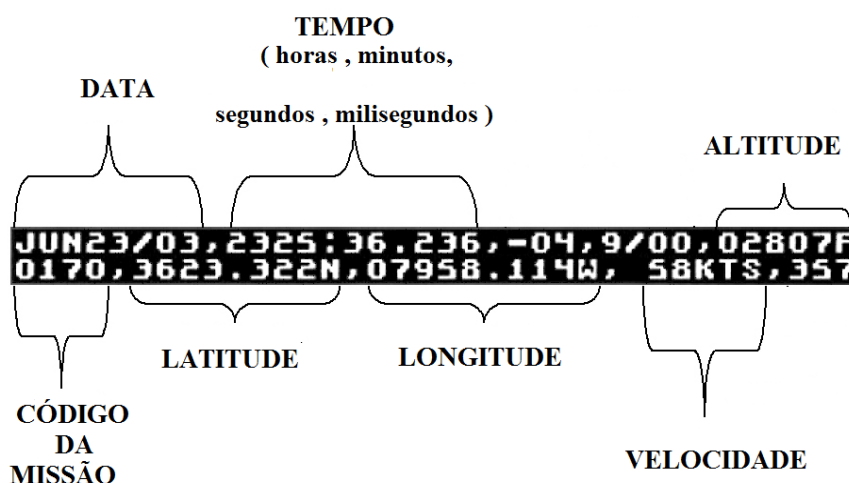


Figura 22 - Guia de anotações do vídeo codificador-descodificador.

Fonte: STOCKTON, 2004

2.2.6 - Cabo de Fibra-Óptica com Sensores de Temperatura Distribuídos

Este método inovador Holandês, ainda pouco aplicado na detecção de ligações clandestinas, usa a mesma teoria que a termografia infravermelha aérea com a diferença de não detectar as descargas na linha de água através de diferenças de temperatura, mas sim detectar no interior dos colectores de água pluvial diferenças de temperatura que indicam a localização de ligações clandestinas que estejam a descarregar ilegalmente águas residuais domésticas ou industriais.

A aplicação deste método nos colectores de água pluviais é feita com um cabo de Fibra-Óptica padrão em combinação com um instrumento autónomo que contém um laser, sensores optoelectrónicos e um computador. Na extremidade onde vai ser feita a leitura, portanto fora do colector, o cabo é conectado ao instrumento de leitura (Instrumento computador / laser) que é geralmente instalado dentro de um pequeno contentor para ser protegido da chuva e do roubo, como pode ser observado na Figura 23 (HOES et al.,2009).

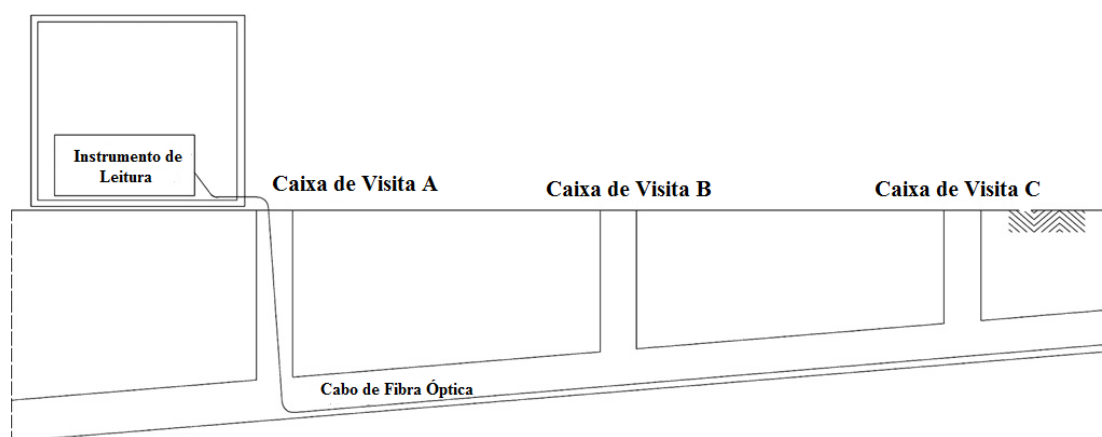


Figura 23 - Esquema de montagem do cabo de Fibra-Óptica.

Fonte: HOES et al., 2009

A instalação do cabo de Fibra-Óptica no colectores exige puxar uma corda do poço de visita A para o B (ver Figura 23), tendo primeiro que enviar um dispositivo propulsor aquático com a corda amarrada da caixa de visita B para o A, podendo depois manualmente puxar a corda, já com o cabo de Fibra-Óptica anexado, da caixa de visita B. É importante usar este método pois puxando o cabo de Fibra-Óptica manualmente assegura que em caso de obstrução súbita do colectores, não vai haver danos no cabo devido a pressões ou força exercida. Estes passos são repetidos para as caixas de visita que se seguem (HOES et al.,2009).

A medição é feita através de uma luz laser que é emitida através do instrumento de leitura computador/ laser (HALO DTS - Distributed Temperature Sensing), para o cabo de Fibra-Óptica e que permite que este recolha informações relativas a mudanças de intensidade de temperatura, associadas a uma hora e à coordenada de cabo (Figura 24) onde essa alteração de temperatura ocorreu, permitindo-nos saber em que local exacto do colectores está a ser feita a descarga.

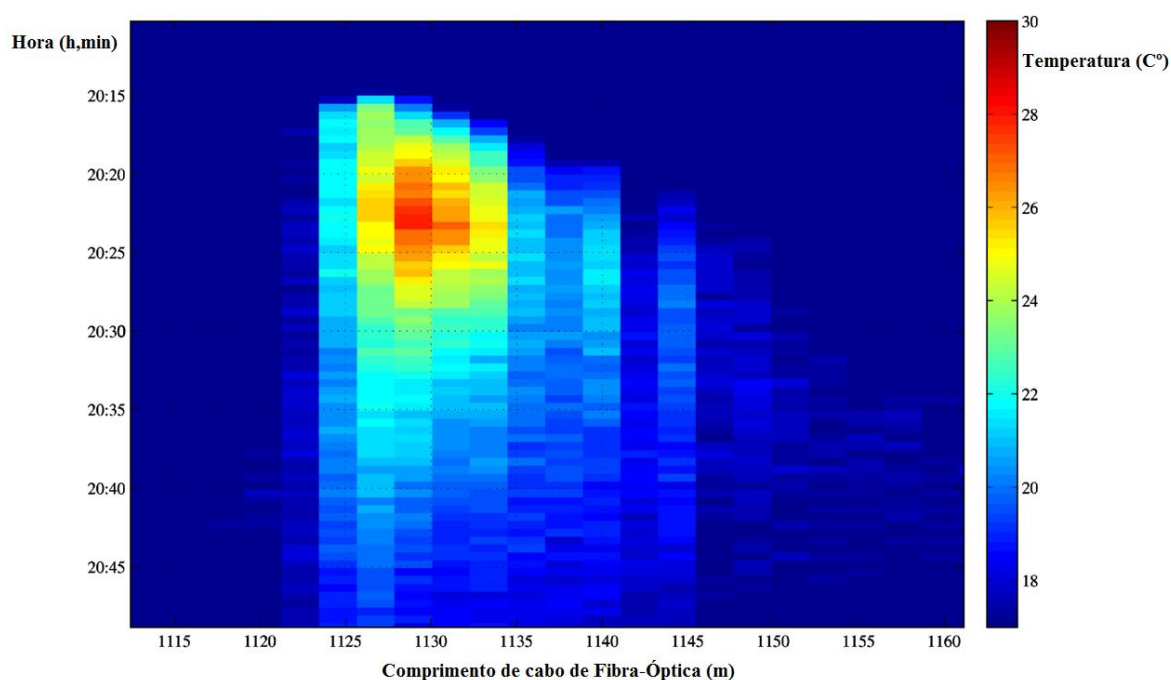


Figura 24 - Exemplo de uma leitura, que indica um aumento de temperatura na coordenada do cabo, 1125m às 20:45h; aumento esse associado a uma descarga de água residual doméstica ou industrial a partir de uma ligação clandestina ao colectores de água pluvial.

Fonte: HOES et al., 2009

As medições devem ser feitas quando não existe precipitação pois a água da chuva influencia os resultados. Desta forma, é recomendado que se façam medições com tempo seco e com pouca água no colector. É um método muito viável visto que praticamente não requer acesso a propriedade privada, o que muitas vezes é um problema. Em comparação com outras técnicas de detecção de ligações clandestinas é muito fiável nos resultados obtidos, demonstrando um acerto infalível, e na constante monitorização no tempo e espaço, o que permite detectar a tão difícil intermitência de caudal de “tempo seco” (HOES et al., 2009).

2.2.7 - Inspeção através de Vídeo

Este método é dos mais utilizados hoje em dia para detectar ligações clandestinas. Quando é confirmada a zona, ou o colector de água pluvial ou o colector de água residual doméstica ou industrial de onde provém a descarga ilegal, estes colectores podem ser inspeccionados através de câmaras para localizar a posição exacta da ligação clandestina. É um método bastante mais seguro do que ter equipas de campo em espaços muito confinados a tentar localizar fontes de poluição (MS4, 2002).

Segundo o US EPA (2004), esta inspeção por vídeo funciona guiando uma câmara de vídeo móvel acoplada, por exemplo, a um pequeno robô (Figura 25) no interior do colector. As imagens recebidas mostram o interior do colector e permitem observar potenciais ligações clandestinas que estejam a fazer descargas ilegais. Esta técnica não detecta todos os tipos de descarga, particularmente quando a ligação clandestina não está a fazer descargas na altura em que o equipamento de vídeo está a inspeccionar. São usados diferentes tipos de equipamento, dependendo do diâmetro e das condições do colector a ser testado. Por vezes o colector tem de ser desobstruído através de um sistema de jacto de água ou de equipamentos de aspiração para o equipamento poder passar. Equipas de campo devem rever os mapas da rede de drenagem e de preferência visitar o local antes de seleccionar o equipamento de vídeo para o teste.



Figura 25 - Robô com Câmara de Vídeo acoplada.

Fonte: US EPA, 2004

Em adição, o equipamento de vídeo terá de ter um sistema de circuito fechado para poder transmitir e ser controlado a partir do exterior (Figura 26) através de uma estação acoplada a um camião ou até mesmo uma estação portátil, registando e gravando a inspecção para futuras referências e reparações.



Figura 26 - Estação que controla o equipamento de vídeo.

Fonte: US EPA, 2004

Se o colector tiver bastante água, não permitindo a utilização do pequeno robô, a câmara pode ser anexada a uma pequena jangada, que irá amarrada a uma corda, flutuando de uma caixa de visita para a seguinte.

É uma técnica muito fiável e produtiva no que toca à detecção destas ligações, porém bastante dispendiosa devido ao equipamento necessário.

2.2.8 - Teste com Corante

O teste do corante é uma técnica muito usada para a detecção da fonte que está a fazer as descargas ilegais nos colectores públicos e que envolve a colocação de um líquido corante não tóxico em sanitas, bacias, drenos de águas pluviais, entre outras canalizações (Figura 27). O corante, ao ser vertido nas canalizações, vai escoar para o colector público e indicar-nos, assim, se o colector no qual a tinta está a escoar é o correcto. No caso de o corante surgir no colector errado, é porque a instalação não está em conformidade e ligações clandestinas foram feitas (TUOMARI AND THOMSON, 2004).

Este método é usado apenas quando já se tem conhecimento em que área está a ser feita uma descarga ilegal, mas se desconhece qual a fonte de descarga. É importante antes de se começar qualquer teste, que as equipas de campo tenham mapas da rede de drenagem da zona em estudo, para poderem saber que conexões existem ao colector público e qual a melhor maneira de a elas poderem aceder. Um dos grandes problemas deste método é ser necessária a entrada em propriedade privada (industrial, comercial ou residencial) para ser posto em uso e que pode ser concedida mais facilmente avisando a entidade em questão antecipadamente, ou transportando uma carta que comprove a autoridade legal para ter acesso à propriedade (US EPA, 2004).



Figura 27 - Colocação de corante numa canalização.

Fonte: US EPA, 2004

Ao realizar o teste, a equipa de campo deve observar onde se encontram as canalizações e, por exemplo, observar as práticas de limpeza interior e exterior no caso de ser uma residência. Um plano é preparado para saber onde colocar o corante e que tipo de corante vai ser usado. Há corantes de todo o tipo de cores devendo usar-se o que se diferenciar mais da água pela qual vai passar. Cores diferentes podem ser usadas para identificar depois, no colector principal público, as diferentes canalizações onde foi descarregado o corante. Dois membros devem fazer parte da equipa, um para deitar o corante na canalização, juntamente com água a correr, e outro para o detectar a jusante, na caixa de visita mais próxima, e informar via rádio se o corante passou ou não no colector. Se o corante não for observado, o teste deve ser repetido até que seja confirmado no colector de águas pluviais ou no colector de águas residuais domésticas/industriais (Figura 28), ou até mesmo em linhas de água se próximas. Se o corante, que foi deitado num dreno de águas pluviais aparecer no colector de águas residuais domésticas/industriais, ou se o corante que foi deitado numa sanita aparecer no colector de água pluvial, trata-se de uma ligação clandestina (US EPA, 2004 ; TUOMARI AND THOMSON, 2004).



Figura 28 - Corante a fluir num colector.

Fonte: US EPA, 2004

No caso de o teste estar a ser realizado em grandes redes de drenagem e não se esperar que o corante apareça nas horas seguintes, pequenos sacos de carvão vegetal mergulhados numa solução específica, são usados para serem colocados onde se espera que o corante apareça, sendo depois recolhidos e analisados. Estes pacotes permitem ganhar tempo, podendo a equipa de campo passar para outra instalação, ou outras canalizações. O corante pode demorar minutos a fluir ou até mesmo dias (MS4, 2002).

Esta técnica é muito simples de usar, muito pouco dispendiosa, e permite identificar facilmente se uma instalação está em conformidade ou não, não sendo necessária a entrada de pessoal em espaços confinados para fazer qualquer tipo de inspecção. Por outro lado, consome muito tempo no caso de pouca água fluir para os colectores de modo a levar o corante e no caso de grandes caudais ou caudais muito turvos ser difícil detectar o corante, daí ser aconselhado quando se faz o teste, o caudal de água ser aceitável. A necessidade de ter de entrar em propriedade privada para realizar o teste é outra desvantagem (TUOMARI AND THOMSON, 2004).

2.2.9 - Teste com Fumo

O teste de fumo é outra das técnicas mais usadas, para isolar a fonte que está a descarregar ilegalmente caudal nos colectores indevidos. Este método funciona através da injeção de fumo, no colector de águas pluviais ou no colector de águas residuais domésticas/industriais, de forma a saber onde o fumo vai emergir (US EPA, 2004).

Quando estes testes são realizados, agências, como bombeiros e polícia devem ser notificados. A população em causa também deve ser notificada, da data do teste, as razões pelas quais está a ser realizado, das precauções que podem ter para evitar que o fumo entre nas suas casas (em caso do teste ser realizado numa residência), e que o fumo não é tóxico, mas por vezes pode causar alguma irritação respiratória (HURCO TECHNOLOGIES, 2011).

O equipamento necessário para este teste, para além do equipamento de segurança, é uma fonte de fumo, um “ventilador” para fazer circular o fumo e sacos de areia ou tampões próprios para selar os colectores de forma a ser possível controlar o caminho que o fumo vai percorrer.

Existem dois tipos de fonte de fumo que depois são ventilados para os colectores. O primeiro é uma “bomba” de fumo, ou “vela”, que queima a uma velocidade controlada e que liberta fumo branco em concentrações relativamente baixas mas visíveis (Figura 29). Estas “bombas” são suspensas no interior do colector sendo depois ventiladas de modo a que o fumo possa circular. O segundo é fumo líquido, é um produto à base de petróleo que é injectado no ar quente de um ventilador, onde é aquecido e vaporizado (Figura 30). Em geral, o fumo líquido não é tão visível e consistente, em comparação ao fumo das “velas”, nem “viaja” até tão longe num colector.



Figura 29 - Bomba que injecta fumo líquido na rede de drenagem.

Fonte: US EPA, 2004



Figura 30 - “Velas” que libertam fumo.

Fonte: US EPA, 2004

Três passos básicos estão envolvidos no teste. É necessário primeiro selar, através das caixas de visita, o sector do colector que está em teste, com sacos de areia ou tampões próprios, que se adaptam a este, de forma a não deixar passar o fumo para outros sectores do colector, nomeadamente, o sector seguinte e o anterior. A seguir, o fumo é libertado e é forçado, pelo ventilador, a “viajar” na rede. O teste deve ser feito apenas caixa de visita por caixa de visita e não duas ao mesmo tempo. Por último, a equipa de campo terá de ver sinais de qualquer tipo de saída de fumo e interpretá-lo.

As situações mais comuns que indicam ligações clandestinas em residências, por exemplo, são, quando o fumo é visto a subir os tubos das caleiras, indicando ligações de águas pluviais feitas ao colector de água residual doméstica, ou então fumo a sair pelas canalizações internas e saídas de ventilação de saneamento do edifício (Figura 31), indicando ligações clandestinas de águas residuais domésticas ao colector de águas pluviais (US EPA,2004).



Figura 31 - Libertação de fumo no sistema de ventilação do colector de saneamento.

Fonte: US EPA, 2004

2.3 - Exemplos de casos de estudo

Vários estudos foram feitos em alguns pontos do mundo usando algumas destas técnicas, obtendo resultados muito positivos, comprovando efectivamente que este problema necessita de ser combatido e claramente eliminado. Apresenta-se em seguida alguns exemplos.

2.3.1.- Estados Unidos da América

Nos Estados Unidos da América, no estado do Michigan, foi feito um dos maiores ataques contra a poluição danosa dos rios, provocadas por descargas poluentes. Foi chamado de Projecto do Rio Rouge (Rouge River Project). O projecto começou em 1992 e desde o início que teve a participação e ajuda da Agência de Protecção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA). A bacia do Rio Rouge abrange uma área de cerca de 705 km² e basicamente é o “dreno” de uma área densamente urbanizada, industrializada, onde eram de esperar descargas industriais e descargas de ETAR's. O projecto iniciou-se pois o Rio Rouge foi designado como uma fonte significativa de poluição para o sistema dos Grandes Lagos.

Milhares de amostras de água retiradas de locais estratégicos da bacia foram examinadas por forma a saber que género de poluição existia e em que locais era mais evidente. Uma base de dados SIG detalhada com todos os colectores, caixas de visita, foi criada para ajudar os técnicos de campo. Para além das amostras de água retiradas, outros métodos foram aplicados e usados como a observação visual em campo das descargas feitas pelos colectores e a termografia infravermelha aérea.

Através destes testes, cerca de 6000 descargas ilegais de água residual não tratada foram detectadas. Após a localização das descargas consideradas ilegais, testes de fumo e a filmagem dos colectores, determinaram a fonte poluidora. Cerca de 5000 ligações clandestinas foram descobertas e as entidades responsáveis pelas fontes poluentes devidamente notificadas.

Foi sem dúvida um projecto de sucesso que ainda hoje está operacional e que é ainda hoje um exemplo em todo o mundo. Foi o ponto de partida para que, hoje em dia, nos Estados Unidos da América, todos os municípios de todos os estados, tenham um programa de gestão de águas residuais que serve não só para educar a população e as entidades públicas e privadas mas também para saber como lidar com este problema (TUOMARI, D. C.;JOHNSON, B., 1999).

2.3.2 - Brasil

2.3.2.1 - Rio de Janeiro

Na Lagoa Rodrigo de Freitas, no Rio de Janeiro, a CEDAE (Companhia Estadual de Águas e Esgotos), fez uma inspecção a 10 quilómetros de colectores de águas pluviais onde se suspeitava estarem a ser descarregadas águas residuais domésticas. Para ser feito esse trabalho, a CEDAE usou um robot com uma câmara acoplada que capta imagens, para fazer a inspecção aos colectores. À medida que o robot corria os colectores, técnicos colocaram um corante vermelho nas caixas de inspecção dos ramais de ligação dos edifícios de forma a saber se estas estariam ligadas devidamente ao colector de águas residuais domésticas ou irregularmente ao colector de águas pluviais. O corante foi filmado pelo robot a escoar no colector de águas pluviais em 8 edifícios. Estes edifícios estavam, pois, em condições irregulares (CEDAENET, 2011).

2.3.2.2 - Município de Santo André

No município de Santo André, na região de São Paulo, a SEMASA (Serviço Municipal de Saneamento Ambiental de Santo André) inspeccionou 43600 metros de colectores públicos de água residual doméstica, cerca de 160.000 ligações à rede, com o intuito de identificar lançamentos ilegais no sistema de drenagem. Foram feitas leituras de vazão em caixas de visita estratégicas e à entrada das ETAR's, através de sensores electromagnéticos, de forma a saber se os caudais escoados nos colectores estavam relacionados com a possível entrada indevida de água pluvial, tendo como consequência a sobrecarga do sistema. Depois de detectadas as localizações suspeitas, passou-se aos testes nos colectores, mais concretamente, testes de fumo, testes de corante e filmagens internas dos colectores, para detectar a fonte. Das 160.000 ligações à rede que foram inspeccionadas, cerca de 10% apresentaram irregularidades (SEMASA, 2002 ; DIAS, 2002).

2.3.3 - Holanda

Na Holanda, nas regiões de Groningen e Korendijk, foram feitas inspecções nos colectores públicos de águas pluviais para serem identificadas possíveis ligações clandestinas de águas residuais domésticas e águas residuais industriais. Através de cabos de fibra-óptica, com sensores de temperatura distribuídos, inseridos em 1264 metros de colector em Korendijk e de 1160 metros de colector em Groningen, procedeu-se à localização de possíveis descargas ilegais de águas residuais domésticas e industriais através da variação dos níveis de temperatura que existe entre as águas pluviais, mais frias, e as águas residuais domésticas / industriais, mais quentes. As leituras foram feitas com intervalos de 30 segundos durante vários dias. No final do estudo, foram detectados aumentos de temperatura bastante consideráveis em alguns pontos dos colectores, na ordem dos 10°C/15°C, coincidentes com os picos de utilização de água por parte da população, nomeadamente, entre as 6:00h e as 8:00h e entre as 17:00h e as 21:00h.

As verificações através de testes de campo (Vídeo, Fumo, Corante, etc.) foram feitas para confirmar a entrada ilegal de águas residuais domésticas/industriais nos colectores, nos precisos pontos em que o aumento de temperatura da água era notado. Os resultados são precisos e onde variações de temperatura foram notadas, ligações clandestinas foram confirmadas (HOES et al.,2009).

2.3.4 - Portugal

Em Portugal, já se começa a dar a devida importância a este assunto tão problemático e exemplo disso é a iniciativa que partiu da EMARP (Empresa Municipal de Águas e Resíduos de Portimão).

Num local suspeito de ligações clandestinas e com a ajuda de um robot com uma câmara de vídeo acoplada que correu o sistema de drenagem de águas residuais, foi detectada mais de uma centena de ligações clandestinas feitas por empresas particulares e até empresas de serviço público, nos colectores públicos de águas residuais. Em pouco menos de um ano a EMARP conseguiu eliminar quase todas as irregularidades (BARLAVENTO, 2011).

CAPÍTULO 3

METOLOGIA

3 - Metodologia

3.1 - Enquadramento da Região

O sistema público de drenagem de águas residuais em análise pertence ao município de Vila Real. A entidade gestora responsável pela construção e exploração deste sistema é a Empresa Municipal de Águas e Resíduos de Vila Real (EMARVR).

Vila Real, capital de distrito pertence à antiga província de Trás-os-Montes e Alto Douro. Limitada a Norte pela Espanha, a Este pelo distrito de Bragança, a Sul pelo distrito de Viseu e a Oeste pelo distrito do Porto e distrito de Braga, como é visível na figura 32, insere-se na NUTS II do Norte de Portugal nos termos da Nomenclatura das Unidades Territoriais para Fins Estatísticos e divide-se em duas regiões, a região do Alto Tâmega (Montalegre, Boticas, Chaves, Ribeira de Pena, Vila Pouca de Aguiar e Valpaços) e o Vale Douro Norte (Murça, Alijó, Vila Real, Sabrosa, Mesão Frio, Peso da Régua e Santa Marta de Penaguião).

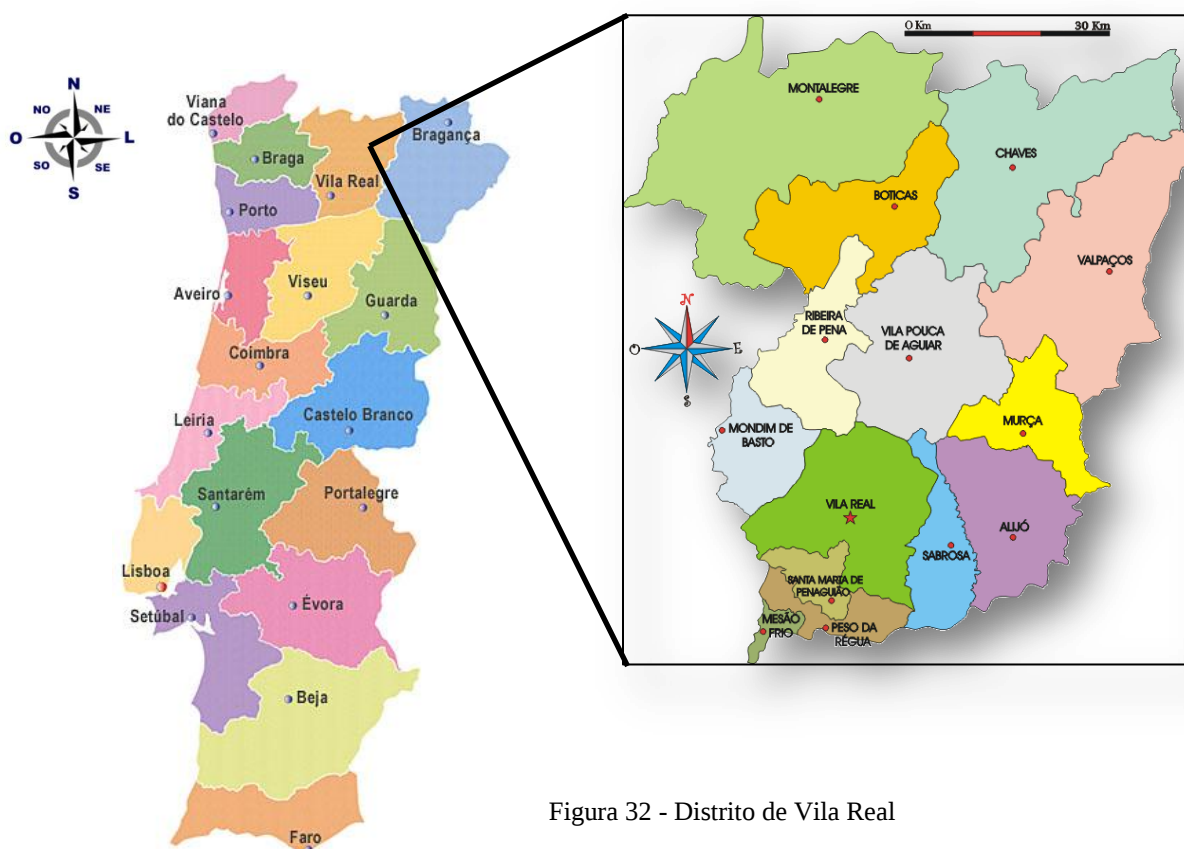


Figura 32 - Distrito de Vila Real

O distrito é muito montanhoso, atingindo a maior altitude na Serra do Larouco, com 1525 metros, sendo também de salientar as serras de Coroa, das Alturas, da Padrela do Marão e do Alvão, bem como o planalto do Barroso, a mais de 1200 metros de altitude.

Vila Real também é sede de município, o qual se estende por 377,08 km² de área, no qual habitam aproximadamente 52219 pessoas segundo os últimos censos de 2011. Situa-se na parte sul do distrito, num planalto rodeado pelas serras do Marão e do Alvão e é limitado pelos concelhos de Ribeira de Pena, Santa Marta de Penaguião, Peso da Régua, Vila Pouca de Aguiar, Sabrosa e Mondim de Basto como mostra a figura 33 e subdivide-se em 30 freguesias (Figura 33). O Município é banhado pelo Rio Corgo, um dos afluentes do rio Douro e que constitui o principal elemento na sua rede hidrográfica.

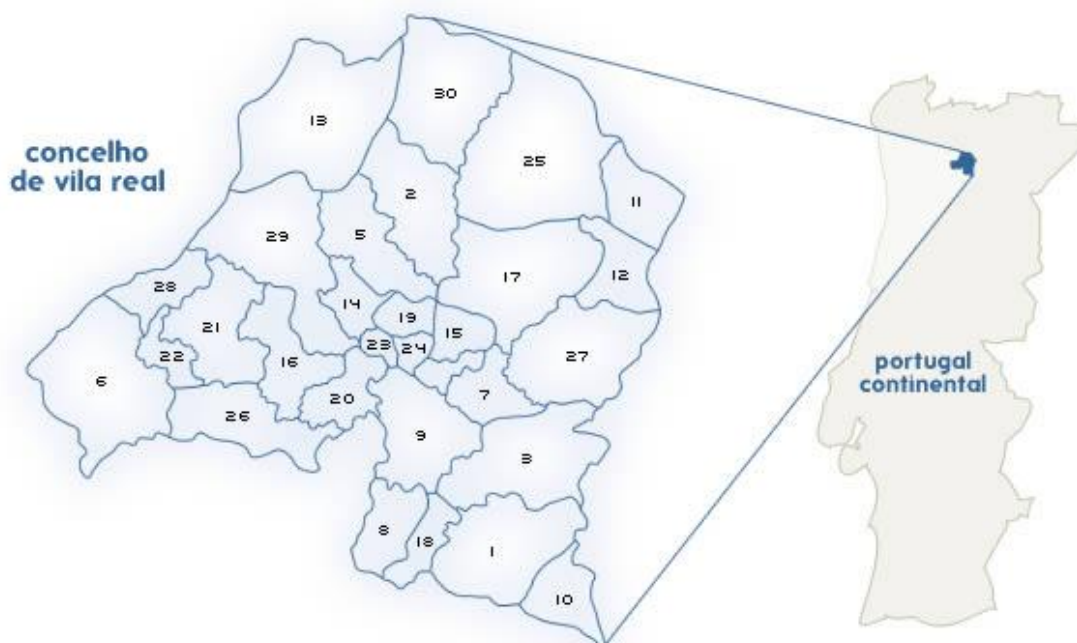


Figura 33 - Freguesias do Concelho de Vila Real

Fonte: EMARVR,2011

1 - Aباças	11 - Justes	21 - S. Miguel da Pena
2 - Adoufe	12 - Lames	22 - Quintã
3- Andrães	13 - Lamas de Olo	23 - São Diniz
4- Arroios	14 - Lordelo	24 - São Pedro
5 - Borbela	15 - Mateus	25 - São Tomé do Castelo
6 - Campeã	16 - Mondrões	26 - Torgueda
7 - Constantim	17 - Mouços	27 - Vale de Nogueiras
8 - Ermida	18 - Nogueira	28 - Vila Cova
9 - Folhadela	19 - N.ª Sra. Da Conceição	29 - Vila Marim
10 - Guiães	20 - Parada de Cunhos	30 - Vilarinho da Samardã

Em relação ao clima e devido à sua situação geográfica, Vila Real tem um clima de extremos onde os dias intermédios são raros, com um inverno bastante prolongado, e com temperaturas abaixo dos 0°C graus a queda de neve é um cenário bastante comum. Por outro lado, o Verão é bastante quente com temperaturas a rondar os 40°C graus. A estação seca vai de Maio a Setembro, em que o trimestre mais seco vai de Julho a Agosto e o trimestre mais chuvoso de Novembro a Janeiro.

A rede de drenagem de águas residuais, em grande parte do distrito, já trabalha num sistema separativo, como obriga a legislação. Porém ainda há zonas do distrito, mesmo nas próprias cidades, em que o sistema de drenagem em vigor ainda é o unitário, o que significa que são necessárias alterações nestas infra-estruturas.

Relativamente ao tratamento de águas residuais, o distrito está bem servido, contando com ETAR's espalhadas por todo o território, nomeadamente na região do Alto Tâmega, a ETAR de Montalegre no concelho de Montalegre, a ETAR de Boticas no concelho de Boticas, as ETAR's de Ribeira de Pena e Cerva no concelho de Ribeira de Pena, as ETAR's de Cidadelhe, Vila Pouca de Aguiar e de Sabroso de Aguiar no concelho de Vila Pouca de Aguiar, as ETAR's de Valpaços, Carrazedo de Montenegro e de Vilarandelo no concelho de Valpaços, as ETAR's do Vidago, Loivos, Chaves, Vila Verde da Raia e Santo Estevão de Faiões no concelho de Chaves e na região do Vale Douro Norte, as ETAR's de Noura-Sobredo e Murça no concelho de Murça, a ETAR de Sabrosa no concelho de Sabrosa, as ETAR's de Vila Chã, Sanfins, S. Mamede de Riba Tua, Pinhão e Alijó no concelho de Alijó, as ETAR's de Galafura, Vilarinho, Canelas, Moura e Peso da Régua no concelho do Peso da Régua, as ETAR's de Barqueiros, Vila Marim e de Mesão Frio no concelho de Mesão Frio, as ETAR's de S. João, Medrões, S. Miguel, Fornelos, Cumieira, Sever-Fontes, Mafómedes-Veiga no concelho de Santa Marta de Penaguião e por fim no concelho de Vila Real, as ETAR's de Sabroso, Andraes e Vila Real.

Mesmo assim, ainda existem povoações que descarregam as suas águas residuais sem tratamento no leito dos rios pois não têm qualquer tipo de infra-estruturas de saneamento, situação esta que deverá ser corrigida.

Actualmente, Vila Real vive uma fase de crescente desenvolvimento, a nível industrial, comercial e dos serviços, com relevo para a saúde, o ensino, o turismo, etc., apresentando-se como local de eleição para o investimento externo.

Ao nível da rede rodoviária encontra-se devidamente ligada, quer ao litoral quer ao interior, com acesso rápidos a Bragança, Porto, Chaves e Viseu o que permite um crescimento sustentado.

3.2 - Caracterização da Área de Estudo

A área que é abrangida por este caso de estudo é o loteamento Vila Paulista que se situa na cidade de Vila real, na freguesia de Mateus, junto ao Intermarché (Figura 34). Como já referido, a entidade responsável pela rede de drenagem de águas residuais em estudo no presente trabalho é a EMARVR.

Fazem parte do loteamento 67 moradias que escoam as suas águas residuais num sistema separativo, através de colectores em PVC com 200 mm de diâmetro, no sistema de drenagem de águas residuais de Vila Real. As águas pluviais são descarregadas no Rio Corgo e as águas residuais domésticas são encaminhadas para o interceptor do corgo (colector principal) que por sua vez encaminha as águas para a ETAR de Vila Real como demonstra a imagem no anexo A.



Figura 34 - Vila Paulista

Fonte: GOOGLE MAPS, 2011

A ETAR de Vila Real (Figura35), tendo sido construída para servir um equivalente populacional de 60000 habitantes, é responsável pelo tratamento das águas residuais domésticas e industriais de toda a cidade de Vila Real e de algumas freguesias periféricas, como é o caso da freguesia de Lordelo, Borbela, Folhadela, Parada de Cunhos, Arroios, Mouçós e Mateus.

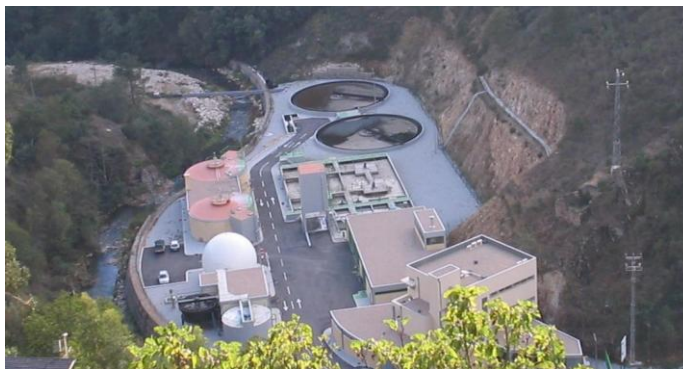


Figura 35 - ETAR de Vila Real

Fonte: ATMAD, 2011

A ETAR localiza-se no fundo de um vale muito cavado, próximo da confluência do rio Cabril com o rio Corgo, no aluvião criado na margem do rio, numa zona orograficamente acidentada, próxima do centro urbano de Vila Real.

3.3 - Descrição do Caso de Estudo

O objectivo deste caso de estudo é verificar a existência de entradas indevidas de águas pluviais na rede separativa de águas residuais domésticas do loteamento Vila Paulista (Anexo B).

O constante extravasamento de águas residuais domésticas através das caixas de visita (exemplificado previamente na figura 8) ao longo do interceptor do Corgo em dias de chuva, levou a que houvesse suspeita por parte da EMAR Vila Real de ligações clandestinas em alguns emissários que escoam as águas residuais domésticas no interceptor do Corgo.

O principal factor de escolha da rede de drenagem deste loteamento foi, exactamente, por estar isolado e se tratar de um caso de mais fácil controlo, ou seja, todo o caudal de águas residuais domésticas gerado é escoado para o mesmo colector que por sua vez está ligado ao interceptor do Corgo. Outro factor importante foi a possibilidade de ter acesso a todas as plantas necessárias devidamente actualizadas (Figura 36).

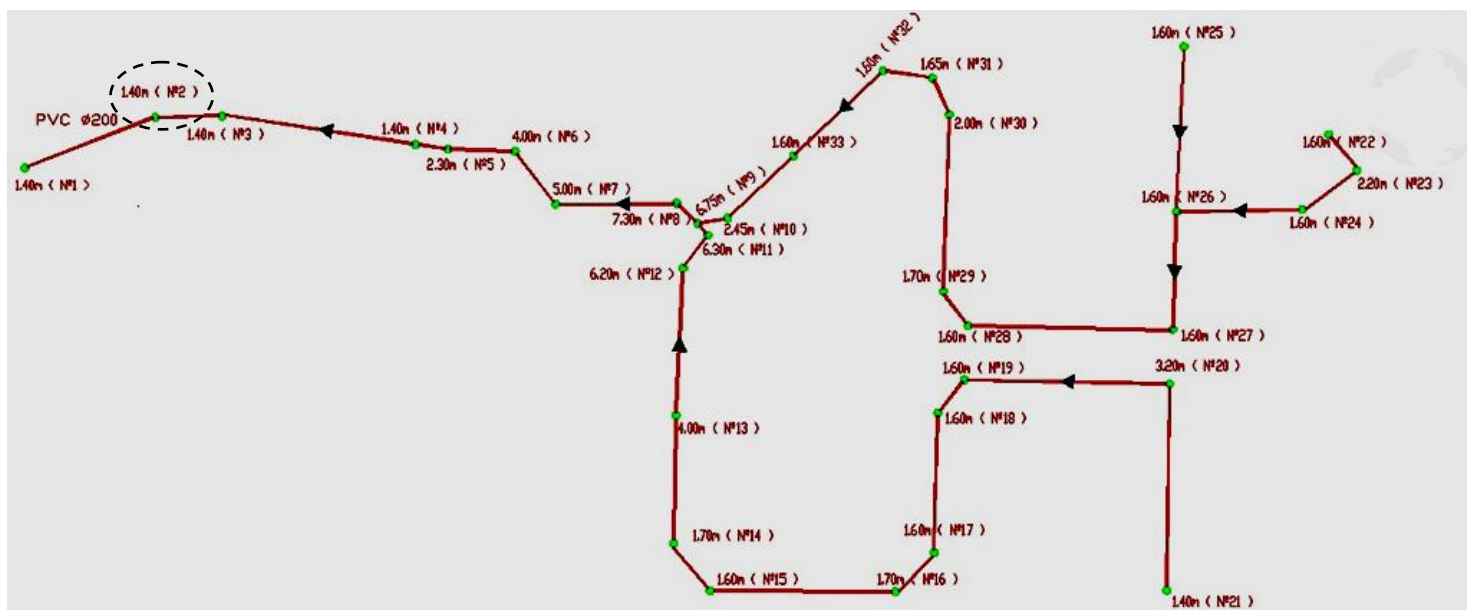


Figura 36- Rede de drenagem do loteamento com as caixas de visita devidamente enumeradas

De forma a monitorizar todo o sistema e medir em tempo real a afluência à rede das águas residuais domésticas produzida pela população do loteamento foi instalado um sistema de monitorização numa caixa de visita estratégica capaz de fazer a leitura de todo a rede de drenagem, sendo detalhado posteriormente.

As leituras foram feitas diariamente, durante os meses de Janeiro, Fevereiro, Março e Abril de 2012.

Foram conseguidos também os dados pluviométricos diários da região durante o tempo de estudo, sendo estes fornecidos por parte de um site profissional de informação internacional meteorológica (OGIMET, 2012).

Com esta recolha de dados é simples apurar a afluência de águas pluviais ao sistema separativo de águas residuais domésticas, através da correlação entre a precipitação atmosférica e os valores acusados de afluência de escoamento de água residual doméstica à rede.

Desta forma, foi possível fazer a comparação relativamente ao escoamento de caudal em dias chuvosos e dias secos e verificar nos dias chuvosos possíveis aumentos de caudal relacionados com a entrada indevida de água pluvial na rede.

Há um factor que é normal ser ponderado, o caudal de infiltração nos colectores.

Neste estudo, este caudal é ignorado pois a rede de drenagem em questão está situada a uma cota bastante superior relativamente à linha de água mais próxima, o Rio Corgo, o que indica a não presença de água no solo.

Mesmo admitindo o caudal de infiltração, o que significaria a sua contabilização no escoamento final, este não traria qualquer influência que pudesse adulterar as conclusões finais pois seriam de uma grandeza extremamente pequena.

Um aspecto que merece ser evidenciado neste estudo é a existência de poços ou captações de água, que são feitos ilegalmente pelos moradores, para não usarem água da rede quando lavam o carro, usam o sistema de rega ou até mesmo quando enchem a sua piscina, no caso de a terem, de modo a diminuir as suas despesas.

Não estando cadastrados estes eventuais poços, aos quais os residentes recorrem durante o período seco, sobretudo no verão, significará que água não facturada estará a entrar em excesso nos colectores de águas pluviais ou no caso de existirem ligações clandestinas, a entrar em excesso nos colectores de águas residuais domésticas. Quererá isto dizer que haverá um aumento substancial no volume do caudal de escoamento.

Cabe às entidades gestoras verificar estes furos ou poços não licenciados, de forma a poder controlar este tipo de incumprimentos.

3.3.1 - Descrição do Sistema de Monitorização

Para registar as leituras em tempo real de caudal foi instalado num ponto estratégico do sistema de rede de drenagem, um caudalímetro que mede em tempo real o fluxo de caudal escoado, mais concretamente o FLO-DAR 4000 SR (FLOWTRONIC, 2012).

O caudalímetro é constituído por duas partes distintas, o FLO-DAR sensor que faz as leituras de caudal (Figura 37) e o FLO-LOGGER que armazena os dados que são registados pelo sensor (Figura 38).



Figura 37- FLO-DAR

Fonte: FLOWTRONIC, 2012



Figura 38- FLO-LOGGER

Fonte: FLOWTRONIC, 2012

Como demonstra a figura 39, o sensor FLO-DAR, de forma a medir o volume de caudal de escoamento em superfície livre, combina(FLOWTRONIC, 2012):

- Um Radar Digital Doppler de velocidade que permite a medição da velocidade a que circula o caudal, através do Efeito de Doppler.
- Um Sensor de Velocidade de Sobrecarga, electromagnético, que é usado apenas quando o FLO-DAR está submerso, para garantir a leitura de velocidade do caudal já que o Radar Digital Doppler de Velocidade não funciona mediante essas circunstâncias.
- Um Radar de Profundidade Ultra-sónico que permite, através do efeito de Doppler, fornecer a distância até à superfície de caudal e por sua vez a profundidade do caudal de escoamento. Quando o FLO-DAR está submerso, o Radar de Profundidade Ultra-sónico é impedido de funcionar e a profundidade passa a ser medida por um sensor de pressão existente no FLO-DAR, somente activado nesta situação.

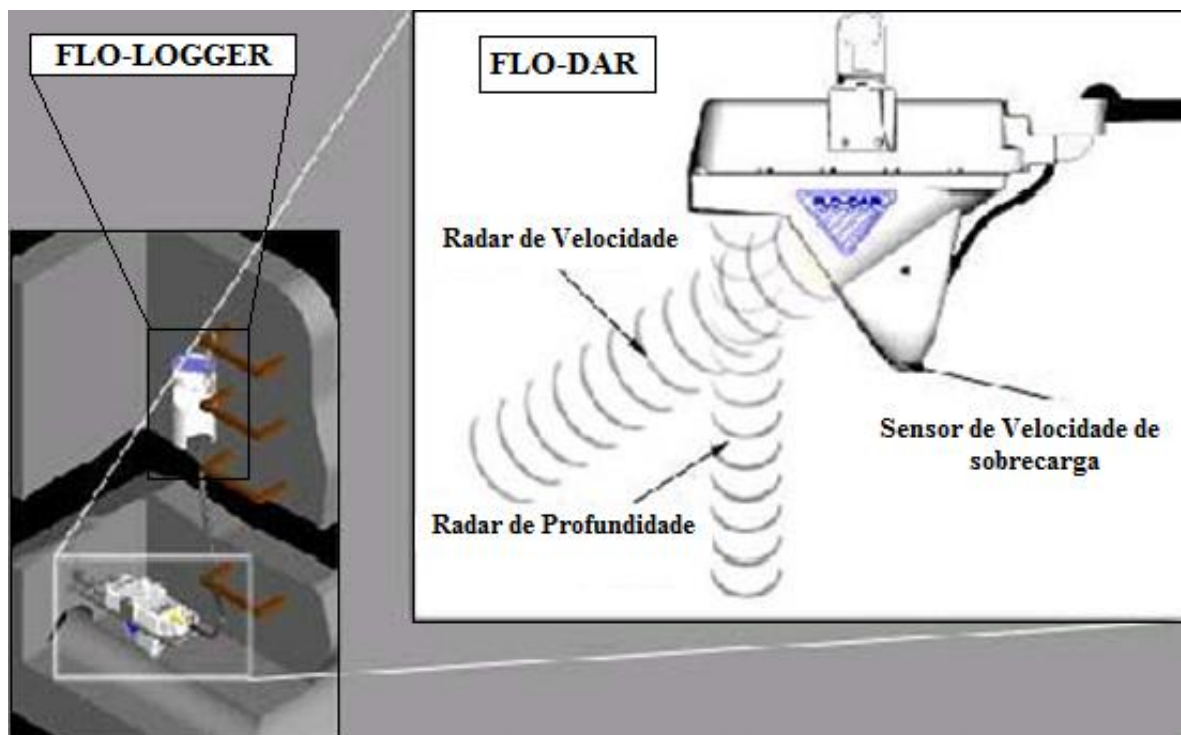


Figura 39 - Demonstração de funcionamento do caudalímetro

O volume de caudal é calculado através da correlação entre a velocidade de caudal, a profundidade do caudal de escoamento e o diâmetro do colector.

O Sensor FLO-DAR 4000 SR, pode ser colocado até 1,5 metros acima do nível da água, factor relevante quando for necessário garantir a facilidade de instalação e acesso ao sensor, em caixas de visita com uma grande cota de profundidade. O sensor não tem grandes necessidades de manutenção, é facilmente instalado e removido, e apresenta uma grande consistência e fiabilidade na leitura de caudais e apresentação desses valores.

Relativamente ao FLO-LOGGER, é responsável pelo armazenamento das leituras, num disco que se encontra integrado no seu interior, que o FLO-DAR regista.

É também no FLO-LOGGER que estão as baterias, recarregáveis, que dão entre 150 e 300 dias de autonomia ao FLO-DAR. O tempo de autonomia é condicionado pelo intervalo de tempo em que são feitas as leituras. Em condições submersas, o equipamento é completamente estanque e garante a continuidade das leituras.

Os valores das leituras feitas pelo FLO-DAR e armazenadas pelo FLO-LOGGER são facilmente recolhidos. Ao FLO-LOGGER é conectado um cabo que por sua vez é ligado a um computador. Os dados são assim descarregados num software, instalado no computador, próprio para analisar os dados recolhidos. Somente é necessário introduzir o tipo de secção do colector e a diferença de altura entre o fundo do colector e o ponto mais baixo do FLO-DAR, de modo a obter o volume de caudal escoado neste ponto da rede de drenagem, no intervalo de tempo e frequência que se desejar.

3.3.2- Instalação do Sistema de Monitorização

Após o estudo da rede de drenagem, mais concretamente das cotas e localização das caixas de visita, definiu-se como ponto de medição estratégico de caudal, a caixa de visita nº 2, já ilustrado previamente na figura 36, para a instalação do caudalímetro.

A escolha desta caixa de visita (Figura 40) deveu-se, essencialmente, à sua baixa cota (1.40m), que permitiu a fácil instalação do caudalímetro, ao facto de permitir a medição do caudal de escoamento de todo o loteamento e ao seu fácil acesso.



Figura 40- Caixa de visita escolhida para a instalação do caudalímetro

Depois da abertura da caixa de visita, foi instalado com a mesma direcção e com a mesma inclinação que tem o colector, um suporte metálico de fixação não destrutiva, onde vai assentar o sensor do caudalímetro (Figura 41).

Foi medido o valor da altura, entre a base do suporte e o fundo da secção circular do colector. Este intervalo permite saber qual a altura entre o ponto mais baixo da secção do colector e o ponto mais baixo do FLO-DAR que vai assentar no suporte metálico e que será necessária para introduzir mais tarde no software, que permite a obtenção dos valores de caudal monitorizados (Figura 42).



Figura 41 - Fixação do suporte metálico



Figura 42 - Medição de altura entre
o suporte e o fundo do colector

Após a fixação do suporte, foi feita a ligação do FLO-LOGGER ao FLO-DAR através de um cabo específico para o efeito (Figura 43).



Figura 43 - Ligação do FLO-LOGGER ao FLO-DAR

Ligados os dois componentes do caudalímetro, fixou-se o FLO-DAR na base do suporte, já colocado (Figura44).



Figura 44- Fixação do FLO-DAR no suporte metálico

O FLO-LOGGER foi fixo na própria caixa de visita através de uma chapa metálica perfurada e fixada no betão. A sua instalação foi feita, desta forma, no interior da caixa de visita de maneira a salvaguardar o possível vandalismo. Como é possível verificar na figura 45, mesmo estando o FLO-LOGGER colocado dentro da caixa de visita, o seu acesso faz-se facilmente, de forma a garantir as leituras registados pelo FLO-DAR.



Figura 45 - Caudalímetro instalado

3.3.3 - Precipitação dos Meses em Estudo

Outro passo importante para este estudo, foi a relação que teve de ser feita entre os valores de escoamento diário real de águas residuais domésticas produzido pelos habitantes do loteamento e a chuva que se precipita diariamente sobre este mesmo loteamento. Esta relação permitiu concluir a influência ou não, de entradas indevidas de água na rede de drenagem em causa.

A chuva que caiu na cidade de Vila Real, nos meses em estudo, é então apresentada nos seguintes gráficos (Figuras 46, 47, 48 e 49), auxiliados pelas tabelas que estão no Anexo D.

Janeiro de 2012

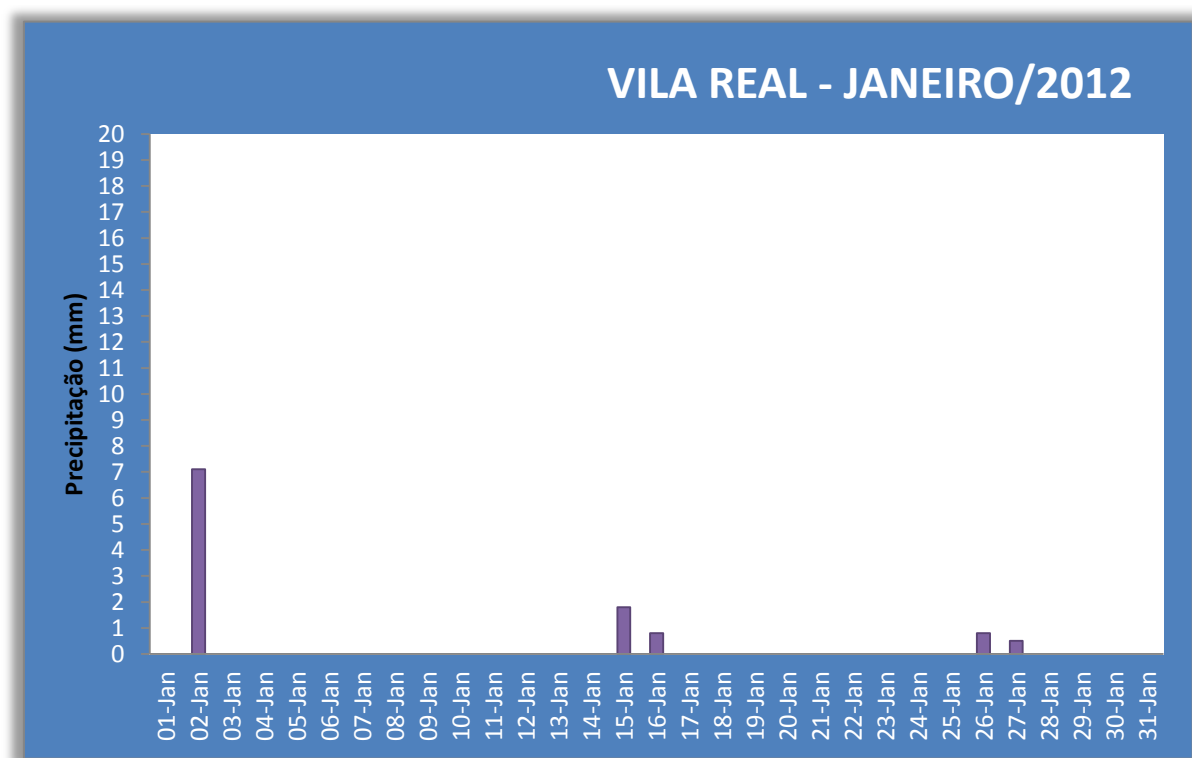


Figura 46 - Precipitação diária em Vila Real no mês de Janeiro de 2012

Fevereiro de 2012

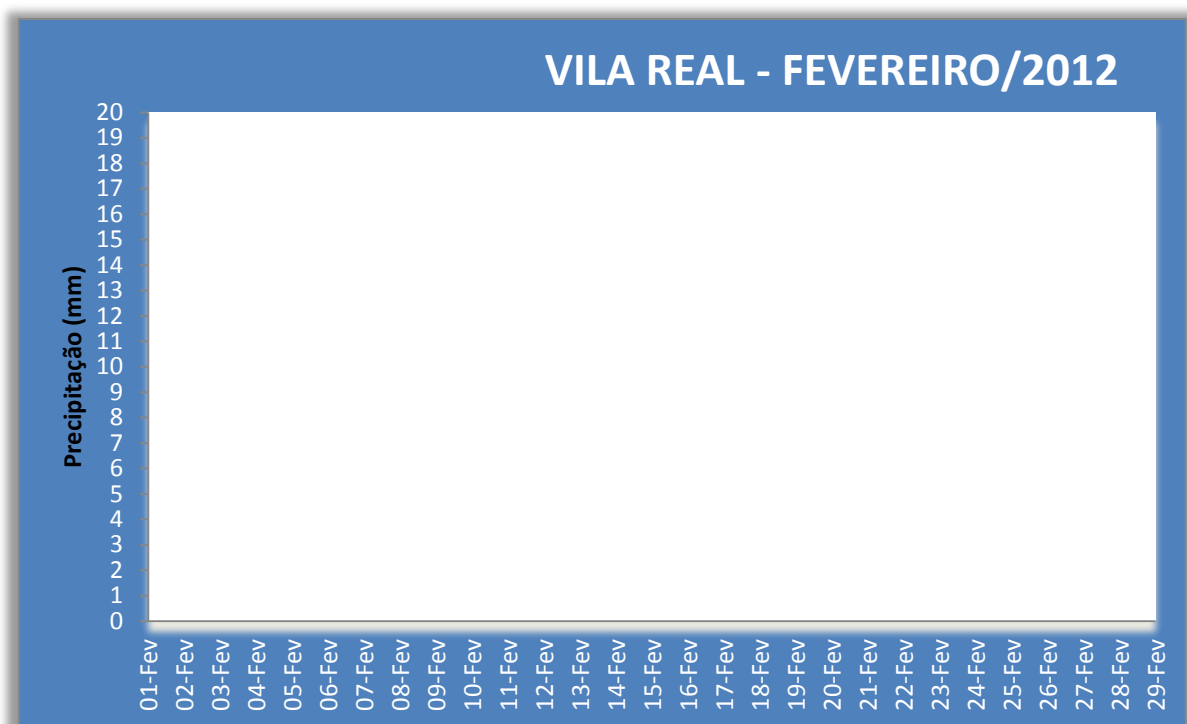


Figura 47 - Precipitação diária em Vila Real no mês de Fevereiro de 2012

Março de 2012

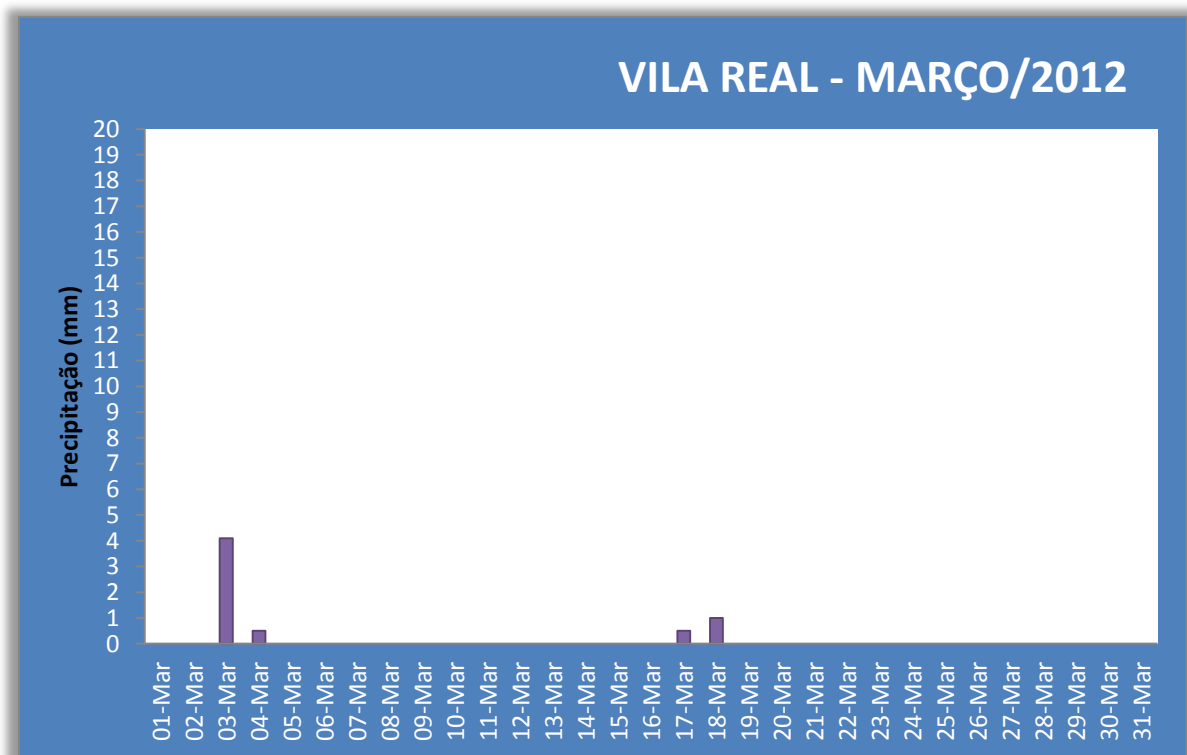


Figura 48- Precipitação diária em Vila Real no mês de Março de 2012

Abril de 2012

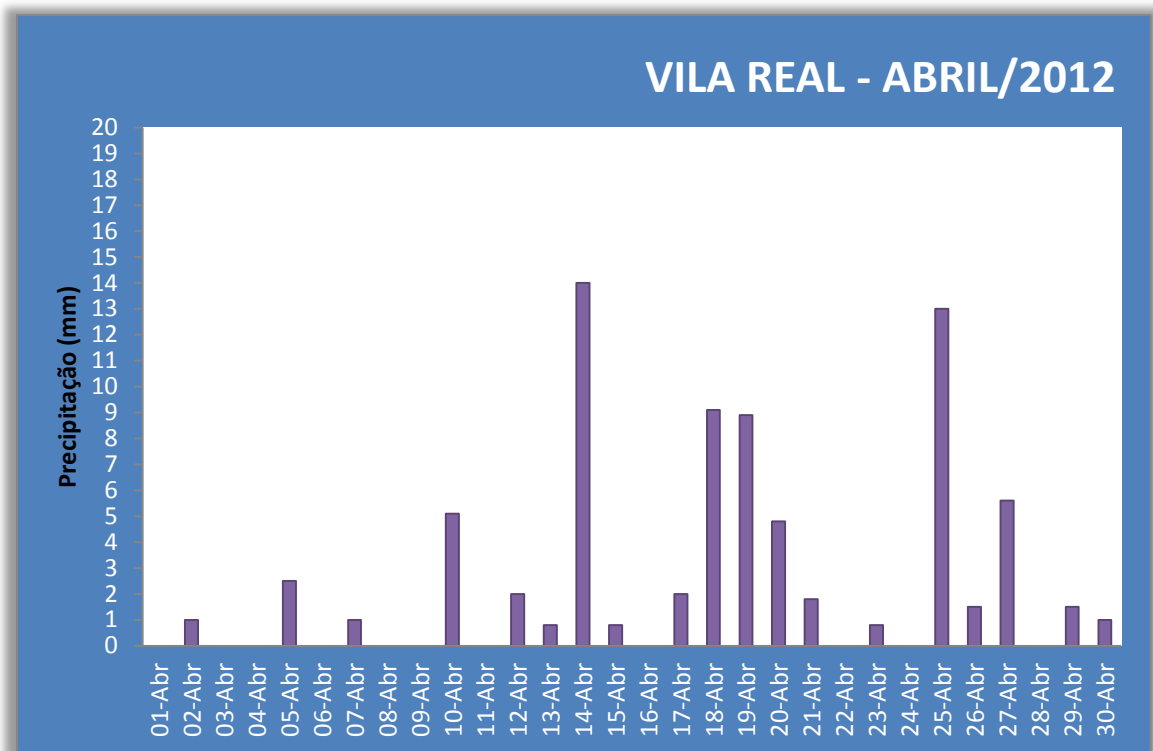


Figura 49 - Precipitação diária em Vila Real no mês de Abril de 2012

CAPÍTULO 4

RESULTADOS E ANÁLISE DE SENSIBILIDADES

4 - Resultados e Análise de Sensibilidades

Após a recepção dos dados de caudal resultantes das medições registadas no local de estudo pelo sensor procedeu-se à sua análise, de forma a poder verificar a existência ou não de ligações clandestinas no sistema de águas residuais domésticas.

As leituras do sensor, apresentadas no anexo C, começaram a ser feitas dia 13 de Janeiro e foram concluídas dia 30 de Abril.

Registaram-se algumas falhas mecânicas no sensor, na medição de caudal, que não puseram em causa a fiabilidade do estudo, nos seguintes períodos:

- 21.01.2012 a 27.01.2012;
- 02.03.2012, das 03:04h às 12:19h;
- 22:34h do dia 21.03.2012 às 14:49h do dia 23.03.2012;
- 30.03.2012 das 1:04h às 14:04h;
- 12.04.2012 das 07:49h às 13:49h.

Como referido e explicado no capítulo anterior, o método de análise é feito através da correlação entre a precipitação atmosférica diária e o escoamento diário registado no colector de residuais domésticas, por forma a relacionar o aumento de caudal escoado com a ocorrência de precipitação.

Desta forma foram executados gráficos, um para cada mês de estudo, com base no anexo C (leitura de caudais) e no anexo D (precipitação), que permitissem fazer essa análise e tirar as devidas conclusões.

Para além dos valores de precipitação e de escoamento representados nos gráficos é também representada a média diária de escoamento para cada mês.

Esta média é importante, pois permite saber qual o mês em que se regista menor caudal e o mês em que se regista maior caudal. Comparar os dois pode ajudar a chegar a uma conclusão mais fidedigna do estudo.

Na figura 50 são comparadas as variações diárias de escoamento com a precipitação diária no mês de Janeiro de 2012.

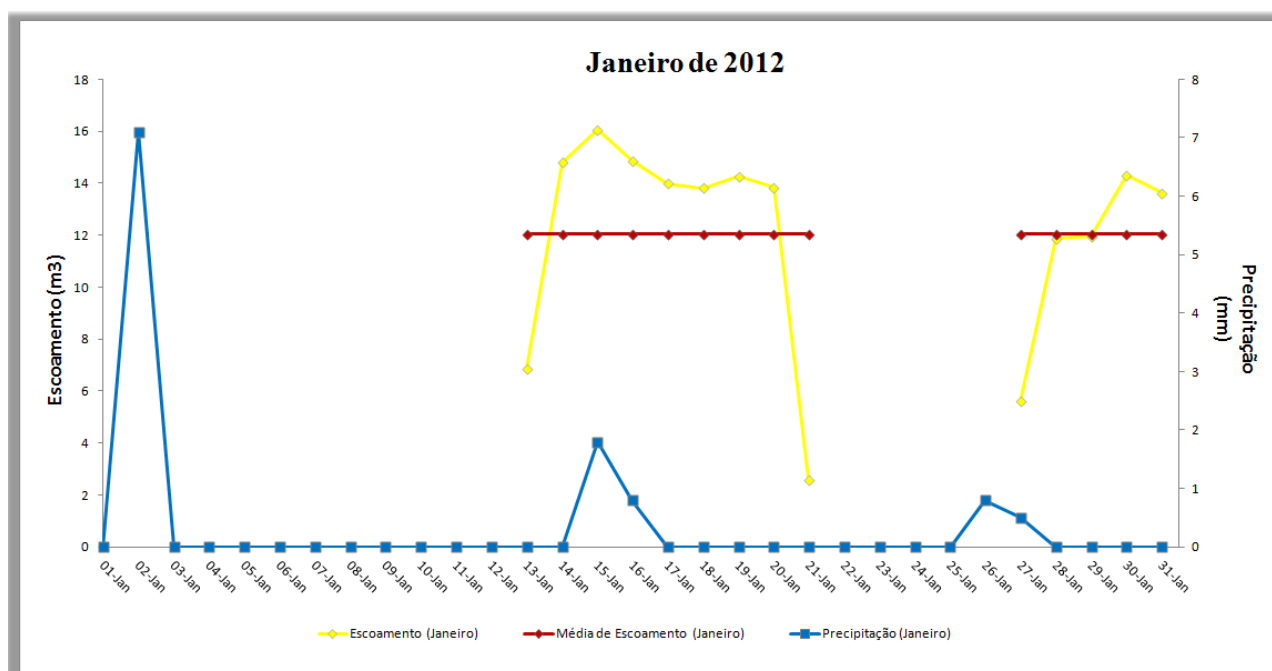


Figura 50 - Gráfico de Escoamentos e Precipitação no mês de Janeiro de 2012

É de salientar que neste mês as leituras apenas começaram a ser feitas no dia 13 e que no intervalo de 21 a 27 não houve leituras devido a falha do sensor, o que de facto se pode verificar no gráfico.

Pode também verificar-se que Janeiro foi um mês de Inverno anormal, pois pouco choveu, o que dificultou e quase impossibilitou a análise. Porém, observando o gráfico nos dois dias em que se conseguiu registar escoamento e precipitação há, de facto, uma subida no caudal verificado.

Esta subida no caudal pode não estar relacionada com a precipitação e consequentemente com a entrada de água pluvial no sistema, mas com o facto de 14 e

15 de Janeiro ter sido um fim-de-semana, o que porventura poderá indicar um maior consumo de água por parte da população da urbanização.

A média de caudal diária registada para este mês é evidenciada no gráfico é de 12 m^3 . Prevê-se uma média relativamente mais baixa, na ordem dos 10 m^3 , pois a falta de leituras influencia directamente o resultado final.

Na figura 51 são comparadas as variações diárias de escoamento com a precipitação diária no mês de Fevereiro de 2012.

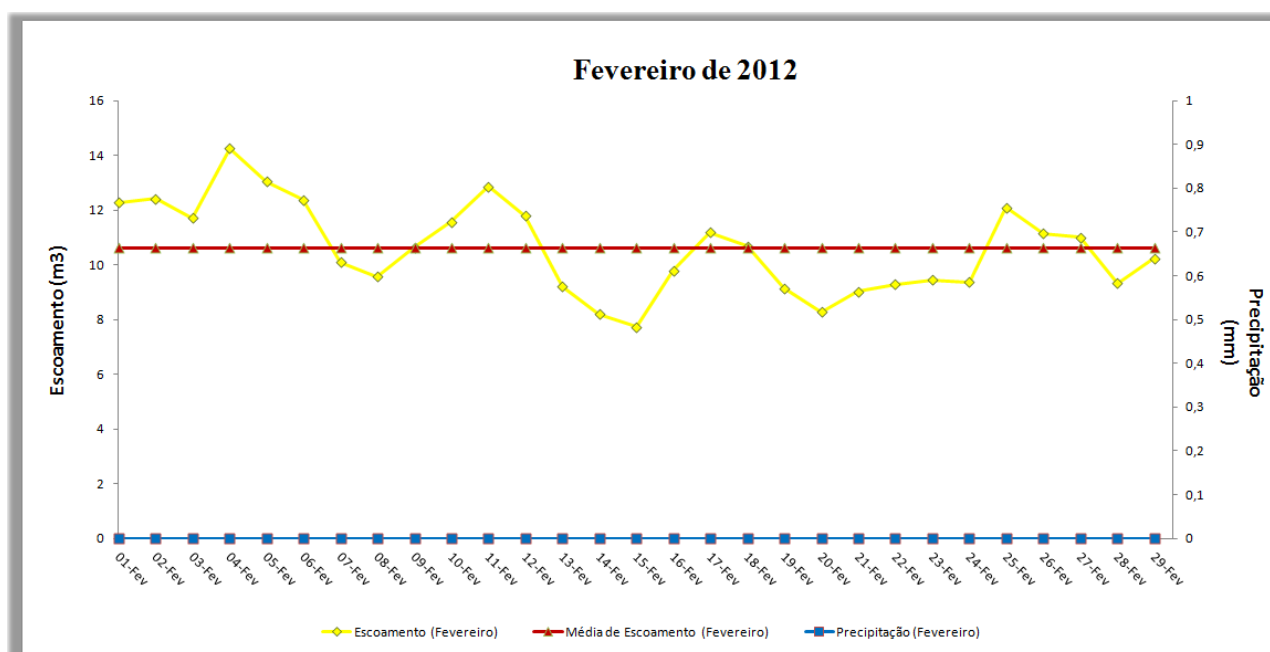


Figura 51 - Gráfico de Escoamentos e Precipitação no mês de Fevereiro de 2012

De acordo com os dados registados, observa-se claramente que Fevereiro foi um mês seco, sem qualquer precipitação atmosférica.

O “comportamento” sinusoidal do escoamento, ou seja, o “sobe e desce” do volume diário de caudal pode ser justificado pelo maior consumo de água ao fim de semana e os picos de caudal dos dias 4, 11, 17 e 25 de Fevereiro correspondem exactamente aos dias de sábado.

Porém, apesar deste aspecto, o caudal mantém-se quase constante, não se notam grandes diferenças diárias de caudal o que é tipicamente o registo de um mês seco.

Registou-se, ainda assim, uma média diária mensal de escoamento de $10,6 \text{ m}^3$.

Na figura 52 são comparadas as variações diárias de escoamento com a precipitação diária no mês de Março de 2012.

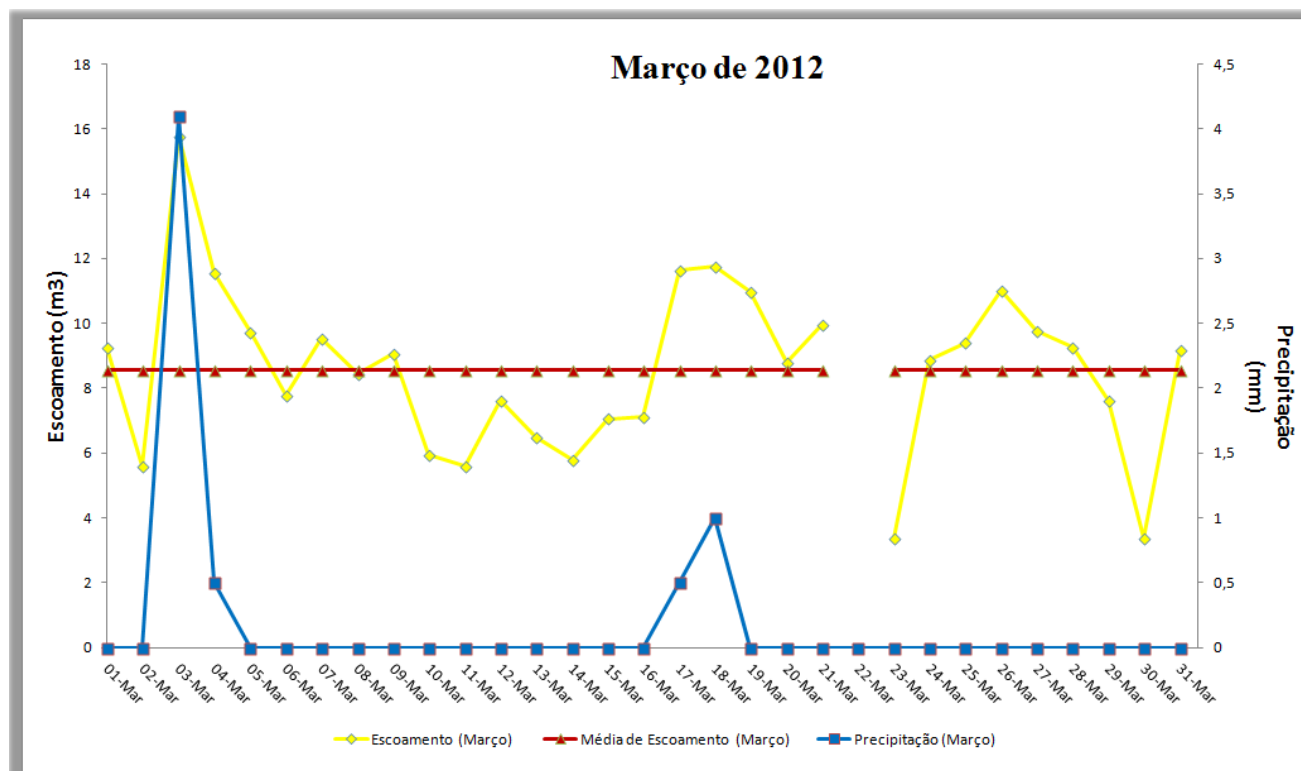


Figura 52 - Gráfico de Escoamentos e Precipitação no mês de Março de 2012

O mês de Março, como indica o gráfico, foi claramente um mês seco, registrando-se apenas 4 dias em que ocorreu precipitação. O sensor teve algumas falhas ao nível da leitura de caudais, já referidas atrás, mas que não influencia de forma nenhuma a análise, pois felizmente não ocorreu falha alguma nos poucos dias chuvosos que sucederam e que são necessariamente os que mais interessam neste estudo.

Apesar de ter chovido apenas 4 dias, é observado que nestes dias em que ocorre precipitação há um aumento claríssimo do volume de escoamento. De notar que há uma constante no escoamento ao longo dos dias sem chuva e que nos dias em que chove dá-se um aumento brusco no escoamento. Porém, e por outro lado, nos dias em que chove e em que se dá o aumento brusco de caudal, mais concretamente 3, 4, 17 e 18 de Março, por coincidência ou não são dias de fim-de-semana o que poderá significar maior consumo por parte dos habitantes do loteamento.

Concluindo, neste mês poderá haver um indício de entradas indevidas de água pluvial no colector de águas residuais domésticas, mesmo com o aspecto dos fins de semana referidos atrás. A média diária de escoamento mensal registada é de $8,6 \text{ m}^3$, prevê-se uma média maior, na ordem dos 10 m^3 , pois devido às falhas de medição do sensor houve caudal não contabilizado.

Na figura 53 são comparadas as variações diárias de escoamento com a precipitação diária no mês de Abril de 2012.

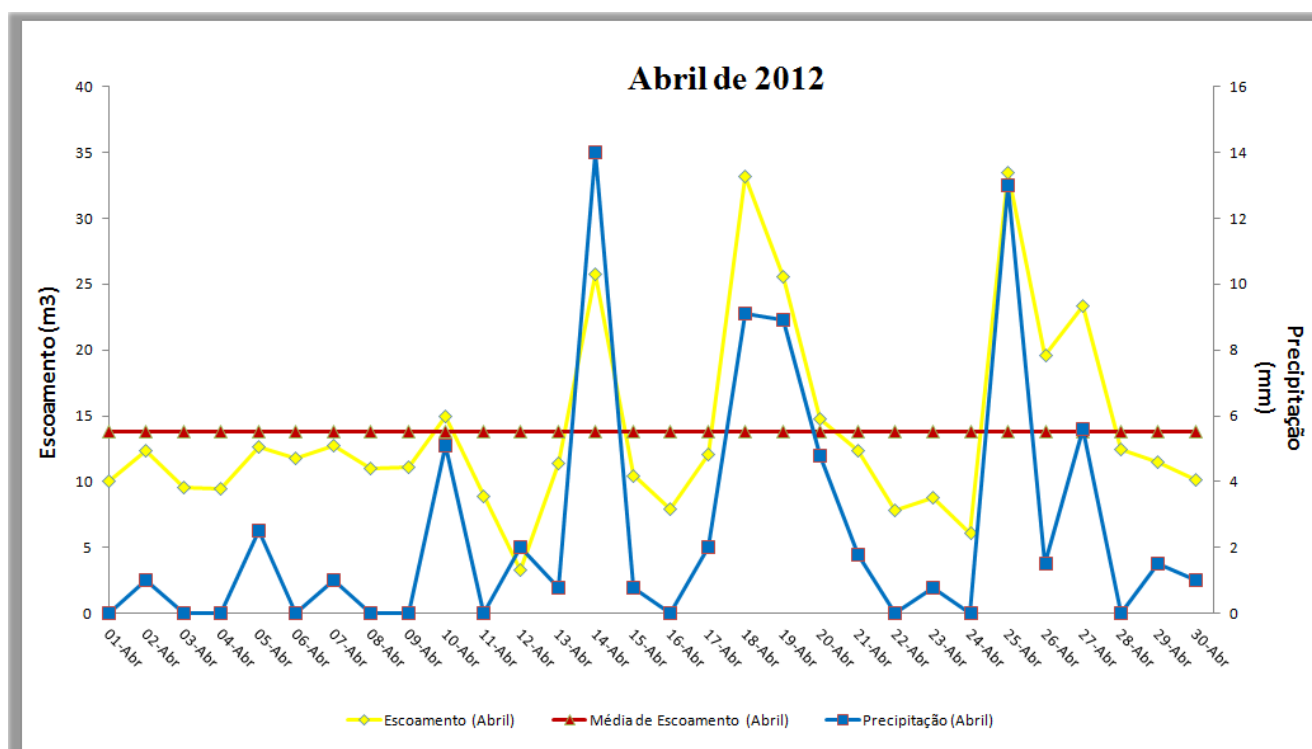


Figura 53 - Gráfico de Escoamentos e Precipitação no mês de Abril de 2012

O mês de Abril, como se pode verificar no gráfico, foi um mês bastante chuvoso.

Foi observado nos 3 meses anteriores a pequena variação no caudal de escoamento, típico de meses secos. Ora, é de notar neste mês a grande variação de escoamento que se dá, sem dúvida nenhuma, nos dias em que ocorre precipitação.

O único dia em que chove e não é verificado um pico de escoamento é exactamente no dia 12 de Abril, dia em que houve uma falha do sensor na medição do caudal.

Observa-se também que, a média diária de escoamento mensal, é de 14 m^3 , consideravelmente maior que a dos restantes meses.

Se o mês de Março deu alguns indícios de entradas indevidas de água pluvial no colector de águas residuais domésticas, o mês de Abril comprovou as suspeitas que recaíam nesta urbanização quanto à possível existência de ligações clandestinas no sistema de drenagem de águas residuais domésticas.

Por último, mas não menos importante, a Figura 54 compara a diferença de escoamento do mês mais seco (Fevereiro, 2012) e do mês mais chuvoso (Abril, 2012).

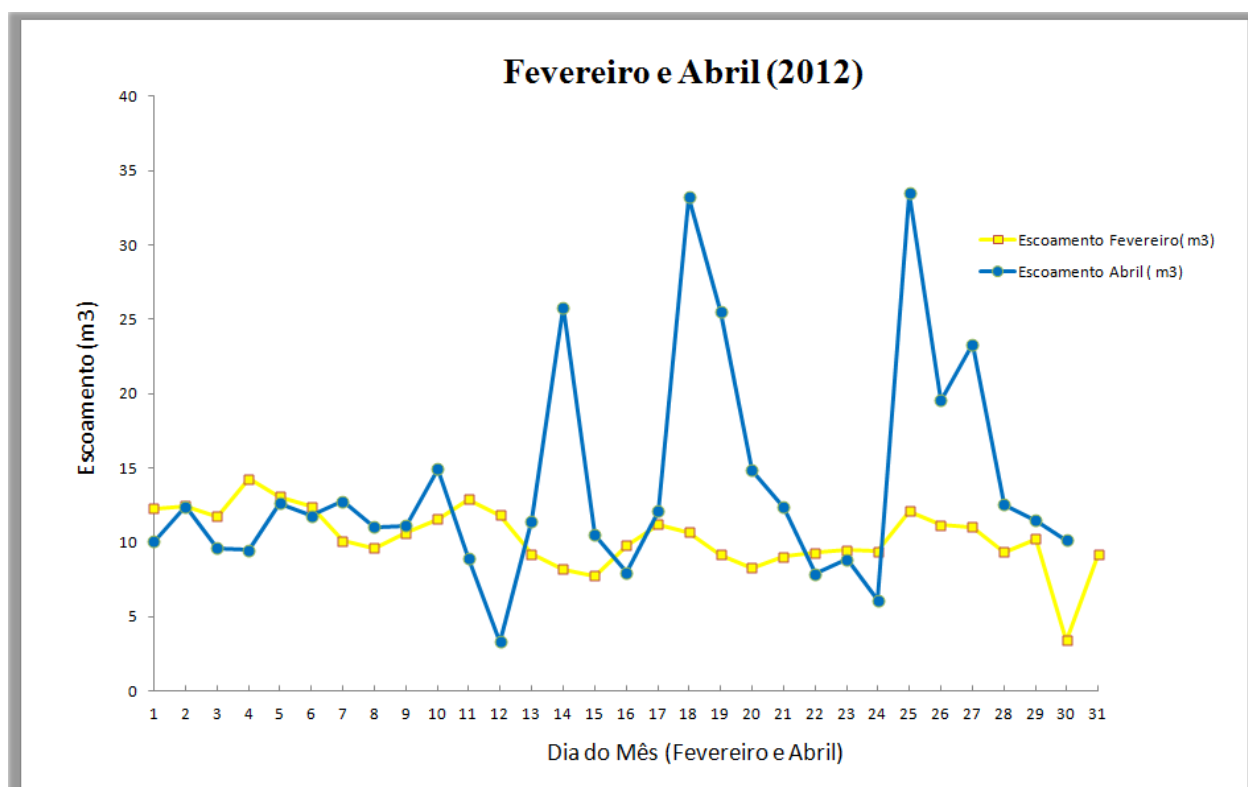


Figura 54 - Gráfico de Comparação de escoamento do mês mais chuvoso (Abril, 2012) com o mês mais seco (Fevereiro, 2012)

Nesta comparação feita, observa-se imediatamente a diferença de escoamentos nos dois meses contrastantes, pois em Fevereiro não choveu um único dia e em Abril só não ocorreu precipitação em 11 dias, registando-se em alguns dias diferenças extraordinariamente grandes de caudal na ordem dos 25 m^3 .

A média de escoamento diário também aumenta no mês de Abril, em relação ao mês de Fevereiro, para um valor na casa dos 4 m^3 , ou seja, há um aumento médio de cerca de 4000 litros diários de água escoados, facto relevante a registar.

De uma forma geral e simples ao nível de processos, depois de verificados os resultados e comparados os gráficos de escoamento, claramente se visualiza que o aumento de caudais deriva da ocorrência de precipitações, principalmente no mês em que mais choveu, o mês de Abril. Entende-se pelos resultados obtidos, haverá lotes na urbanização a transgredir a lei ao ligarem os ramais que fazem a colecta das suas águas pluviais aos colectores de águas residuais domésticas e não ao colector de águas pluviais, o correcto, portanto.

Ao fazê-lo dificultam imenso a drenagem correcta das nossas águas residuais domésticas e consequentemente o seu tratamento, pois as estações de tratamento para onde estas águas se dirigem não têm capacidade para tratar um volume de caudal para o qual não foram projectadas.

CAPÍTULO 5

PROPOSTA DE TRABALHO FUTURO

5 - Proposta de Trabalho Futuro

5.1 - Proposta de Solução

A fim de controlar possíveis irregularidades nas descargas indevidas de caudais na rede separativa de águas residuais que tanto têm fustigado o meio ambiente e preocupado as entidades gestoras dos sistemas de drenagem de águas residuais, propõe-se em seguida um sistema baseado numa rede de sensores sem fios de baixo custo, com acesso remoto e com autonomia energética para vários anos, a serem colocados à entrada de cada edificação, na caixa de inspecção ou mesmo no ramal de ligação à rede colectora pública.

As soluções baseadas em tecnologias wireless possuem particular interesse devido ao facto de terem uma instalação fácil, não necessitar de abertura de valas, nomeadamente para a alimentação eléctrica do sistema, para além de serem portáteis, ou seja, podem ser removidas com facilidade sempre que as normais tarefas de manutenção do processo o exijam, ou mesmo serem deslocadas quer a montante quer a jusante do ponto em que inicialmente foram instaladas. Outra vantagem é o facto de a sua instalação não necessitar de pessoal especializado, ou mesmo familiarizado com o funcionamento detalhado do sistema (RUIZ-GARCIA et al.,2009).

5.1.1 - Sistemas de Monitorização

O sistema proposto é então composto por uma unidade inteligente, um microcontrolador com capacidade de armazenamento de dados sempre importante nas situações em que por qualquer razão se quebrem as ligações ao nível das comunicações, microcontrolador esse com alimentação através de baterias, sensores.

A questão da utilização racional da energia do sistema é um ponto fundamental neste tipo de aplicações, pois o aumento da longevidade das baterias é traduzido em ganhos devido ao facto das baterias durarem mais tempo, assim como evita a frequente intervenção humana para tarefas de substituição das respectivas baterias. Em relação a esta situação é ainda proposto que o sistema possua um módulo complementar que suporte o conceito de “energy harvesting”, ou seja, o sistema ser capaz de se alimentar a partir do meio circundante (Figura55). Pode obter energia através da passagem das águas, através das variações de temperatura, ou mesmo com a abertura e fecho das tampas de saneamento.

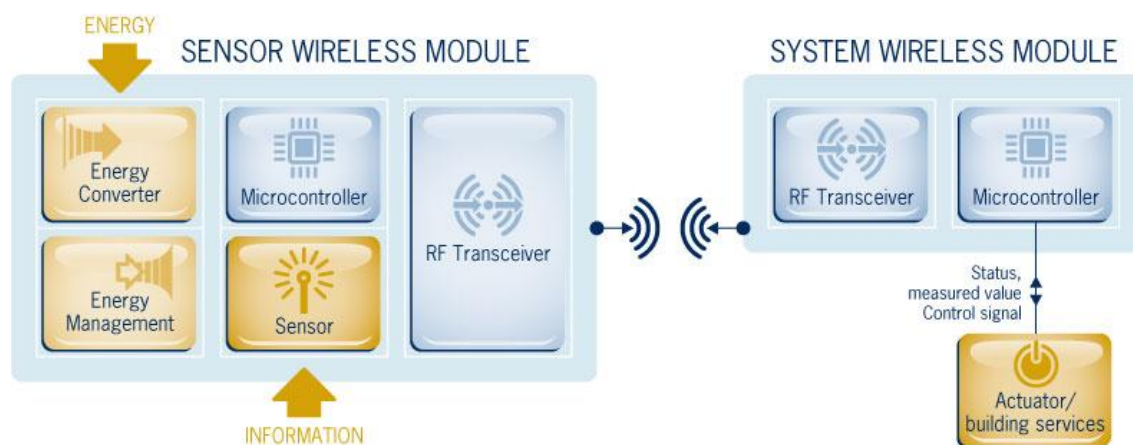


Figura 55 - Diagrama de blocos de um nó sensor com energy harvesting

Fonte: NIBBLEWAVE, 2011

O sistema deve ainda ter suporte de comunicações wireless, tanto para pequenas como para longas distâncias. Para pequenas distâncias optou-se pela implementação de uma rede de sensores sem fios baseada no protocolo 802.15.4, e para grandes distâncias, preferiu-se as comunicações via GSM (Global System for Mobile Communications) ou GPRS (General Packet Radio Service).

Em relação aos sensores, propõe-se a utilização de três tipos diferentes de tecnologias:

- Sensores de Temperatura;
- Sensores Electromagnéticos;
- Sensores de Ultra-Sons.

A justificação para estas aproximações distintas, é suportada pelos seguintes conceitos:

→ Sensores de Temperatura

Tipicamente uma rede de águas residuais possui uma temperatura própria do seu funcionamento. Ora, sempre que houver violação desta rede por parte das águas pluviais, a temperatura sairá dos padrões habituais. Cruzando esta informação, por exemplo, com os dados de uma estação meteorológica é possível saber se ocorreu ou não precipitação e quais os seus níveis.

Com estes dados, e usando uma certa histerese em torno do valor da temperatura, é possível determinar ou pelo menos indiciar se a alteração se deveu somente a infiltrações da própria rede ou se a variação é de tal ordem que se promoveu a injeção de água pluviais no sistema de águas residuais.

As RTD (Resistance Temperature Detectors) são sensores de temperatura (Figura 56) que possuem uma resistência cujo valor varia com a alteração da temperatura. São tipicamente utilizados em grande escala em ambientes industriais, pois apresentam boas características em relação à repetitividade, precisão e estabilidade (BROWN et al., 2010).

Tal como as RTDs, os Termístores também são sensores sensíveis à temperatura (Figura 56) que baseiam o seu funcionamento na variação de uma resistência. Existem dois tipos de termístores: NTC – Negative Temperature Coefficient em que a resistência diminui com o aumento da temperatura; PTC – Positive Temperature Coefficient em que a resistência aumenta com o aumento da temperatura (ALEKSIC et al., 2007).

Os termopares (Figura 56) são sensores de temperatura cuja construção se baseia no princípio de Seebeck, isto é, são constituídos por dois metais diferentes ligados numa das pontas. Em função da diferença de temperatura nas pontas não ligadas é gerada uma diferença de potencial, ou seja, uma tensão (também designada de tensão termoelétrica) (BROWN et al., 2010).

Finalmente, pode ainda seleccionar-se sensores de temperatura integrados, como por exemplo, o LM35 da National Semiconductors que tipicamente produzem uma tensão na sua saída em função da temperatura (LIU et al., 2011).

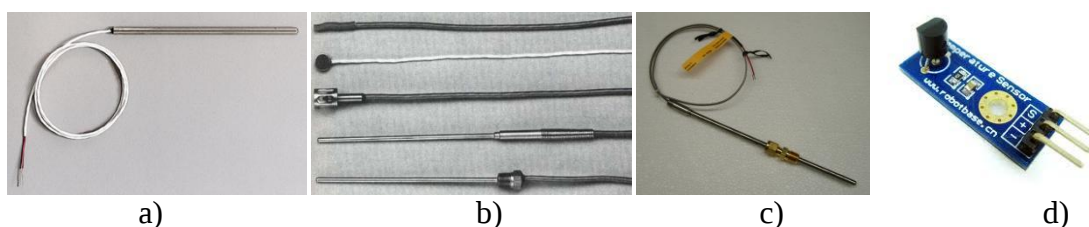


Figura 56- Sensores de temperatura: a) RTD, b) Termístores, c) Termopares, d) LM 35 com RxTx

Na figura 57 é apresentado um resumo da comparação entre as RTD, os Termístores, os Termopares e os sensores de temperatura integrados (CI). No entanto, em termos de implementação prática a escolha é fortemente dependente da aplicação, das gamas de temperatura assim como do custo.

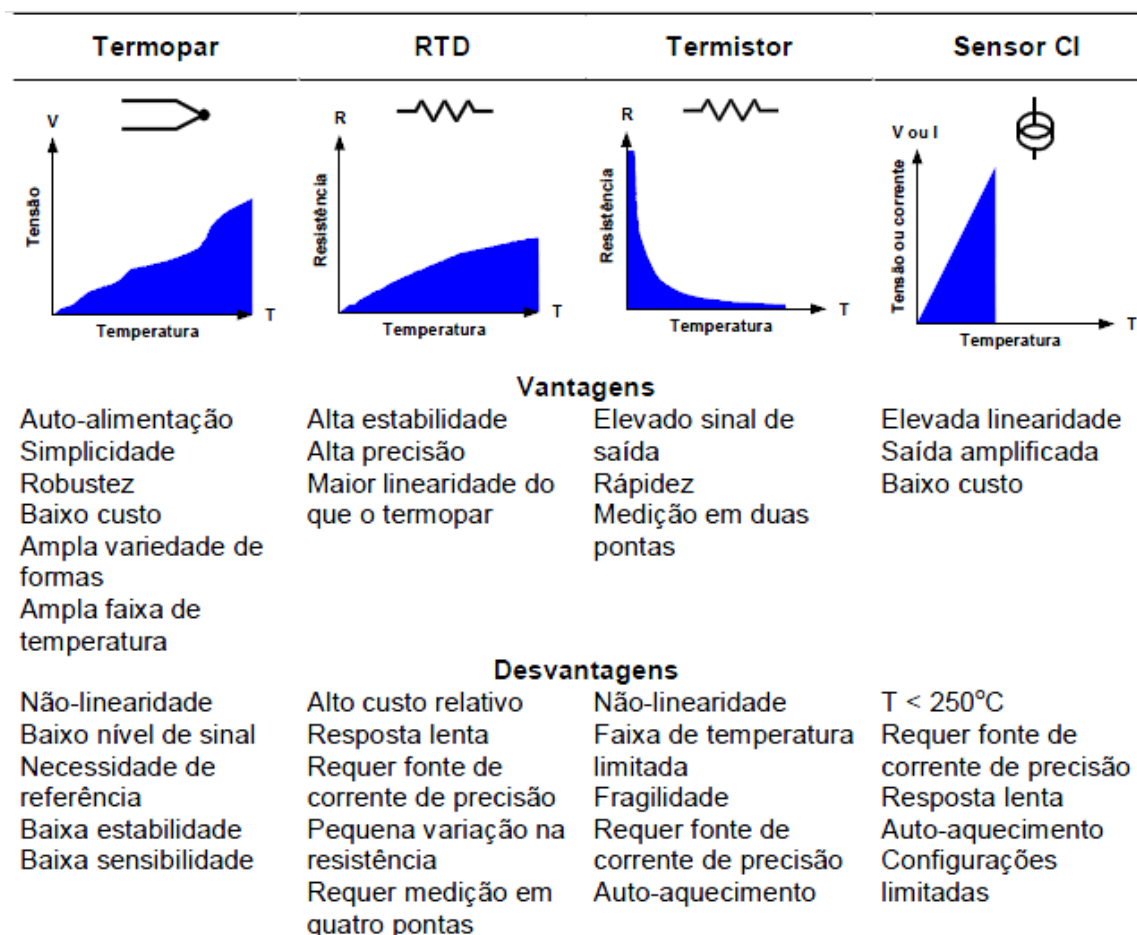


Figura 57- Comparação entre sensores de temperatura baseados em resistência e entre a linearidade das curvas características desses sensores em função da temperatura.

Fonte: LACANETTE, 1997

→ Sensores Electromagnéticos para detecção de Fluxo

A sua aplicação é mais intrusiva que a anterior pois há necessidade de intercalar na tubagem o sensor de fluxo. Este produzirá medidas diferentes em função da variação do caudal do ramal. Do mesmo modo, se houver a injeção de águas pluviais as leituras terão uma variação anormal o que, cruzado com a informação dos dados meteorológicos, possibilita a identificação de situações anómalas ao normal funcionamento do ramal em questão.

Neste caso, apesar do sistema electrónico ser portátil existem sérias limitações quanto à mobilidade do sistema, pois a sonda magnética tem necessidades de fixação próprias, de modo que a sua remoção, para instalação posterior em outro local, incorre sempre na intervenção humana. É uma opção mais dispendiosa. Um exemplo é o caso do sensor Yokogawa, ADMAG AXR (Figura 58).



Figura 58 - Exemplo de medidor electromagnético de caudal

Fonte: YOKOGAMA, 2011

→ Sensores de ultra-sons (FLOW MEASUREMENT, 2011)

Estes sensores baseiam-se na emissão de uma onda ultra sónica que, ao embater num obstáculo, é reflectida e o equipamento, através da diferença temporal entre a emissão e a recepção, é capaz de determinar uma distância. Assim, sempre que o nível do caudal se altera a sonda obterá a distância entre si e o obstáculo, neste caso as águas residuais/pluviais.

Sempre que a distância for inferior a um determinado valor o sistema pode obter informação da estação meteorológica e dar indicação de funcionamento anómalo. Ou seja, a obtenção do caudal tem as seguintes etapas: obtenção do nível das águas na área do tubo; obtenção da velocidade local (instantânea) e consequente conversão em velocidade média; finalmente através da multiplicação da área pela velocidade média obtém-se o caudal instantâneo.

Para além de fácil de instalar, não interfere com o processo, isto é, não necessita de intervenção ao nível da necessidade de realização de “obras” ou de interromper os ramais para intercalar o sensor. É uma opção bastante dispendiosa mas eficaz. O exemplo da figura 59, é uma das soluções possíveis, entre várias que existem.



Figura 59 -Exemplo de um Medidor de Caudal Ultra sónico

Fonte: NIVUS, 2011

5.1.2 - Redes de Sensores sem Fios

As redes de sensores sem fios são frequentemente designadas de WSN's (Wireless Sensors Networks), e enquadram-se nas redes de curta distância de cobertura, também chamadas de PAN's (Personal Area Networks).

O sistema proposto é constituído por duas redes diferentes. No interior das caixas de inspecção será instalado o sistema com comunicações baseada na arquitectura 802.15.4 que comunicará com um outro sistema exterior, que, por sua vez, possuirá o link de grande distância baseado em comunicações GSM/GPRS. O módulo exterior, do ponto de vista da arquitectura, pode ser idêntico aos módulos a instalar no interior, excepto no que se refere à alimentação eléctrica. Para o módulo do exterior aconselha-se a instalação de um painel solar para a alimentação do sistema (SILVA, 2006).

5.1.2.1 - Aplicações e características das WSNs

As redes de sensores sem fios possuem uma vasta gama de aplicações que vão desde a monitorização de temperatura ambiental de estufas agrícolas (aumento de produção fora de época) até à monitorização de temperatura de florestas (avaliação de riscos de incêndio) (METROLHO et al., 1999 ; SHIXING et al, 2010 ; LLORET et al., 2009).

São ainda utilizadas em aplicações de engenharia civil, quer ao nível da domótica, quer dos edifícios inteligentes (conforto ou eficiência térmica), controlo remoto de sistemas de AVAC na área das estruturas de edifícios ou pontes (identificação do estado de conservação) (CAPELLA et al., 2011; SULTAN et al., 2010).

Na industria automóvel, as WSNs são utilizadas para caracterizar parâmetros tão importantes como a pressão e/ou a temperatura dos pneus. Também as empresas de transportes (frotas de veículos, tracking de produtos) e logística (contagem/controlo de qualidade de uma linha de produção) fazem uma utilização exaustiva das redes de sensores (TAVARES et al., 2008).

Outra aplicação das redes de sensores sem fios é a gestão urbana, quer para controlo do tráfego automóvel quer para gestão de parques de estacionamento, recolha de resíduos sólidos em eco pontos, sistemas de localização e navegação, etc.. Este é o conceito de cidade inteligente (MESTRE et al., 2011).

Finalmente, também a área da medicina faz uso das redes de sensores sem fios, em particular para a implementação de sistemas de apoio à vida ou para dispositivos de monitorização de sinais biológicos que são enviados para sistemas médicos remotos como hospitais, clínicas, etc. (SERÔDIO et al., 2010).

5.1.2.2 - Arquitectura do Sistema

Uma rede de sensores sem fios é constituída por elementos, designados por nós, cujo limite depende quer das aplicações quer das tecnologias seleccionadas, e que se dividem em dois tipos: nós fonte ou nós destino.

Os nós fonte são caracterizados por serem os possuidores dos elementos sensores, que são as unidades responsáveis por obter a informação do ambiente, após o que devem transmitir essa informação aos nós destino. Estes são responsáveis pelo processamento da informação que depois é submetida a algoritmos de decisão, cuja função é retornar uma acção de controlo ou actuação sobre o processo, de acordo com condições definidas previamente.

Uma das características mais interessantes das WSNs é o facto de suportarem funcionamento ad-hoc, ou seja, os nós podem ser instalados de modo aleatório (SILVA, 2006).

As principais características das WSNs são (SILVA, 2006):

- Os nós da rede cooperam entre si, sendo que, podem ter papéis diferentes entre si. Normalmente as redes possuem um nó coordenador (Mestre) e vários outros nós mais passivos (Escravos);

- Baixo consumo, potenciando uma autonomia elevada;
- Baixo grau de complexidade;
- Facilidade de instalação.

Neste trabalho é proposto um único modelo de nós, cujos principais constituintes são (Figura 60):

- Microcontrolador;
- Transmissor (Emissor-Receptor) de RF (Rádio Frequência);
- Conjunto de entrada/saída para ligação aos sensores/actuadores;
- Memória, para armazenamento de dados;
- Alimentação energética.

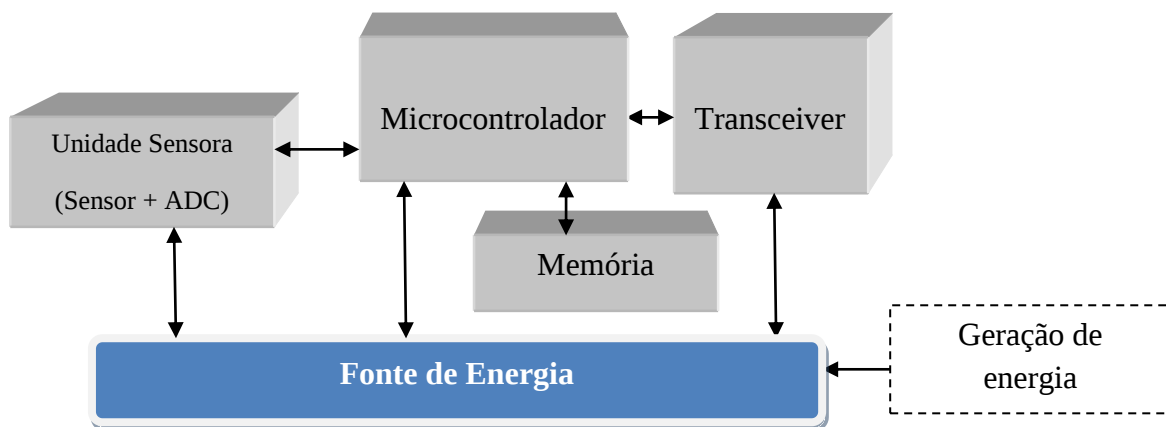


Figura 60 - Arquitectura base de um nó sensor

Um dos módulos mais importantes é o bloco da “Alimentação Energética”, constituída pela bateria e um bloco que lidará com a gestão eficiente da energia. Da qualidade deste módulo dependerá a autonomia do sistema.

Para a unidade do microcontrolador, a selecção pode recair nos seguintes dispositivos rfPIC12F675K (microcontrolador que já possui um transceiver de RF integrado) (MICROCHIP, 2003), o PIC18F2525 (MICROCHIP, 2004), o MRF24WB0MA (microcontrolador que possui um transceiver standard 802.15.4) (MICROCHIP, 2010). Caso seja escolhido um microcontrolador sem transceiver 802.15.4, pode ser seleccionado o módulo XBee ou XBee-Pro (MAXTREAM, 2006).

5.1.2.3- A Tecnologia IEEE 80.15.4

O standard 802.15.4 especifica uma rede sem fios do tipo PAN (Personal Area Network), cujos princípios são: baixo custo, baixo consumo (low-power), baixa complexidade de desenvolvimento e implementação quer a nível de hardware quer a nível do software.

As frequências de funcionamento são várias e podem ser diferentes de país para país. Em Portugal, este standard opera em bandas ISM (Industrial, Scientific and Medical) na faixa dos 868MHz e na dos 2,45GHz. As bandas ISM são caracterizadas por serem bandas de utilização livre, portanto sem necessidade de licenciamento ou custos de utilização. A única limitação está relacionada com o nível de potência de transmissão. As taxas de transmissão são já relativamente elevadas, sendo de 40kbps (Quilobits por segundo) nos 868MHz e de 250kbps na faixa dos 2,45GHz.

Como normalmente uma rede é constituída por vários nós, um ponto importante na especificação de um protocolo de comunicações é a gestão de acesso ao meio, isto é, o modo como os diferentes nós concorrem pelo acesso ao meio para transmitir sem gerar congestionamento ou falhas. Para lidar com esta situação o protocolo 802.15.4 utiliza como método de acesso múltiplo ao meio o CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance) e o método de GTS (Guaranteed Time Slot) para gestão do tempo de transmissão de cada nó (BARONTI et al., 2007 ; STANDART, 2003).

Em termos de topologia de rede (Figura 61), a norma 802.15.4 suporta as seguintes soluções (STANDART, 2003):

- Ponto-a-ponto (peer-to-peer), em que os nós da rede são na maioria dispositivos do tipo FFD, qualquer um pode ser coordenador (Mestre) e todos os dispositivos da rede podem comunicar entre si;
- Estrela (star), topologia que tem de possuir pelo menos um dispositivo FFD, pelo qual fluirão todas as comunicações efectuadas entre os outros dispositivos, quer sejam RFD ou FFD.

Soluções mais complexas, mas sem interesse para o presente trabalho, são as configurações em Malha (mesh) ou Árvore (Cluster Tree).

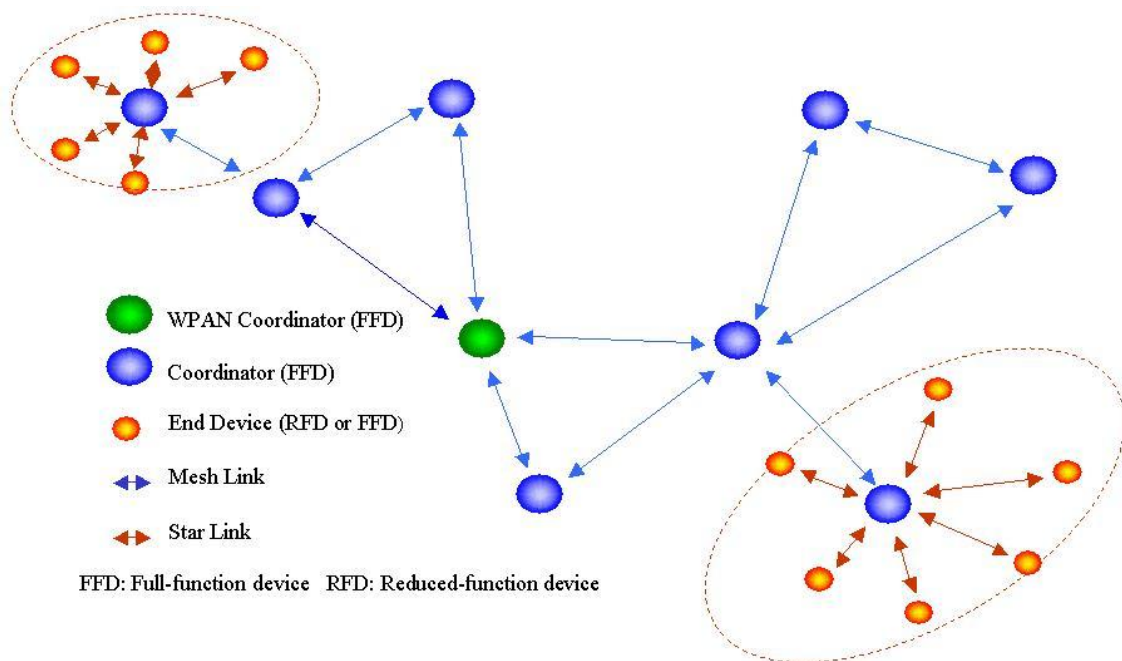


Figura 61 - Topologias de rede do standard 802.15.4

Fonte: MITSUBISHI ELECTRIC , 2011

Em termos de funcionalidades e complexidade dos nós o standard 802.15.4 especifica dois tipos de dispositivos (STANDART, 2003):

- FFD (Full-Function Devices): podem ter quer o papel de nó fonte (Escravo), quer o papel de coordenador da rede (Mestre). Significa isto que cada rede necessitará sempre de um dispositivo do tipo FFD;
- RFD (Reduce-Function Devices): como o próprio nome indica, devido às suas características/capacidades muito reduzidas apenas funcionam como nós fonte.

5.1.3 - Concepção do Sistema

O sistema proposto pretende ser uma solução integrada e inteligente com comunicações sem fios para monitorização dos caudais de ramais de águas residuais, com a finalidade de identificar funcionamentos anómalos como a violação destes ramais por sistemas de águas pluviais, ou mesmo detectar ruptura de tubagens, assim como identificar casos de infiltração anormais provocados, por exemplo, por desmoronamento de terras.

Os principais características do sistema proposto (Figura 62) são os seguintes:

- Simples de implementar e de instalar;
- Tolerante a falhas, isto é, se um dos nós fonte avariar a rede deve manter o seu funcionamento normal;
- Robusto e consistente no seu funcionamento;

- Capaz de suportar condições ambientais adversas como humidade elevada, grandes variações de temperatura, presença de água, corrosão ou mesmo poeiras, como por exemplo estar instalado numa caixa com IP67 (norma ANSI/IEC 60529-2004);
- Permitir a obtenção dos dados remotamente ou no local sem necessidade de acção intrusiva no sistema;
- Possuir a autonomia maior possível do ponto de vista energético.

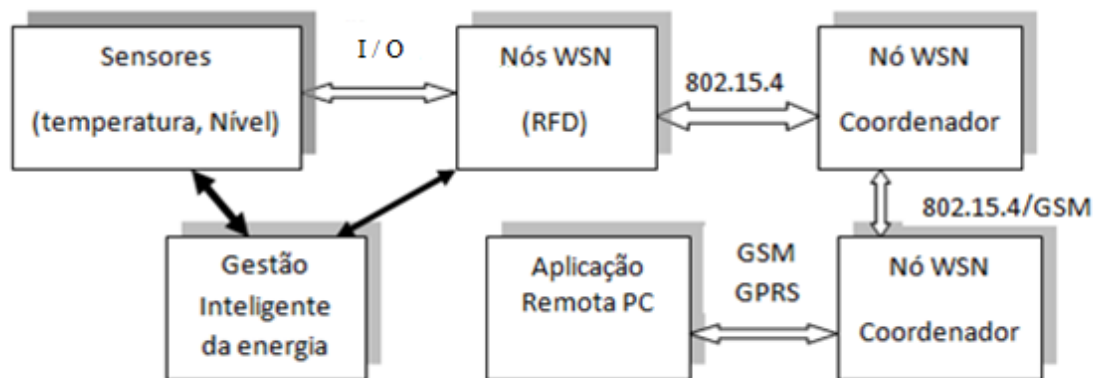


Figura 62 - Arquitectura do Sistema

A escolha das baterias é uma das etapas mais importantes na especificação de um sistema desta natureza, ou seja, um sistema sem fios. Para além disso, da característica das baterias dependerá o grau de autonomia do sistema, assim como o facto de pretendermos um sistema com uma menor pegada ecológica.

Assim, os parâmetros base da escolha das baterias serão a tecnologia de construção (ambiente), o coeficiente de auto-descarga (autonomia) e o custo. No caso do primeiro parâmetro (tecnologia de construção) ser o determinante, a escolha recairá sobre as baterias de Ni-Cd (Níquel-Cádmio); caso sejam os outros parâmetros tidos como mais importante serão mais aconselháveis as de Li-Ion (íões de Lítio).

A utilização de baterias recarregáveis requer alguns módulos adicionais ao sistema como meios de obter “energy harvesting” ou painéis solares.

Em relação aos sensores foram definidas como principais características os seguintes parâmetros:

- Alcance de 20 a 200cm;
- Interface de comunicações;
- Baixo consumo;
- Baixo custo.

Deste estudo aconselham-se soluções interessantes, relativamente aos sensores ultra sónicos, já comercializados, como:

- Sonda TSPC-30S1-232 da Senix (SENIX, 2011);
- Sensor URM37 da YeRobot (YEROBOT, 2009);
- Sensor SRF04 da Devantech (DEVANTECH, 2011);
- Sensores piezoelétricos de ultra-som MA40E7S/MA40E7R da MURATA (MURATA, 2011);
- Caudalímetros ultra sónicos da Nivus, especificamente desenvolvidos para aplicações de águas residuais ou redes de saneamento (CONTIMETRA, 2011).

Quanto aos sensores de temperatura resultam aplicáveis os seguintes:

- Sensor de temperatura digital TC77 da Microchip (MICROCHIP 1, 2004), (MICROCHIP, 2002);

- Sensor de temperatura por wireless TS1, da Electrochen Wireless Sensing. Este sensor possui um transceiver 802.15.4 (ELECTROCHEN, 2011);
- Sensor de temperatura Waspote, este dispositivo é uma plataforma que suporta sensores de temperatura, pressão e nível de líquido (LIBELIUM, 2011);
- Sensor de temperatura, humidade e volume de caudal STH21 (SENSIRION, 2010).

Finalmente para os sensores electromagnéticos de medida de caudal/fluxo podem ser utilizados os seguintes:

- Sensor electromagnético ADMG AXR da YOKOGAWA (YOKOGAWA, 2011).

CAPÍTULO 6

CONCLUSÕES

6 - Conclusões

O aumento dos custos de operação e a sua influência no aspecto hidráulico-sanitário levou a que as entidades gestoras dos sistemas de drenagem de águas residuais decidissem estudar a problemática das ligações clandestinas com vista à sua quantificação e eliminação.

Os estudos em Portugal neste domínio são de facto muito poucos, o que denota a utilidade e importância deste trabalho que não apresenta um cariz meramente académico. Apresenta, sim, um estudo exaustivo e aprofundado sobre esta matéria cada vez mais importante, evidenciando diversas soluções para resolver este problema, com o grande intuito de fornecer informação às entidades que gerem ao nível da recolha urbana as nossas águas residuais domésticas e determinar estratégias para se poder elaborar um planeamento e uma boa gestão dos sistemas de drenagem.

Fora das nossas fronteiras, em vários países, este assunto, como demonstrado no presente trabalho, há muito que é abordado e estudado. Há alguns autores que defendem outro género de “ataque” a esta problemática, como o uso de coeficientes de vazão clandestina no dimensionamento dos colectores que escoam as águas residuais domésticas / industriais para as ETAR's o que porventura não será uma boa solução. Tem como vantagem realmente a eliminação do problema da sobrecarga na rede, já que aumenta a capacidade dos colectores e das próprias ETAR's, mas tem como grande desvantagem o aumento dos custos relacionados com aumentos de dimensão e capacidade de todos os componentes inerentes a este processo.

O “alargamento” da secção dos colectores, somente para fazer frente a possíveis acréscimos de caudal relacionados com os picos de precipitação, poderá implicar um sobredimensionamento destes mesmos colectores quando não chove, ou seja, quando temos apenas caudal de tempo seco, resultando em perdas de velocidade do escoamento e deposição de resíduos que poderão causar a obstrução do sistema.

Esta teoria demonstra de facto que não é com o uso de coeficientes de vazão que este problema tão corrente se vai resolver e contra os quais grande parte da comunidade mundial se opõe, mas sim através da posta em prática dos métodos evidenciados neste

trabalho e mais do que isso, da sensibilização da sociedade para com as consequências que resultam das ligações clandestinas para desta forma prevenir futuras ocorrências.

Importante também, para além de toda a pesquisa exaustiva feita e que permitiu chegar a estas conclusões, foi o caso de estudo tratado neste trabalho que incluiu a análise e interpretação dos volumes de caudal do sistema de drenagem, mais concretamente do colector de águas residuais domésticas de um loteamento em Vila Real, que só pecou pelo pouco tempo, embora suficiente para a interpretação de resultados, em que a leitura de caudais foi feita. Reconheceu-se que se as leituras de caudal tivessem sido feitas hora a hora e não diariamente, este estudo teria sido bem mais meticuloso pois seria possível saber em que momentos, quase precisos, do dia se verificavam o aumento do volume de escoamento no colector de água residual doméstica. Apesar deste aspecto, foi demonstrado que com uma simples recolha, tratamento e cruzamento de dados, se conseguiu comprovar que o aumento do caudal de escoamento está relacionado com o aumento de precipitação e que as suspeitas de entrada de águas pluviais (consideradas ligações clandestinas) no colector público do sistema de drenagem de águas residuais domésticas têm fundamento. É um facto também que, mesmo verificada a suspeita de ocorrência de ligações clandestinas na rede de drenagem do loteamento, não é sabido ao certo, qual a ou as habitações que poderão estar a cometer transgressões pois as leituras de caudal foram feitas de modo a obter o caudal de escoamento total do loteamento e não individualmente para cada habitação. Neste caso, como demonstrado na revisão bibliográfica, não só um estudo mais aprofundado seria necessário como também seria necessário outro equipamento mais dispendioso e outros métodos de abordagem ao problema para verificar todos os ramais de ligação ao colector principal.

Confirmada a entrada de águas pluviais no colector de águas residuais domésticas, é importante referir que consequências advém daí, não só a nível financeiro, como também para a população nas questões sociais e claro está para o sempre importante e essencial meio ambiente.

O aumento de caudal nos colectores devido à entrada de água pluvial obriga a ETAR de Vila Real a tratar um volume de água para a qual não foi projectada. Esta situação obriga a ETAR a descarregar o excesso de caudal afluyente que não consegue

tratar. Mesmo descarregando esse excedente de caudal, continua a existir um volume de água (pluvial) que não é suposto ser tratado. É claramente uma situação que interessa à entidade gestora a cargo inverter pois paga cada metro cúbico de água que trata. Importa também referir as repercussões graves ao nível do tratamento da água, já que todo o seu processo é adulterado.

Quando o excedente de volume de água é descarregado no rio Corgo, as questões ambientais ganham “força”. A poluição com matéria orgânica não tratada dos rios degrada não só o meio hídrico natural como também atinge a população que continua a usar estas linhas de água. Em Vila Real, ainda há bastantes pessoas que fazem captações de água do rio Corgo para diversos fins como as regas e até o próprio consumo.

Não é só o concelho de Vila Real, o meio ambiente de Vila Real e as instituições de Vila Real que sofrem com esta situação, todo o país padece destes problemas e outros referidos neste trabalho.

Também a presente dissertação pretende dar uma contribuição no sentido de controlar, eliminar ou diminuir as situações em que abusiva e/ou inconscientemente os utentes das redes de drenagem de águas residuais domésticas violam os princípios estabelecidos, através da proposta de um sistema de monitorização automática, remota e de baixo custo, que permita fazer respeitar a separação das redes de águas residuais domésticas das de águas pluviais.

Desta forma, e em jeito de conclusão, ficam aqui algumas recomendações para amenizar ou mesmo mitigar este problema:

- Manter ou criar um cadastro técnico e actualizado das redes de drenagem;
- Criar programas municipais de gestão de águas residuais tal como se faz, por exemplo, nos Estados Unidos da América;

- Instalar válvulas de retenção nos ramais de ligação mais antigos de esgoto (já que o novo regulamento não permite ligações abaixo da cota de soleira) em lotes localizados nas regiões baixas das localidades, evitando desta forma o refluxo de esgoto para dentro das residências;
- Implementar um Plano Integrado é a ferramenta mais adequada para a solução dos problemas de interferência entre os sistemas de águas residuais domésticas/industriais e de águas pluviais;
- Adaptar as soluções às circunstâncias e características locais. Não é possível criar uma receita geral; cada caso deve ser analisado considerando as instalações existentes, os aspectos hidrológicos, topográficos, hidráulicos e ambientais;
- Desenvolver campanhas de orientação, sensibilizado a população para a importância da condução das águas pluviais que são escoadas dos telhados e dos pátios em separado das águas residuais domésticas/industriais que necessitam de ser tratadas;
- Implementar medidas estruturais de controlo com a instalação de equipamentos de monitorização e medição dos caudais escoados dos efluentes de águas residuais domésticas para identificação de eventuais descargas ilegais de água pluvial;
- Implementar medidas de fiscalização em obra, mais concretamente a realização de testes antes da certificação da rede de drenagem de águas residuais domésticas, por forma a verificar a correcta instalação e ligação de colectores e ramais;

- Garantir uma informação transparente entre a entidade gestora dos serviços de abastecimento de água e de esgoto com os demais órgãos municipais evitando, desta forma, eventuais conflitos de interesse, de prioridades culturais e ambientais;

De referir a preocupação e sensibilização técnico-ambiental dos técnicos superiores da EMAR, mais concretamente o Senhor Engenheiro Amaral e a Senhora Engenheira Fernanda Saldanha que, de forma tão empenhada, se têm debruçado sobre a temática aqui explanada. Que este trabalho os ajude nos seus desígnios e propósitos.

Conclui-se esta dissertação com a esperança de que possa realmente resultar num contributo importante no panorama da gestão das águas residuais no sentido de ajudar a melhor abordar e encarar esta problemática.

Referências Bibliográficas

AECOM, (2009). Wastewater Management Plan - Metropolitan North Georgia, Water Planning District, Atlanta, USA.

ALEKSIC, O.S.; MARIC, V.D.; ZIYANOV, L.D.; MENINCANIN, A.B., (2007). A Novel Approach to Modeling and Simulation of NTC Thick-Film Segmented Thermistors for Sensor Applications - IEEE Sensors Journal, volume 7, pp. 1420-1428.

ATMAD, (2011). Águas de Trás-os-Montes e Alto Douro. Disponível via <http://www.aguas-tmad.pt/gca/index.php?id=14&id_categoria=3&id_galeria=5> (Acesso, Outubro 2011)

AZEVEDO NETTO, J.M., (1979). Contribuições Indevidas para a Rede de Esgotos - Revista DAE, nº120, pp. 36-38.

BARLAVENTO, (2011). Barlavento, Jornal Online. Disponível via <<http://www.barlavento.pt/index.php/noticia?id=37655>> (Acesso, Outubro 2011)

BARONTI, P.; PILLAI, P.; CHOOK, V.W.C.; CHESSA, S.; GOTTA, A.; HU, Y. F., (2007). Wireless sensor networks: A survey on the state of the art and the 802.15.4 and ZigBee standards, Computer Communications, Volume 30, pp. 1655-1695.

BEVAN, E.V.; REES, B.T., (1949). Sowers - Chapman & Hall, Londres.

BROWN, C.; KEE, R.J.; IRWIN, G.; MCLOONE, S.F.; HUNG, P.C., (2010). On generalisation of dual-thermocouple sensor characterisation to RTDs. MELECON, 15th IEEE Mediterranean Electrotechnical Conference, pp. 991-996.

CAPELLA, J.V.; PERLES, A.; BONASTRE, A.; SERRANO, J.J., (2011). Historical Building Monitoring Using an Energy-Efficient Scalable Wireless Sensor Network Architecture - Sensors, pp.10074-10093.

CEDAENET, (2011). Canal na Internet da Companhia Estadual de Águas e Esgotos. Disponível via <<http://www.youtube.com/user/cedaenonet#p/u/10/DUbrJfi5erw>> (Acesso, Maio 2011).

CONTIMETRA, (2010). Sensores ultra sônicos da Nivus. Disponível via <http://www.contimetra.com/Catalogos/Net_Dep_Industria/Nivus/CatalogoNivusPort.pdf> (Acesso, Novembro 2011).

DALTRO FILHO, J., (2004). Saneamento Ambiental: Doença, Saúde e o Saneamento da Água - UFS, Fundação Oviêdo Teixeira.

DEVANTECH, (2011).SRF04 - Ultra-Sonic Ranger Technical Specification. Disponível via <<http://www.robot-electronics.co.uk/htm/srf04tech.htm>> (Acesso, Dezembro 2011).

DIÁRIO DA REPÚBLICA, (1995). Regulamento geral de sistemas públicos e prediais de distribuição de água e de drenagem de águas residuais, Diário da República, Série 1-B, N.º 194/95, de 23 de Agosto.

DIAS, I.C.A., (2002). A Influência das Águas Pluviais no Sistema de Esgotamento Sanitário. VI Exposição de Experiências Municipais em Saneamento. 32ª Assembleia Nacional da ASSEMAE, Rio de Janeiro, Brasil.

ELECTROCHEN, (2011). Wireless Temperature Sensor. Disponível via <<http://www.electrochemsolutions.com/pdf/TS1.pdf>> (Acesso, Novembro 2011).

EMARVR, (2011). Empresa Municipal de Águas e Resíduos de Vila Real. Disponível via <<http://www.emar-vr.com>> (Acesso, Setembro 2011).

FLOW MEASUREMENT, (2011). Film presenting "The Development of Flow Measurement Technology, From Doppler Measurement To The Cross Correlation Method".

Disponível via <www.youtube.com/watch?v=SG7dDRFq3Cs&feature=channel> (Acesso, Dezembro 2011).

FLOWTRONIC, (2012). Sensor FLO-DAR-Model 4000 SR - Standard Range Combined Radar Area/VelocityFlow Sensor. Disponível via <http://www.flowtronic.com/portal/products/open_channel/flo_dar_sensor_model_4000_sr/en> (Acesso, Janeiro 2012).

GIS, (2012). Sistema de Informação Geográfica. Disponível via <http://tig.no.sapo.pt/tpc1_sig.html> (Acesso, Janeiro 2012).

GOOGLE MAPS, (2011). Disponível via < <http://maps.google.pt/>> (Acesso, Novembro 2011).

HOES, O.A.C; SCHILPEROORT, R.P.S.; LUXEMBURG, W.M.J.; CLEMENS, F.H.L.R.; VAN DE GIESEN, N.C., (2009). Locating illicit connections in storm water sewers using fiber-optic distributed temperature sensing - Water Resources Research, n° 43, pp. 5187-5197.

HURCO TECHNOLOGIES, (2011) . Smoke Testing Our Sewer Systems. Disponível via<www.hurcotech.com.> (Acesso, Junho 2011).

ICAP, (2010). Illicit Sewer Connection Amnesty Program. Engineering Division, Town of Burlington, Massachusetts, USA.

IDDE301, (2009). Illicit Discharge Detection and Elimination 301 - Finding and Fixing Illicit Discharges and Connections.U.S. EPA Stormwater Program's Webcast Series.

LACANETTE, K.; DENTON, E.; PEASE, R.; STEELE, J., (1997).National Temperature Sensor Handbook. National Semiconductor.

LANGEVELD, J., G., (2004). Interactions within wastewater systems - OPTIMA, Grafische Communicatie, Rotterdam, Netherlands.

LIBELIUM, (2011). Sensor boards. Disponível via
<<http://www.libelium.com/products/waspmote/sensors>> (Acesso, Novembro 2011)

LIU, C.; WENTAO, R.; BENHUA, Z.; CHANGYI, L., (2011). The application of soil temperature measurement by LM35 temperature sensors. International Conference on Electronic and Mechanical Engineering and Information Technology, volume 4, pp.1825-1828.

LLORET, J.; GARCIA, M.; BRI, D.; SENDRA, S., (2009). A Wireless Sensor Network Deployment for Rural and Forest Fire Detection and Verification. Sensors, pp.8722-8747.

MATOS, J. S. (2006). Ambiente e Saneamento, Sistemas de Drenagem - IST Press, Lisboa.

MESTRE, P.; SERÔDIO, C.; SEIXAS, A.; CORREIA, H.; BENTES, I.; COUTO, C., (2011). Filling rate assessment of recyclable materials containers using ultrasonic transducers - Elsevier, volume 44, pp.1084-1095.

MAXTREAM, (2006). Microcontrolador. Disponível via
<<http://www.libelium.com/squidbee/upload/3/31/Data-sheet-max-stream.pdf>> (Acesso, Dezembro 2011).

METCALF e EDDY (2003). Wastewater Engineering: Treatment and Reuse -. McGraw-Hill.

METROLHO, J.C.; SERÔDIO, C.M.J.A.; COUTO, C.A.C.M., (1999). CAN Based Actuation System for Greenhouse Control.ISIE'99, IEEE International Symposium on Industrial Electronics, Blend, Eslovénia, volume 2, pp.945-950.

MICROCHIP, (2002). Thermal Sensor with SPI Interface. Disponível via <<http://www.staff.ncl.ac.uk/j.a.neasham/TC77.pdf>> (Acesso, Novembro 2011).

MICROCHIP, (2003). Microcontrolador. Disponível via <ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/70091a.pdf> (Acesso, Dezembro 2011).

MICROCHIP 1, (2004). Application note 913- Interfacing the TC77 Thermal Sensor to a PIC microcontroller.

Disponível via <<http://ww1.microchip.com/downloads/en/AppNotes/00913a.pdf>> (Acesso, Novembro 2011).

MICROCHIP, (2004). Microcontrolador. Disponível via <ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/39626b.pdf> (Acesso, Dezembro 2011).

MICROCHIP, (2010). Microcontrolador. Disponível via <<http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/70632A.pdf>>(Acesso, Dezembro 2011).

MITSUBISHI ELECTRIC, (2011). Mesh Networking Support for IEEE 802.15 WPAN. Disponível via <<http://www.merl.com/areas/wpan-mesh/>>(Acesso, Dezembro 2011).

MS4, (2002). A Guidance Manual for Identifying and Eliminating Illicit Connections to Municipal Separate Storm Sewer Systems, Galveston County Health District, Texas, USA.

MURATA, (2011). Ultrasonic Sensors Application Manual. Disponível via <<http://www.murata.com/products/catalog/pdf/s15e.pdf>> (Acesso, Dezembro 2011).

NIBBLEWAVE, (2011). La TecnologíaEnOcean - Green. Smart. Wireless. Disponível via <<http://www.nibblewave.com/>> (Acesso, Novembro 2011).

NIVUS, (2011). Instrumentation for Water Industry. Disponível via <<http://www.nivus.de/>> (Acesso, Dezembro 2011).

OGIMET, (2012). Weather Information Service. Disponível via <<http://www.ogimet.com/home.phtml.en>> (Acesso, Maio 2012).

OHIO EPA, (2008). Illicit Discharge Detection and Elimination Manual(IDDE). Ohio Environmental Protection Agency ,City of Haverhill , Massachusetts, USA.

PEREIRA, J. A. R.; SOARES, J. M., (2006). Rede colectora de esgoto sanitário: projecto, construção e operação - NUMA/ UFPA/ EDUFPA.

REDA, A. L. L., (2006). Gestão de qualidade da água em sistema fluvial durante tormenta – Parte I: reconhecendo um problema no sistema de esgoto. XIII Simpósio de Engenharia e Produção (SIMPEP), Bauru, Brasil.

RUIZ-GARCIA, L.; LUNADEI, L.; BARREIRO, P.; ROBLA, I., (2009). A Review of Wireless Sensor Technologies and Applications in Agriculture and Food Industry: State of the Art and Current Trends. *Sensors*, pp.4728 - 4750.

SABLE THE SNIFFER, (2011). Environmental Canine Services LLC. Disponível via <www.sablethesniffer.com> (Acesso, Junho 2011).

SARGENT, D. ; CASTONGUAY, W. (1998). Water Quality Sampling: An Optical Brightener Handbook. Disponível via <<http://nature.thecompass.com/8tb/sampling/>> (Acesso, Junho 2011).

SCIENTIFIC AMERICAN, (2009). Need to Sniff Out Water Pollution? Call in the Dogs, Dog proves better than lab tests at detecting illegal sewage. Disponível via <scientificamerican.com> (Acesso, Junho 2011).

SEMASA (2002). Programa de Caça Esgoto - Serviço Municipal de Saneamento Ambiental de Santo André. Disponível via <<http://www.semasa.sp.gov.br/>> (Acesso, Maio 2011).

SENIX, (2011). ToughSonic/PC Distance Sensor TSPC-30S1 Series. Disponível via <http://www.senix.com/pdf_files/senix-data-sheet-tspc-30s1.pdf> (Acesso, Dezembro 2011).

SENSIRION, (2010).

Datasheet SHT21, Humidity and Temperature Sensor. Disponível via <www.sensirion.com/en/01_humidity_sensors/05_humidity_sensor_sht21/00_humidity_sensor_sht21.htm> (Acesso, Dezembro 2011).

SERÔDIO, C.; MESTRE, P., MONTEIRO, J. L.; Couto, C., (2010). Pervasive WSN based solutions applied to Health and Life-support Systems. IECON 2010, The 36th International Conference of IEEE Industrial Society, Glendale - Arizona, USA, pp.2198-2203.

SHIXING, L.; WUJUN, X.; YONGMING, Z., (2010). Research and Implementation of WSN in Fire Safety Applications. Wireless Communications Networking and Mobile Computing (WiCOM), 2010 6th International Conference, pp.23-25.

SILVA, R.C., (2006). Redes de Sensores sem Fio. Universidade Estadual de Montes Claros, Centro de Ciências exactas e tecnológicas. Departamento de Ciências de Informação, Montes Claros, Brasil.

STANDART, (2003). Part 15.4: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY), Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPANs). The Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), New York, USA.

STOCKTON, GREGORY, R., (2003). Application and Methodology for Locating Stormwater Discharges using Aerial Infrared Thermography. Stockton Infrared Thermographic Services, Inc., North Carolina, USA.

STOCKTON, GREGORY R., (2004). Locating Stormwater Discharges Using Aerial Infrared Thermografy. Stockton Infrared Thermographic Services, Inc., North Carolina, USA.

SULTAN, S.; KHAN, T.; KHATOON, S., (2010). Implementation of HVAC System Through Wireless Sensor Network, Communication Software and Networks. ICCSN, Second International Conference, pp.52-56.

TAVARES, J.; VELEZ, F. J.; FERRO, J. M., (2008). Application of Wireless Sensor Networks to Automobiles - Measurement Science Review, volume 8, pp.65-70.

TSUTIYA, M.T.; BUENO, R. C. R., (2005). Contribuição de Águas Pluviais em Sistemas de Esgotos Sanitários no Estado de São Paulo. 23ª Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Mato Grosso, Brasil.

TUOMARI, D. C.; THOMPSON, S., (2004). Sherlocks of Stormwater, Effective Investigation Techniques for illicit connection and discharge detection. Water Environment Federation, Michigan, USA.

TUOMARI, D. C.; JOHNSON, B., (1999). From Theory To Implementation - Finding Illicit Connections. Wayne County Department of Environment, Michigan, USA.

TUSHI, C.E.M., (2005). Gestão de águas pluviais Urbanas. Saneamento para Todos. Brasília: Ministério das Cidades, Brasil.

US EPA, (2004). United States Environmental Protection Agency. Illicit Discharge Detection and Elimination: a Guidance Manual for Program Development and Technical Assessments. Disponível via <www.epa.gov> (Acesso, Junho 2011).

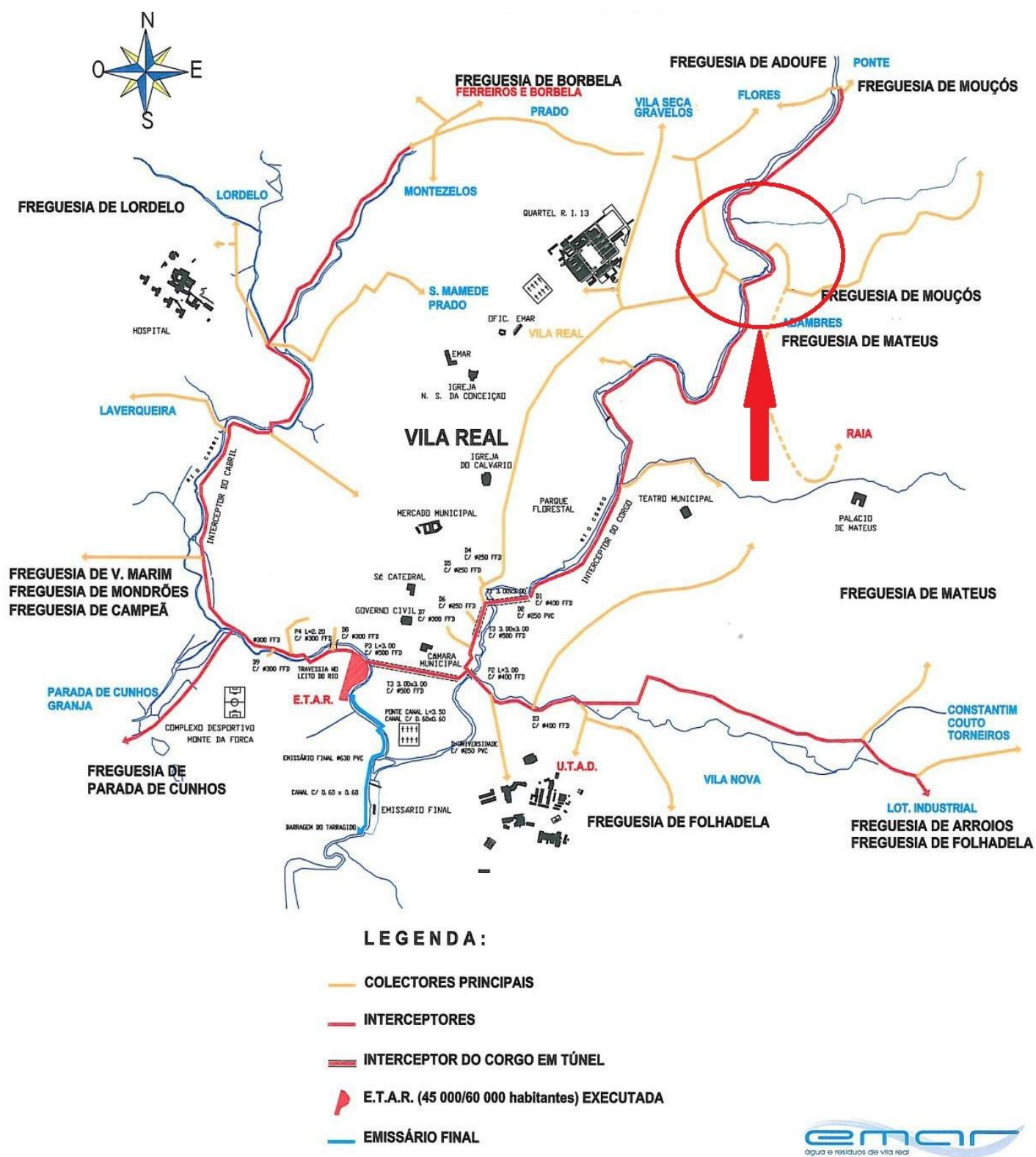
WERF, (2010). Water Environment Research Foundation. WERF Study's Uses Dogs to Find Fecal Contamination in Storm Drains. Disponível via <eponline.com> (Acesso, Junho 2011).

YE ROBOT, (2009). URM37 V3.2 Ultrasonic Sensor Manual. Disponível via <<http://www.robotshop.com/content/PDF/dfrobot-urm3-manual-rev2.pdf>> (Acesso, Dezembro 2011).

YOKOGAMA, (2011). Caudalímetro electromagnético ADMAG AXR. Disponível via <<http://www.directindustry.es/prod/yokogawa-europe/caudalimetros-electromagneticos-19033-40591.html>> (Acesso, Dezembro 2011).

ANEXOS

Anexo A - Localização do loteamento na rede de drenagem de Vila Real (EMARVR, 2011)



Anexo B- Foto Aérea da Urbanização Vila Paulista e da rede de drenagem em estudo



Anexo C - Leituras do Caudalímetro (m³)**Janeiro de 2012**

Data	Total Diário(m³)
01-Jan	SEM LEITURAS
02-Jan	
03-Jan	
04-Jan	
05-Jan	
06-Jan	
07-Jan	
08-Jan	
09-Jan	
10-Jan	
11-Jan	
12-Jan	
13-Jan	6,86
14-Jan	14,8
15-Jan	16,07
16-Jan	14,86
17-Jan	13,99
18-Jan	13,81
19-Jan	14,27
20-Jan	13,84
21-Jan	2,59
22-Jan	0
23-Jan	0
24-Jan	0
25-Jan	0
26-Jan	0
27-Jan	5,61
28-Jan	11,87
29-Jan	11,96
30-Jan	14,3
31-Jan	13,61

Fevereiro de 2012

Data	Total Diário(m³)
01-Fev	12,27
02-Fev	12,42
03-Fev	11,72
04-Fev	14,26
05-Fev	13,04
06-Fev	12,38
07-Fev	10,09
08-Fev	9,57
09-Fev	10,63
10-Fev	11,57
11-Fev	12,86
12-Fev	11,79
13-Fev	9,21
14-Fev	8,2
15-Fev	7,74
16-Fev	9,8
17-Fev	11,19
18-Fev	10,68
19-Fev	9,15
20-Fev	8,27
21-Fev	9,02
22-Fev	9,28
23-Fev	9,45
24-Fev	9,37
25-Fev	12,09
26-Fev	11,15
27-Fev	11,01
28-Fev	9,32
29-Fev	10,24

Março de 2012

Data	Total Diário(m³)
01-Mar	9,28
02-Mar	5,59
03-Mar	15,78
04-Mar	11,55
05-Mar	9,72
06-Mar	7,78
07-Mar	9,54
08-Mar	8,43
09-Mar	9,06
10-Mar	5,94
11-Mar	5,58
12-Mar	7,63
13-Mar	6,49
14-Mar	5,79
15-Mar	7,06
16-Mar	7,13
17-Mar	11,65
18-Mar	11,77
19-Mar	10,97
20-Mar	8,81
21-Mar	9,95
22-Mar	0
23-Mar	3,39
24-Mar	8,87
25-Mar	9,4
26-Mar	11,01
27-Mar	9,76
28-Mar	9,25
29-Mar	7,63
30-Mar	3,39
31-Mar	9,17

Abril de 2012

Data	Total Diário(m³)
01-Abr	10,04
02-Abr	12,39
03-Abr	9,57
04-Abr	9,47
05-Abr	12,62
06-Abr	11,76
07-Abr	12,76
08-Abr	11,02
09-Abr	11,11
10-Abr	14,92
11-Abr	8,94
12-Abr	3,28
13-Abr	11,42
14-Abr	25,79
15-Abr	10,48
16-Abr	7,96
17-Abr	12,09
18-Abr	33,21
19-Abr	25,53
20-Abr	14,81
21-Abr	12,33
22-Abr	7,87
23-Abr	8,83
24-Abr	6,08
25-Abr	33,45
26-Abr	19,54
27-Abr	23,3
28-Abr	12,5
29-Abr	11,47
30-Abr	10,1

Anexo D - Tabelas de Precipitação Diária (OGIMET, 2012).**Janeiro de 2012**

Data	Precipitação (mm)
01-Jan	0
02-Jan	7,1
03-Jan	0
04-Jan	0
05-Jan	0
06-Jan	0
07-Jan	0
08-Jan	0
09-Jan	0
10-Jan	0
11-Jan	0
12-Jan	0
13-Jan	0
14-Jan	0
15-Jan	1,8
16-Jan	0,8
17-Jan	0
18-Jan	0
19-Jan	0
20-Jan	0
21-Jan	0
22-Jan	0
23-Jan	0
24-Jan	0
25-Jan	0
26-Jan	0,8
27-Jan	0,5
28-Jan	0
29-Jan	0
30-Jan	0
31-Jan	0

Fevereiro de 2012

Data	Precipitação (mm)
01-Fev	0
02-Fev	0
03-Fev	0
04-Fev	0
05-Fev	0
06-Fev	0
07-Fev	0
08-Fev	0
09-Fev	0
10-Fev	0
11-Fev	0
12-Fev	0
13-Fev	0
14-Fev	0
15-Fev	0
16-Fev	0
17-Fev	0
18-Fev	0
19-Fev	0
20-Fev	0
21-Fev	0
22-Fev	0
23-Fev	0
24-Fev	0
25-Fev	0
26-Fev	0
27-Fev	0
28-Fev	0
29-Fev	0

Março de 2012

Data	Precipitação (mm)
01-Mar	0
02-Mar	0
03-Mar	4,1
04-Mar	0,5
05-Mar	0
06-Mar	0
07-Mar	0
08-Mar	0
09-Mar	0
10-Mar	0
11-Mar	0
12-Mar	0
13-Mar	0
14-Mar	0
15-Mar	0
16-Mar	0
17-Mar	0,5
18-Mar	1
19-Mar	0
20-Mar	0
21-Mar	0
22-Mar	0
23-Mar	0
24-Mar	0
25-Mar	0
26-Mar	0
27-Mar	0
28-Mar	0
29-Mar	0
30-Mar	0
31-Mar	0

Abril de 2012

Data	Precipitação (mm)
01-Abr	0
02-Abr	1
03-Abr	0
04-Abr	0
05-Abr	2,5
06-Abr	0
07-Abr	1
08-Abr	0
09-Abr	0
10-Abr	5,1
11-Abr	0
12-Abr	2
13-Abr	0,8
14-Abr	14
15-Abr	0,8
16-Abr	0
17-Abr	2
18-Abr	9,1
19-Abr	8,9
20-Abr	4,8
21-Abr	1,8
22-Abr	0
23-Abr	0,8
24-Abr	0
25-Abr	13
26-Abr	1,5
27-Abr	5,6
28-Abr	0
29-Abr	1,5
30-Abr	1