



Gestão Patrimonial de Infraestruturas - Quantificação de Afluências Indevidas na Bacia de Crestuma

JOSÉ RICARDO OLIVEIRA BELEZ

novembro de 2016

GESTÃO PATRIMONIAL DE INFRAESTRUTURAS

QUANTIFICAÇÃO DE AFLUÊNCIAS INDEVIDAS NA BACIA DE CRESTUMA

JOSÉ RICARDO OLIVEIRA BELEZ

Relatório de Estágio submetido para satisfação parcial dos requisitos do grau de

MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL – INFRAESTRUTURAS

Orientador: Engenheiro Tiago Sarmento Sabino Domingues

Supervisor: Engenheira Eunice Estela Soares Miranda Macedo Gonçalves Fonseca (Águas de Gaia)

OUTUBRO DE 2016

ÍNDICE GERAL

Índice Geral	iii
Resumo.....	v
Abstract	vii
Agradecimentos	ix
Índice de Texto	xi
Índice de Figuras.....	xv
Índice de Tabelas.....	xvii
Abreviaturas	xix
1 Introdução.....	1
2 A Empresa	5
3 Estado da Arte.....	9
4 Bases de Trabalho	35
5 Caso de Estudo	55
6 Considerações Finais.....	85
Referências Bibliográficas	89
Anexos	97

RESUMO

A presente monografia documenta o estudo desenvolvido durante o estágio na empresa Águas de Gaia, E.M., S.A. no âmbito do Mestrado em Engenharia Civil – Ramo de Infraestruturas do Instituto Superior de Engenharia do Porto. A realização deste estágio curricular, para além de permitir um contacto com o meio empresarial, teve como principal objetivo o desenvolvimento de um estudo associado com as afluências indevidas.

Com a expansão a que os serviços de saneamento têm sido sujeitos estes caudais excedentários são, cada vez mais, um problema grave e por isso é necessário que se crie ferramentas de gestão para o combate a esta maleita.

As afluências indevidas são uma das principais problemáticas associadas aos sistemas de drenagem, causando problemas estruturais, socioeconómicos e ambientais. Portanto, a minimização das afluências indevidas deve ser uma das prioridades das entidades gestoras. Isso conduziu à execução deste estudo.

A Águas de Gaia, E.M., S.A. é responsável por mais de mil e duzentos quilómetros de rede de saneamento, incluindo coletores, caixas de visita e várias estações de bombagem. O diagnóstico deste tema é cada vez mais do seu maior interesse devido aos problemas anteriormente enumerados.

O desenvolvimento deste trabalho teve como principal objetivo a quantificação das afluências indevidas ao sistema de drenagem de Crestuma, o sistema de menor extensão que a empresa detém, servindo de base para o desenvolvimento dos estudos associados aos restantes.

No curso deste estudo, foram aplicados os métodos de quantificação de afluências indevidas mais apropriados aos dados disponibilizados pela Águas de Gaia.

Palavras-chave: hidráulica, afluências indevidas, águas residuais, drenagem, sistemas urbanos, infiltração de base, afluências pluviais diretas

ABSTRACT

This monograph embodies the study developed during the internship in the company *Águas de Gaia, E.M., S.A.* in the context of the Master's Degree on Civil Engineering of *Instituto Superior de Engenharia do Porto*. Besides the acquaintance to an entrepreneurial environment, the main goal of this internship was the output of a study on inflow and infiltration.

With the expansion that sanitation services have been subjected throughout the recent years, this undesired flow increase is an increasingly acute problem, consequently management tools must be put in place to help minimize this matter.

The inflow and infiltration is one of the main problems associated with sewer systems and exerts a considerable impact on it, from structural problems to socio-economic and environmental problems. Therefore, the minimization of inflow and infiltration must be one of the main concerns of the system's management.

The company, *Águas de Gaia, E.M., S.A.* is responsible for over twelve hundred kilometers of sewer system, including collectors, manholes e several pumping stations. The diagnosis of the inflow and infiltration situation is increasingly of their best interest due, to the issues mentioned before. This led to the elaboration of this study.

This work development had as its main objective the preliminary definition of inflow and infiltration that affects the Crestuma's sewer system, the smallest sewer system owned by the company. This study can be used as a reference to further studies about the remaining systems.

Over the course of this study, the most appropriated methods to estimate/inflow and infiltration into sanitary sewers were selected and used, in line with the data provided by *Águas de Gaia*.

Keywords: hydraulics, inflow and infiltration, wastewater, drainage networks, sewer system, groundwater infiltration, rainfall derived infiltration and inflow

AGRADECIMENTOS

O desenvolvimento deste trabalho, um dos mais desafiantes a que me propus durante o meu percurso académico, só foi possível graças à ajuda e apoio de algumas pessoas e instituições às quais deixo, aqui, o meu agradecimento.

Em primeiro lugar ao Instituto Superior de Engenharia do Porto, mais concretamente ao Departamento de Engenharia Civil e direção do Mestrado em Engenharia Civil por possibilitarem a execução deste estágio.

À Águas de Gaia que acolheu da melhor maneira o meu estágio, em particular à Engenheira Eunice Fonseca que supervisionou o estágio, à Isabel Lacerda com quem partilhei o gabinete e que foi a minha companhia mais assídua durante o período do estágio, à Dr^a. Ana Pereira, Dr^a. Ana Lelis e Dr. José Cláudio pela ajuda preciosa na recolha dos dados.

Ao orientador, Engenheiro Tiago Domingues pela revisão deste documento.

Ao Doutor Tiago Abreu, professor e diretor do Departamento de Engenharia Civil do ISEP, pelas sugestões de bibliografia e pela disponibilidade para o esclarecimento de dúvidas.

Aos meus colegas e amigos pelo apoio demonstrado durante o desenvolvimento do estágio e desta dissertação, um grande obrigado por tudo.

Um especial obrigado àqueles que contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho: Emanuel Silva, Cláudio Dias, André Alves e Maria Leitão.

Por último, mas não menos importante aos meus pais e a toda a minha família pelo apoio ao longo de todo este tempo e por possibilitarem o concretizar de um sonho, um enorme obrigado!

ÍNDICE DE TEXTO

1	Introdução.....	1
1.1	Considerações Iniciais.....	1
1.2	Âmbito e Objetivos.....	3
1.3	Estrutura da Dissertação.....	3
2	A Empresa.....	5
2.1	Descrição.....	5
2.2	Missão.....	7
2.3	História.....	8
3	Estado da Arte.....	9
3.1	Perspetiva Histórica.....	9
3.1.1	Império Romano.....	10
3.1.2	Mundo Moderno.....	10
3.1.3	Portugal.....	11
3.2	Ciclo Urbano da Água.....	11
3.3	Sistemas de Drenagem.....	13
3.4	Afluências Indevidas.....	16
3.4.1	Definição de Afluências Indevidas.....	16
3.4.2	Causas e Impactos das Afluências Indevidas.....	18
3.5	Componentes do Caudal Residual.....	24
3.5.1	Caudal Residual Doméstico (BSF).....	26
3.5.2	Infiltração de Base (GWI).....	30
3.5.3	Afluência Pluvial (RDII).....	30

3.6	Assessing Infiltration and Exfiltration on the Performance of Urban Sewer Systems (APUSS)...	32
4	Bases de Trabalho	35
4.1	Indicadores de Desempenho	35
4.2	Quantificação de Afluências Indevidas	37
4.2.1	Decreto Regulamentar 23/95 de 23 de Agosto	38
4.2.2	Recomendações da Entidade Reguladora	38
4.3	Metodologias de Quantificação em Fase de Exploração	39
4.3.1	Método da Decomposição do Hidrograma de Águas Residuais.....	39
4.3.2	Métodos de Previsão de RDII.....	41
4.3.3	Método do Triângulo	44
4.3.4	Método do Mínimo Móvel.....	46
4.3.5	Método das Séries Temporais de Cargas Poluentes.....	47
4.3.6	Método dos Isótopos Naturais	49
4.4	Técnicas e Ensaio de Detecção de Anomalias.....	50
4.4.1	Inspeção Visual Direta	50
4.4.2	Inspeção CCTV	51
4.4.3	Ensaio de Fumo.....	52
4.4.4	Ensaio com Traçadores Químicos	53
4.4.5	Ensaio de Estanquidade.....	53
4.4.6	<i>Jetting</i>	54
5	Caso de Estudo	55
5.1	Caracterização do Sistema	55
5.1.1	ETAR de Crestuma	59
5.2	Recolha de Informação	60
5.3	Resultados.....	62
5.3.1	Considerações Iniciais.....	62
5.3.2	Análise dos Registos de Consumos.....	63

5.3.3	Análise do Afluente à ETAR de Crestuma	68
5.3.4	Quantificação das Afluências Indevidas	74
5.3.5	Indicadores de Desempenho	82
5.3.6	Custos associados às afluências indevidas	83
6	Considerações Finais	85
6.1	Conclusões	85
6.2	Desenvolvimentos Futuros	86

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 - Logotipo da Águas de Gaia, EM, SA (Águas de Gaia, 2016).....	5
Figura 2.2 - Rede de drenagem de águas residuais de Vila Nova de Gaia (Águas de Gaia, 2016).	6
Figura 2.3 - Organigrama Parcial da Águas de Gaia.	7
Figura 3.1 - Esquema representativo do ciclo urbano da água (Águas da Região de Aveiro, [s.d.]).....	12
Figura 3.2 - Classificação das afluências segundo o modo de atuação e origem (Dias, 2015).	17
Figura 3.3 - Vertentes dos impactos das afluências indevidas ao sistema (Amorim, 2007).	21
Figura 3.4 - "Ciclo vicioso" dos sistemas de drenagem de águas residuais (adptado de Bonito, 2014). ...	23
Figura 3.5 - Os três componentes do Caudal Residual (Lai <i>et al.</i> , 2007).	25
Figura 3.6 - Esquema das componentes do caudal total de água residual (Franz, 2007; Mortinho, 2011).	26
Figura 3.7 - Representação gráfica das variações de consumo doméstico segundo Lheureux.	29
Figura 3.8 - Esquema demonstrativo de ligações indevidas (Concord Public Works <i>et al.</i> , 2007; Mortinho, 2011).	31
Figura 4.1 - Componentes associadas a cada caudal.	40
Figura 4.2 - Exemplo de representação do método do triângulo (Mortinho, 2011)	45
Figura 4.3 - Exemplo de gráfico típico do método do mínimo móvel (Mortinho, 2011).	47
Figura 4.4 - Exemplo de aplicação do método dos isotopos naturais (adptadado de Kracht e Gujer, 2006).	50
Figura 4.5 - Exemplo de imagem captada por CCTV (Marques, 2010).....	51
Figura 4.6 – Exemplo de Ensaio de Fumo (adaptado de Superior® Smoke, [s.d.]).	52
Figura 4.7 - Coletor com água colorida pelo marcador do “ <i>dye test</i> ” (KOAM TV, 2013).....	53
Figura 5.1 - Bacias de drenagem do Município de Vila Nova de Gaia.....	55
Figura 5.2 - Sistema de saneamento de Crestuma.....	58

Figura 5.3 - Sistema de saneamento de Crestuma na zona da praia.	58
Figura 5.4 - ETAR de Crestuma (Aguas de Gaia, 2016)	59
Figura 5.5 - Gráfico de precipitação diária do mês de março de 2013 do sítio da internet do IPMA.	60
Figura 5.6 - Gráfico de precipitação diária do mês de março de 2013 do sítio da internet do <i>WindGURU</i>	61
Figura 5.7 - Volumes anuais medidos nas ETAR do concelho e faturados dos contratos de abastecimento em m ³ (dados da AG).	62
Figura 5.8 – Comparativo do afluente medido na ETAR com a estimativa de produção de água residual mensal.	67
Figura 5.9 - Comparativo de concentração de CBO ₅ e CQO com o caudal afluente à ETAR.	69
Figura 5.10 – Comparativo de caudal afluente e precipitação diários no ano de 2013.	71
Figura 5.11 – Efeitos da precipitação nas aflúências indevias à rede de drenagem (adptado de Bonito, 2014).	72
Figura 5.12 - Comparativo de caudal afluente e precipitação semanais no ano de 2013.	73
Figura 5.13 - Comparativo de caudal afluente e precipitação mensais no ano de 2013.	74
Figura 5.14 - Método do Triângulo para a rede de drenagem de Crestuma.	76
Figura 5.15 - Hidrograma de águas residuais.	78
Figura 5.16 - Representação gráfica do método do mínimo móvel.	81
Figura 6.1 – Alternativas de Faseamento de campanhas de medição (Almeida e Cardoso, 2010).	87

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 3.1 - Vantagens e desvantagens dos sistemas de drenagem separativos e unitários (Bonito, 2014).	14
Tabela 3.2 - Principais componentes dos sistemas de drenagem urbanos (Rodrigues, 2013).....	15
Tabela 3.3 - Classificação das componentes das afluições indevidas segundo a origem de água.....	17
Tabela 3.4 - Tipos de afluições (Rodrigues, 2013; Tchobanoglous <i>et al.</i> , 2003).	18
Tabela 3.5 - Causa das afluições indevidas segundo a localização e origem (Águas de Portugal (AdP), 2007).	20
Tabela 3.6 - Fatores de ponta horários para sistemas de drenagem (Marques e Sousa, 2011).....	28
Tabela 3.7 - Médias mensais das variações de consumo doméstico segundo Lheureux.	29
Tabela 3.8 - Parceiros científicos e utilizadores finais associados do projeto APUSS (Cardoso <i>et al.</i> , 2006).	33
Tabela 4.1 – Indicadores de Desempenho a considerar.	36
Tabela 4.2 - Limites estabelecidos pela ADP para os indicadores de desempenho (Dias, 2015).	37
Tabela 4.3 - Resumo dos métodos de estimativa de RDII (Ferreira, 2014).....	42
Tabela 4.4 - Resumo dos métodos de estimativa de RDII (continuação) (Ferreira, 2014).....	43
Tabela 5.1 - Tipos de coletores constituintes do sistema por proprietário.	56
Tabela 5.2 - Somatório dos comprimentos de cada tipo de coletor presente no sistema.	56
Tabela 5.3 - Número de coletores do sistema por tipo e material.	56
Tabela 5.4 -Número de coletores por tipo e por diâmetro nominal.....	57
Tabela 5.5 - Número de coletores por tipo e subsistema.	57
Tabela 5.6 Capacidade ETAR de Crestuma (Águas de Gaia, 2016).....	59
Tabela 5.7 - Estimativa de população em Olival e Lever afeta ao sistema de drenagem de Crestuma. ...	63
Tabela 5.8 - Resumo de consumo não habitacional do ano e 2013.....	64

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 5.9 - Volumes médios de abastecimento e de água residual.	65
Tabela 5.10 - Valores mínimos de capitação a considerar em sistemas de abastecimento.	65
Tabela 5.11 - Fatores de multiplicação teóricos para distribuição mensal dos caudais.	66
Tabela 5.12 - Volume de afluente mensal na ETAR de crestuma em 2013.	67
Tabela 5.13 - Resultados de análises de concentração de CBO ₅ e CQO.....	69
Tabela 5.14 - Intensidade de precipitação segundo IPMA.	75
Tabela 5.15 - Resultados do uso do método do triangulo considerando vários limites para a contabilização de dias de precipitação.	75
Tabela 5.16 - Caudais médios de tempo seco e tempo húmido.	77
Tabela 5.17 – Volumes anuais por componente pelo método da decomposição do hidrograma – primeira abordagem.	79
Tabela 5.18 - Volumes anuais por componente peo metodo da decomposição do hidrograma – segunda abordagem.	79
Tabela 5.19 - Volumes anuais por componente peo metodo da decomposição do hidrograma – média das duas abordagens consideradas.	79
Tabela 5.20 - Média do mínimo móvel e média do caudal de origem doméstica.	80
Tabela 5.21 - Volumes anuais por componente de água residual segundo o método do mínimo móvel.	82
Tabela 5.22 - Volumes anuais por componente de água residual segundo os dois métodos considerados.	82
Tabela 5.23 – Indicadores de desempenho.....	83

ABREVIATURAS

A	Área da Bacia Pluvial
a.C.	Antes de Cristo
AdP	Águas de Portugal
ADW	<i>Average Dry Weather</i>
AG	Águas de Gaia
APUSS	Assessing Infiltration and Exfiltration on the Performance of Urban Sewer
ASCE	<i>American Society of Civil Engineers</i>
ASCE-WEF	<i>American Society of Civil Engineers - WaterEnvironment Federation</i>
BSF	<i>Base Sanitary flow</i>
C	Coefficiente de Escoamento do Método Racional
CBO ₅	Carência Bioquímica de Oxigénio
CCTV	<i>Closed-Circuit Television</i>
CQO	Carência Química de Oxigénio
CV	Camara de Visita
d.C.	Depois de Cristo
DAR	Direção de Águas Residuais
EM	Empresa Municipal
EMM	Empresa Endidade Municipal
EPA	<i>United States Environmental Protection Agency</i>
ERSAR	Entidade reguladora dos Serviços de Água e Resíduos
ETAR	Estação de Tratamento de Águas Residuais
EUA	Estados Unidos da América
fa	Fator de Afluência
FFD	Ferro Fundido Dúctil
fph	Fator de Ponta Horário
GSDSDS	<i>Greater Dublin Strategic Drainage Study</i>
GIS	<i>Geographic Information System</i>
GWI	<i>Groundwater Infiltration</i>
I/E	Infiltração e Exfiltração

ABREVIATURAS

I/I	<i>Infiltration and Inflow</i>
IAPMEI	Agência para a Competitividade e Inovação, I.P
ID	Indicador de Desempenho
IPMA	Instituto Português do Mar e da Atmosfera
IRAR	Instituto Regulador de Águas e Resíduos
IWA	<i>International Water Association</i>
Lcoletor	Comprimento do Coletor
LNEC	Laboratório Nacional de Engenharia Civil
n.º CV	Número de Caixas de Visita
P	Perímetro
P	População Servida
P	Precipitação Acumulada do Evento em Estudo
PME	Pequena e Média Empresa
PVC	Policloreto de Vinil
Q _{AA}	Caudal de Águas de Abastecimento
Q _{AR}	Caudal de Águas Residuais Domésticas
Q _{inf}	Caudal de Infiltração
Q _{max pluv}	Caudal Máximo de Origem Pluvial
Q _{md ts}	Caudal Médio de Tempo Seco
Q _{sc}	Caudal de Secção Cheia
RDII	<i>Rainfall Derived Infiltration and Inflow</i>
RGSPDADAR	Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais
S.A.	Sociedade Anónima
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SIMDOURO	Saneamento do Grande Porto, S.A.
SMG	Serviços Municipalizados de Gaia
V _{md ts}	Volume Médio tem Tempo Seco
VNG	Vila Nova de Gaia
V _{pluv}	Volume de Afluências Pluviais
wEn	Indicadores de Desempenho Ambientais
wFi	Indicadores de Desempenho Económico-Financeiros
wOp	Indicadores de Desempenho Operacionais
wPe	Indicadores de Desempenho de recursos humanos
wPh	Indicadores de Desempenho Infraestruturais
wQS	Indicadores de Desempenho de Qualidade de Serviço

WWF *Wet Weather Flow*

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O abastecimento de água é um serviço essencial na manutenção da saúde pública e do bem-estar da população bem como para as atividades económicas, neste processo deve ser garantida a qualidade da água e a universalidade do acesso a esta, a utilização dessa água tem fins diversos como o uso doméstico, comercial e industrial. A utilização destas águas modifica as suas características físicas, químicas e biológicas, tornando-as impróprias para reutilização direta. Estas águas são denominadas de águas residuais, sendo, para bem da saúde pública e do ambiente, necessário o seu afastamento das populações e o seu tratamento.

Para esse fim é imperativo a criação de meios apropriados para o encaminhamento e tratamento de águas residuais. Já nas cidades de Ur e Babilónia, na Mesopotâmia, nos anos 2500 a.C. se reconhecia este problema e foi aí que surgiram os primeiros grandes avançados tecnológicos nesta área com a utilização dos primeiros coletores, sarjetas e sumidouros, e a utilização por baixo das habitações de “cesspools”, termo anglo-saxónico para reservatório para dejetos, demonstrando já uma preocupação com a salubridade da população (Buff, [s.d.]).

Atualmente, a solução encontrada para esse problema foram os sistemas atuais de saneamento cujo dimensionamento se encontra regulado pelo Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais (RGSPDADAR), no entanto estes, quando analisados, demonstram algumas deficiências.

O artigo 126.º do RGSPDADAR aponta a metodologia empregue em Portugal para a quantificação dos caudais de infiltração na fase de projeto. No regulamento é preconizada uma metodologia que leva a um dimensionamento homogéneo em todo o país não levando em conta as características específicas de cada local (Dias, 2015).

“Algumas das principais deficiências funcionais que ocorrem em sistemas de drenagem e tratamento de águas residuais resultam da afluência de caudais de infiltração a estas infraestruturas, ou seja, influências indevidas”(Mortinho, 2011) designado pela terminologia anglo-saxónica de *inflow/infiltration*. Estes caudais têm como principal causa, direta ou indireta, a precipitação.

CAPÍTULO 1

Segundo Marques e Sousa (2011), por mais cuidadosa que seja a execução das juntas, na impermeabilização das câmaras de visita e rigoroso o controlo de ligações clandestinas, é inevitável que a rede sofra infiltração de base e afluência pluvial.

Afluências indevidas é o termo utilizado para denominar o caudal que indevidamente entra nas redes de drenagem proveniente de lençóis freáticos e direta ou indiretamente da precipitação.

A entrada de água nas redes ocorre nas tubagens principias e ramais domiciliários, devido à fadiga dos materiais, aberturas nas juntas e fraturas, e pelas câmaras de visita, devido a problemas de ligação com as tubagens, corrosão e pelas tampas (Amorim, 2007).

A infiltração num sistema de drenagem de águas residuais pode ser direta se resulta da contribuição de fenómenos pluviométricos, e indireta se associada ao rebaixamento dos coletores relativamente ao nível freático (Amorim, 2007).

Será expectável que, devido à maior extensão, maior número de câmaras de visita e à existência de ligações pluviais indevidas, que as infiltrações sejam mais expressivas nos coletores do sistema em “baixa” do que nos emissários e intercetores do sistema em “alta” quando a proximidade aos níveis freáticos seja semelhante pese embora o caudal transportado ser superior nos emissários/coletores.

De acordo com a experiência internacional, as afluências indevidas têm um impacto significativo no caudal afluente às estações de tratamento, em particular após fortes chuvadas, chegando, em certos casos, a exceder 50% do volume de águas residuais.

Segundo Amorim (2007), os fatores que influenciam as entradas físicas ao longo de um sistema de drenagem de águas residuais são o estado de conservação e idade dos coletores e acessórios da rede, o modo de construção e colocação dos coletores, as características do solo envolvente e existência de outras fugas: as características do solo e a frequência de passagem de cargas pesadas sobre tubagem.

Dados recolhidos junto das estações de tratamento de águas residuais (ETAR) têm demonstrado a existência de uma forte correlação entre eventos pluviométricos e o aumento de caudal afluente às ETAR (Mortinho, 2011). Este facto prova a existência de uma relação de causalidade entre eventos pluviométricos e as afluências indevidas.

Apesar de não se tratar de algo inédito, este fenómeno é cada vez mais uma preocupação para as entidades gestoras dos sistemas separativos de drenagem de águas residuais, quer em “baixa”, quer em “alta”, devido aos efeitos nefastos que têm para os sistemas de saneamento em vários aspetos como: aceleração da degradação dos coletores, diminuição da eficácia do sistema, incremento dos custos operacionais, insuficiência de bombagem, descargas de água não tratada para o meio hídrico recetor, entre outros.

1.2 ÂMBITO E OBJETIVOS

A presente monografia tem como principal objetivo estimar as afluências indevidas ao sistema de drenagem de águas residuais de Crestuma, aferindo os mesmos a partir de leituras de afluentes à ETAR de Crestuma. Esta é elaborada no âmbito do Mestrado em Engenharia Civil do Instituto Superior de Engenharia do Porto com recurso a um Estágio Curricular na empresa Águas de Gaia, EM, SA.

É pretendido, com os resultados obtidos, que se estime o volume anual de afluências indevidas ao sistema para que seja possível avaliar o impacto desta problemática e que, de alguma forma, se possa com base nesses dados, justificar a necessidade de intervencionar o sistema de drenagem supramencionado.

Para uma análise eficaz e eficiente deste tema foi, inicialmente, efetuada uma análise da bibliografia relacionada com o tema para adquirir conhecimentos sobre metodologias de quantificação e métodos de deteção de afluências indevidas e de normas de dimensionamento dos sistemas para uma melhor compreensão do seu funcionamento.

1.3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A presente dissertação é desenvolve-se em 6 capítulos, com os subcapítulos necessários para a correta distribuição dos diferentes temas.

No Capítulo 1 é introduzido o tema, apresentando-se a temática abordada falando-se um pouco do seu estado atual, definem-se objetivos e o âmbito no qual esta dissertação é realizada.

Os restantes capítulos podem dividir-se em desenvolvimento e conclusão, sendo os capítulos 2 a 5 respeitantes ao desenvolvimento e o capítulo 6 correspondente à conclusão.

No Capítulo 2 é apresentada a empresa onde foi realizado o estágio, a Águas de Gaia, E.M., S.A., é também apresentada também a sua missão bem como um pouco da sua história.

No Capítulo 3 é feita uma análise do estado da arte, dando-se uma perspetiva histórica sobre o tema da drenagem de águas residuais, incluindo uma perspetiva nacional. São também apresentadas várias noções como o ciclo urbano da água, tipos e composição de sistemas de drenagem, introdução do tema das afluências indevidas e sua definição, são identificadas as componentes do caudal residual e ainda apresentado o projeto APUSS.

No Capítulo 4 são apresentadas as bases de trabalho, como os indicadores de desempenho preconizados por várias entidades, legislação, metodologias de quantificação de afluências indevidas e técnicas e ensaios de deteção das mesmas.

CAPÍTULO 1

No Capítulo 5 é apresentado o caso em estudo, recorrendo-se uma caracterização do sistema, apresentação do dados e informações recolhidas e tratadas e apresentação de resultados utilizando diversas abordagens e métodos distintos.

No Capítulo 6 é feita a apresentação dos resultados dos vários métodos, a sua comparação e a aceitação do resultado final, são também apresentadas as conclusões e propostas de desenvolvimentos e melhorias futuras.

2 A EMPRESA

2.1 DESCRIÇÃO

A Águas de Gaia, E.M., S.A. tem a sua sede na Rua 14 de Outubro, Vila Nova de Gaia. A AG (Águas de Gaia, 2016) é uma empresa municipal que gere o sistema em “baixa” de abastecimento e drenagem de água do concelho de Vila Nova de Gaia bem como a rede de águas pluviais, saneamento de águas residuais urbanas e gestão de resíduos sólidos urbanos e limpeza pública, o logotipo desta encontra-se na Figura 2.1.



Figura 2.1 - Logotipo da Águas de Gaia, EM, SA (Águas de Gaia, 2016).

A empresa Águas de Gaia, E.M. foi aprovada em assembleia municipal a 18 de março de 1999, por deliberação da Câmara Municipal de Vila Nova de Gaia, sendo resultado da transformação dos Serviços Municipalizados de Águas e Saneamento de Gaia em Empresa Municipal. A AG foi criada com o intuito de assegurar a distribuição de água e a drenagem e o tratamento das águas residuais de toda a área do concelho de Vila Nova de Gaia, actividades de reconhecido interesse público (Águas de Gaia e Castanheira, 2006).

“O número de ligações à rede de saneamento atingia apenas 18 661 clientes em 1998.” (Águas de Gaia e Castanheira, 2006).

O concelho dispõe de uma rede de drenagem de águas residuais que cobre a quase totalidade do território do concelho, ilustrada na Figura 2.2 a rede de saneamento conta já com 1 224 km de extensão, sendo que a rede viária global do território concelhio tem uma extensão de 1 330 km.



Figura 2.2 - Rede de drenagem de águas residuais de Vila Nova de Gaia (Águas de Gaia, 2016).

O concelho conta também, na sua rede de saneamento com 5 ETAR (Estações de Tratamento de Águas Residuais), a ETAR do Areinho, de Gaia Litoral de Febros, de Crestuma e de Lever, tendo esta última a sua construção concluída em 2005 encerrando o ciclo de grandes obras na área das águas residuais levadas a cabo pela empresa, concluindo-se assim o grupo de projetos oportunamente aprovado e co financiado pela Comissão Europeia – Fundo de Coesão – tendo em vista a Drenagem e Tratamento de Águas Residuais do Grande Porto Sul numa verba total superior a 60 milhões de euros.

Estas estações de tratamento são geridas pela empresa Águas do Norte, SA, empresa que agregou as empresas Águas do Douro e Paiva, S.A., Águas de Trás-os-Montes e Alto Douro, S.A., SIMDOURO – Saneamento do Grande Porto, S.A. e Águas do Noroeste, S.A., integradas no Grupo Águas de Portugal e a quem foi atribuída, pelo Estado Português, a concessão da exploração e da gestão do sistema multimunicipal em “alta” de abastecimento de água e de saneamento do Norte de Portugal, pelo prazo de trinta anos.

Tem sido notável a adesão da população gaiense às infraestruturas de saneamento disponibilizadas pela Águas de Gaia, os números têm crescido todos os anos e estão criadas as condições para que haja uma adesão de 100% a este serviço, considerado pela empresa, como fundamental para o progresso do concelho.

A rede de distribuição de águas abastece mais de 315 mil residentes do concelho com um consumo anual, conjuntamente com o tecido empresarial, de mais de 13 milhões de m³ de água (valores de 2012).

O seu Conselho de Administração é presidido pelo Eng.º Serafim Silva Martins. No Anexo I é apresentado o organigrama completo da AG com todas as direções e subdivisões das mesmas. O estágio foi realizado na Direção de Águas Residuais (DAR), a DAR é constituída por três repartições, o Setor de Exploração Redes, o Gabinete de Ligações de Águas Residuais e Pluviais e o Secretariado de Águas e Esgotos, na Figura 2.3 encontra-se ilustrado este organigrama parcial.

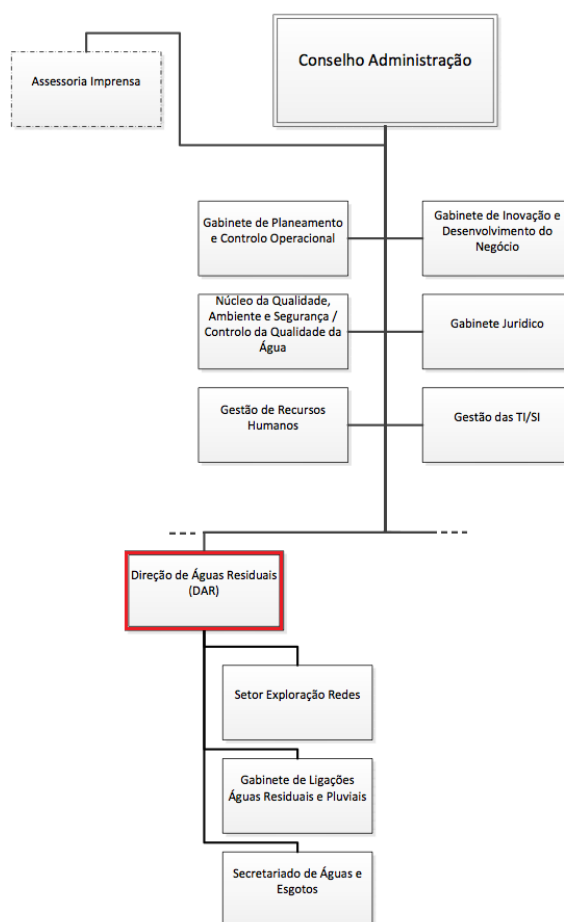


Figura 2.3 - Organigrama Parcial da Águas de Gaia.

2.2 MISSÃO

“A Águas de Gaia, E.M. pretende identificar-se como empresa de prestígio no contexto europeu e referência nacional na sua área de intervenção, pelas suas preocupações e realizações no domínio da gestão dos recursos, da Qualidade, do Ambiente e da Segurança.” (Águas de Gaia e Castanheira, 2006).

A empresa tem como missão garantir a todos os gaienses, uma continua distribuição de água de elevada qualidade, a drenagem e tratamento das correspondentes águas residuais, a adequada gestão dos resíduos sólidos urbanos e ainda assegurar a gestão de águas pluviais e a limpeza e requalificação das

ribeiras do concelho. É ainda missão da empresa colaborar na manutenção e gestão das zonas balneares costeiras “observando e cumprindo parâmetros de inovação, dinamismo e rigor, contribuindo com a sua atividade para melhorar a qualidade ambiental da região e a qualidade de vida das populações” (Águas de Gaia, 2016).

2.3 HISTÓRIA

Entre 1948 e 1998 o abastecimento de água e a drenagem de águas residuais do concelho eram assegurados pelos Serviços Municipalizados de Água e Saneamento de Vila Nova de Gaia, no abastecimento registavam-se perdas consideráveis e o saneamento era incipiente, não existindo tratamento de águas residuais. Esta organização demonstrava-se francamente desajustada face à realidade do concelho e das crescentes exigências de qualidade nos serviços prestados, por estes motivos o Município viu como prioritária a necessidade de modernizar e expandir os sistemas, criando definições de base, projetos e procurando fontes de financiamento. Para fazer face a este novo projeto a Câmara Municipal nomeou uma Administração residente para os Serviços Municipalizados de Gaia (SMG) transformando em 1998, posteriormente, em Abril de 1999, os SMG na Empresa Municipal Águas de Gaia, ao abrigo da Lei n.º 58/98, de 18 de Agosto.

“Águas de Gaia não dispunha, em 1998, de mais de 157 km de rede de saneamento, por onde circulavam sem qualquer tratamento as águas residuais produzidas no concelho” (Águas de Gaia, 2016).

Ao longo dos últimos catorze anos a empresa tem-se empenhado em dotar o concelho de uma modelar infraestrutura de saneamento, o que obrigou a um esforço financeiro que atingiu 144 milhões de euros. A rede pública de saneamento conta atualmente com 1 224 km, apoiada em cinco ETAR e 85 estações elevatórias que tratam todas as águas residuais produzidas no território municipal (Águas de Gaia, 2016).

O número de ligações ao saneamento, que se reduzia a cerca de 2 000 em 1998, atingiu, no final de 2012, 132 629 clientes.

3 ESTADO DA ARTE

3.1 PERSPETIVA HISTÓRICA

Os primeiros registos de sistemas de drenagem de águas residuais datam de há mais de 5 milénios, durante praticamente 4 800 anos os avanços nesta matéria não foram, salvo raras exceções, significativos. Apenas nos últimos 150 anos se presenciou notórios avanços neste campo devido aos problemas criados pelo aumento das populações e atividade industrial, o que não só punha em risco a salubridade das mesmas como o ambiente e a qualidade da água dos meios recetores (Saldanha Matos, 2003).

O saneamento básico e a importância que lhe é atribuída remonta às civilizações mais antigas que identificavam como imperativo a criação de meios apropriados para o encaminhamento e tratamento dessas águas residuais.

Viessman (*apud* Rahman *et al.*, 2007, p. 4) menciona que os primeiros registos arqueológicos de sistemas de abastecimento e de saneamento de águas residuais datam da cidade de Nipur na Suméria há cerca de 5 000 anos. As águas residuais eram transportadas desde os palácios e áreas residenciais citânicas por um sistema de drenagem elaborado.

Já nas cidades de Ur e Babilónia, na Mesopotâmia, nos anos 2500 a.C. se reconhecia este problema e foi aí que surgiram os primeiros grandes avanços tecnológicos nesta área com a utilização dos primeiros coletores, sarjetas e sumidouros, e a utilização por baixo das habitações de “cesspools”, termo anglo-saxónico para reservatório para dejetos, demonstrando já uma preocupação com a salubridade da população. Crê-se que estes avanços são fruto da obsessão deste povo com a higiene pessoal.

Matos (2003, p. 14) afirma que “a civilização etrusca é a responsável pela construção de cidades bem organizadas e planeadas na Itália Central, por volta de 600 a.C. Marzobotto, uma dessas cidades, é conhecida, também, pelo engenhoso sistema de drenagem, bem-adaptado às condições topográficas locais.”.

No Oriente, ruínas de algumas grandes cidades na China, sugerem que a preocupação com esta temática possa apenas ter surgido por volta do ano 200 d.C. com a construção de um importante sistema enterrado. Ainda no Oriente, terão sido descobertos pelo povo cambojano vestígios dos canais de limpeza da cidade de Angkor do povo Khmer, por volta do século VI.

3.1.1 Império Romano

Foi no império Romano que surgiram os avanços técnicos/tecnológicos mais significativos, baseando-se no excelente trabalho de planeamento e organização urbana levado a cabo pela civilização etrusca.

Saldanha Matos (2003) crê que:

1. *A Cloaca Máxima de Roma* parece ter sido, no entanto, a primeira obra de dimensão relevante, construída por motivações de qualidade de vida urbana. Um sinal evidente do carácter de serviço público das cloacas de Roma é o facto de ter existido um imposto específico, destinado a assegurar a manutenção das mesmas, o *cloacarium*, e funcionários incumbidos da sua inspeção, os *curatores cloacarum*.
2. Cloaca é um termo latino que significa “condutor de drenagem urbana” e provém, segundo Plínio, do termo *cluere* que equivale a “purgar”. Paralelamente, o termo colector provém do latim *co-lego*, que significa juntar, reunir, e traduz o conceito da formação da rede de drenagem, construída por trechos interligados, os colectores, onde se reúnem e depois transportam as águas afluentes. (p. 14).

A Cloaca Máxima de Roma drenava as águas residuais de grande parte da cidade de Roma para o rio Tibre, melhorando assim a qualidade de vida dos habitantes desta cidade. O sistema original era constituído por um canal a céu aberto, mas, devido às exigências do espaço citadino, este foi progressivamente coberto. Esta infraestrutura manteve-se em bom estado de conservação durante toda a idade imperial romana.

O Império Romano desenvolveu também o seu sistema de abastecimento de água, construindo em 312 a.C. o aqueduto *Aqua Apia* com cerca de 17 km de extensão.

3.1.2 Mundo Moderno

Foi no início do século XIX, que teve na revolução industrial um catalisador para o desenvolvimento desta matéria, que existiu uma revolução tecnológica tanto no abastecimento como na drenagem de águas residuais.

O aumento populacional das cidades criou a necessidade de modernização do sistema de saneamento, os novos e melhores materiais da época tornaram possível, conjuntamente com um melhor planeamento e organização urbana, a construção de novos e melhores redes de saneamento públicas.

Em meados do século XIX, os engenheiros, já tinham consciência que declives adequados e o assegurar a autolimpeza do sistema de saneamento teria impactos benéficos nos custos de manutenção destas infraestruturas. Foi também neste século que se desenvolveram vários equipamentos de limpeza (e.g. esferas metálicas). No final do século XIX foi assinalado outro marco importante com o uso de coletores de secção circular em betão sem juntas transversais e com autolimpeza (Saldanha Matos, 2003).

Foi também no findar do século XIX que foi estabelecido o critério da velocidade mínima, com valores entre 0,6 a 0,9 m/s.

3.1.3 Portugal

Em Portugal, os primeiros elementos históricos sobre o tema datam do século XV quando o rei D. João II ordenou que se procedesse a operações de limpeza “nos canos” que inicialmente se destinavam a drenagem de águas pluviais, mas que juntavam todo o tipo de resíduos gerados pela população da cidade de Lisboa tornando-a mais insalubre. Este ato do rei D. João II foi tomado em virtude da peste (Saldanha Matos, 2003).

Anteriormente ao terramoto de 1755 os problemas ligados à falta de saneamento densificavam-se com o avolumar das populações que conduzia a um excesso de despejos não vencidos pelo atual sistema, o que constituía um problema para salubridade e saúde pública. Posteriormente ao terramoto que assolou a população lisboeta seguiu-se uma época de reedificação e reconstrução o que possibilitou, também, a implantação de um sistema de drenagem mais “moderno” e capaz, segundo Saldanha Matos (2003) estes efeitos ainda se fazem sentir nas zonas mais antigas da cidade com coletores unitários dispostos em malha com ligação ao rio Tejo.

Registos indicam que o primeiro sistema de drenagem separativo construído no país terá sido no Porto de autoria inglesa em meados do século XX (por volta de 1930), sendo que na década de cinquenta a maior parte dos aglomerados urbanos já disporia de sistema de drenagem pluvial e unitários (Saldanha Matos, 2003).

Entre as décadas de cinquenta e setenta grande número de sistemas unitários foram remodelados e complementados dando origem a novos sistemas de drenagem separativos.

Nas décadas de oitenta e noventa houve um grande incremento no investimento nestas infraestruturas, nos últimos 30 anos foram executadas grandes obras neste setor com especial foco nas ETAR, só no Município de Vila Nova de Gaia foram construídas, como referido anteriormente, cinco ETAR.

Num futuro próximo é esperado que se continue a investir nestas infraestruturas, não só em novas como na manutenção, reabilitação e otimização das existentes com enfoque na minimização dos caudais de infiltração.

3.2 CICLO URBANO DA ÁGUA

Antes de mais será importante compreender que, paralelamente, ao ciclo natural da água, pode considerar-se a existência do chamado ciclo urbano da água do qual o sistema de drenagem de águas são parte integrante.

Este ciclo, representado na Figura 3.1 engloba todas as etapas de utilização humana da água, desde que ela é retirada da natureza, até ao momento em que é novamente devolvida passando pelo abastecimento de água e saneamento de águas residuais. O ciclo urbano da água é constituído por sete principais etapas: captação, tratamento da água, distribuição, consumo, recolha, tratamento das águas residuais e devolução



Figura 3.1 - Esquema representativo do ciclo urbano da água (Águas da Região de Aveiro, [s.d.]).

A água para consumo humano é captada superficialmente em rios, lagos ou albufeiras ou subterraneamente em furos poços ou nascentes (etapa de captação). Após esse processo é, numa estação de tratamento de águas (ETA), tratada por um processo selecionado de acordo com as características da água recolhida e dos objetivos de qualidade da água após tratamento, normalmente submetida a processos de gradagem, decantação, filtração e desinfecção (etapa de tratamento da água). Após tratamento na ETA, a água fica apta para abastecimento público, sendo armazenada em reservatórios e depois distribuída através uma rede de distribuição (etapa de distribuição). A água é depois utilizada pelo consumidor para diversos fins como a alimentação, a higiene pessoal, as atividades de limpeza e de lazer ou atividades industriais tornando-a imprópria para reutilização direta (etapa de consumo). Em virtude das alterações sofridas na etapa anterior do ciclo a água é descarregada no sistema de drenagem público, sendo conduzida pela rede de coletores para uma ETAR (etapa de recolha). Já na ETAR, esta água residual é tratada de modo a que sejam repostas as suas condições iniciais aquando da captação, sujeitando-se, normalmente, a processos de gradagem, decantação, arejamento, filtração e desinfecção (etapa de tratamento da água residual). Após tratamento esta água é devolvida ao meio hídrico recetor (etapa de devolução) estando preparada para ser de novo captada, concluindo assim o ciclo urbano da água.

As águas tratadas na ETAR devem cumprir os requisitos estabelecidos no Decreto-Lei nº 236/98 de 1 de agosto e outras portarias para que se possa proceder à sua descarga no meio ambiente (Carneiro, 2007).

3.3 SISTEMAS DE DRENAGEM

“Para a proteção da saúde pública e do Meio Ambiente, o saneamento básico e a sua disposição são essenciais” (Lopes, 2012).

Nos aglomerados urbanos, o transporte de água residual desde a origem até às estações de tratamento é feito através de sistemas de drenagem implantado sobretudo no subsolo de arruamentos, compostos por uma rede de coletores, outras tubagens e acessórios, rede esta onde são ligados os ramais domiciliários que transportam as águas residuais domésticas desde as habitações até à rede de drenagem pública.

Os sistemas de drenagem pública de águas residuais podem ser, segundo o artigo 116.º do Decreto Regulamentar 23/95 de 23 de agosto, de 4 tipos consoante o tipo de água residual transportado (Ministério das Obras Públicas Transportes e Comunicações, 1995):

- Separativos, constituídos por duas redes de coletores distintas, uma destinada às águas residuais domésticas e industriais e outra à drenagem das águas pluviais ou similares;
- Unitários, constituídos por uma única rede de coletores onde são admitidas conjuntamente as águas residuais domésticas, industriais e pluviais;
- Mistos, constituídos pela conjugação dos dois tipos anteriores, em que parte da rede de coletores funciona como sistema unitário e a restante como sistema separativo;
- Separativos parciais ou pseudo-separativos, em que se admite, em condições excecionais, a ligação de águas pluviais de pátios interiores ao coletor de águas residuais domésticas.

Em sistemas separativos as águas residuais domésticas e industriais, por vezes designadas por águas residuais domésticas ou simplesmente por águas residuais, são encaminhadas pela respetiva rede de coletores para uma estação de tratamento de águas residuais (ETAR), onde são tratadas e descarregadas de novo no meio ambiente, enquanto as águas pluviais são encaminhadas por uma outra rede de coletores diretamente para o meio recetor, muitas vezes, sem receber tratamento.

Em sistemas unitários o efluente, tratando-se de uma mistura entre águas residuais e pluviais, deve sempre ser submetido a tratamento antes de ser descarregado no meio recetor. Neste tipo de sistemas de drenagem, o caudal transportado sofre grandes variações em função da ocorrência de precipitação, o que dificulta o dimensionamento das estações de tratamento, pois em tempo seco o caudal que chega a estas para receber tratamento é diminuto passo que em tempo húmido, em caso de forte precipitação o caudal sofre um incremento assinalável sendo possível, e expectável, que a capacidade da ETAR seja ultrapassada levando a que os afluentes sejam descarregados diretamente, sem tratamento, no meio hídrico o que constitui um grave problema ambiental.

Os outros dois sistemas são sempre uma mistura entre o separativo e o unitário, sendo que o misto funciona sempre com as duas componentes, a parte do sistema que é separativa e a parte unitária enquanto no pseudo-separativo apenas tem um funcionamento semelhante ao unitário em casos excepcionais.

Como anteriormente proferido, em termos conceptuais existem, devido à contrastante ideologia por de trás de cada um, dois principais tipos de sistemas de drenagem, o separativo e o unitário.

Existem vantagens e desvantagens em cada tipo de sistema de drenagem, na Tabela 3.1 estão patentes as vantagens e desvantagens dos dois tipos principais de sistemas.

Tabela 3.1 - Vantagens e desvantagens dos sistemas de drenagem separativos e unitários (Bonito, 2014).

Tipo de sistema	Vantagens	Desvantagens
Sistemas Separativos	O facto de se transportarem efluentes de natureza distinta, por diferentes coletores, permite que sejam sujeitos a diferentes condições de tratamento e destino final.	Custos elevados de primeiro investimento, associados à necessidade de dispor de dois tipos de tubagens ou coletores. Necessidade de construção cuidadosa, em termos das ligações dos ramais prediais.
Sistemas unitários	Economia de primeiro investimento, decorrente da construção de um único tipo de coletor, que transporta a totalidade da água de meio urbano. Simplicidade de projeto, no que respeita a ligação de ramais e coletores	Descarga de excedentes poluídos em tempo de chuva, com eventuais impactos negativos no ambiente Acréscimo dos encargos de energia e de exploração em instalações elevatórias e de tratamento, devido ao excedente de contribuição pluvial em tempo de chuva.

Independentemente o tipo de sistema de drenagem, este é sempre composto por componentes variados, que se podem dividir em três grandes grupos: rede de coletores, instalações e acessórios, estando os mais relevantes presentes na Tabela 3.2

Tabela 3.2 - Principais componentes dos sistemas de drenagem urbanos (Rodrigues, 2013).

Componentes dos sistemas de drenagem
Redes interiores de edifícios
Rede geral de drenagem: coletores, câmaras de visita, sarjetas de passeio (redes unitárias) e/ou sumidouros (redes separativas de águas pluviais)
Ramais de ligação à rede geral de drenagem
Estações elevatórias e condutas de impulsão
Emissários e interceptores
Estações de tratamento
Exutores de lançamento e destino final (emissários submarinos)
Descarregadores de tempestade
Sifões invertidos
Lagoas de amortecimento e retenção

“Atualmente, os sistemas separativos são os mais recomendados para as redes de drenagem urbana.” (Rodrigues, 2013).

Em Portugal e em muitos outros países, apesar de haver uma tendência para a conceção de sistemas separativos por estes serem considerados mais modernos, melhores do ponto de vista ambiental e facilitar o dimensionamento das ETAR devido ao volume diário transportado ser homogéneo que o transportado pelo sistema unitário, estes tendem-se a comportar como separativos parciais ou pseudo-separativos devido à água pluvial que indevidamente afluí ao sistema.

A afluência indevida de água pluvial à rede de drenagem de águas residuais num sistema de drenagem separativo constitui o principal problema relacionado com a temática a que se faz face neste momento.

As estações de tratamento de águas residuais, mais conhecidas por ETAR, são o culminar de todo o processo de drenagem de águas residuais, é lá que se desenvolvem as duas últimas etapas associadas a este, o tratamento e a devolução destas ao meio ambiente. Uma vez que se trata de uma matéria deveras complexa e fora do âmbito desta dissertação, este tema não será explanado na mesma.

3.4 AFLUÊNCIAS INDEVIDAS

Por mais cuidadosa que seja a execução das juntas, na impermeabilização das câmaras de visita e rigoroso o controlo de ligações clandestinas, é inevitável que a rede sofra infiltração de base e afluência pluvial (Marques e Sousa, 2011).

3.4.1 Definição de Afluências Indevidas

Entende-se por afluência indevida toda a água limpa e/ou proveniente de ligações clandestinas que se infiltra ou aflui ao coletor de águas residuais. Simplificadamente admite-se que afluências indevidas são águas que circulam em sistemas de drenagem que não lhes são destinados.

As redes separativas de drenagem de águas residuais são frequentemente influenciadas por afluências indevidas à rede, originadas por ligações clandestinas de águas residuais ou pluviais, infiltrações subterrâneas e afluência por deficiências na rede. Estas não só interferem ao nível técnico como na gestão e sustentabilidade da rede.

As afluências indevidas afetam significativamente o desempenho dos sistemas de drenagem de águas residuais e contribuem para uma diminuição da eficiência das ETAR, trazendo consequências negativas para o meio ambiente. Assim torna-se imprescindível o estudo da sua origem e natureza na ótica da mitigação deste problema.

Aquando da elaboração de projetos existe a consciência de que durante a vida útil da rede existirão afluências indevidas ao sistema, mas, no seu cálculo, poder-se-á adotar diversos critérios que eventualmente poderão resultar em valores finais bastante diferentes, no RGSPDADAR são propostos para o cálculo das afluências indevidas, na falta estudos específicos, os seguintes critérios:

- Igual ao caudal médio anual, nas redes de pequenos aglomerados com coletores a jusante até 300 mm;
- Proporcional ao comprimento e diâmetro dos coletores, nas redes de médios e grandes aglomerados; neste último caso, quando se trate de coletores recentes ou a construir, podem estimar-se valores de caudais de infiltração da ordem de 0,5 m³/dia, por centímetro de diâmetro e por quilómetro de comprimento da rede pública, podendo atingir-se valores de 4 m³/dia, por centímetro e por quilómetro, em coletores de precária construção e conservação.
- Os valores referidos anteriormente podem ser inferiores sempre que estiver assegurada uma melhor estanquidade da rede, nomeadamente no que respeita aos coletores, juntas e câmaras de visita.

Embora algo confuso por existir vários documentos sobre o assunto, mas sem grande homogeneidade na sua classificação poder-se-á considerar dois tipos distintos de classificação das afluências indevidas, classificação quanto à origem e classificação quanto ao modo de atuação, como perçetível na Figura 3.2.

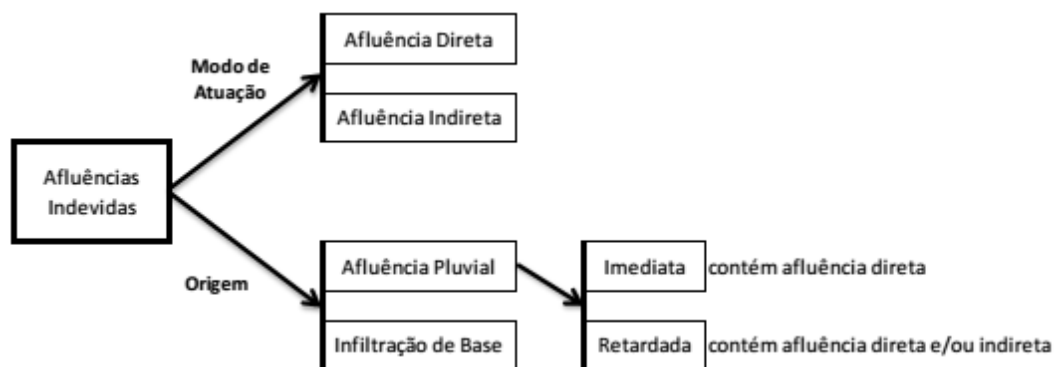


Figura 3.2 - Classificação das aflúncias segundo o modo de atuação e origem (Dias, 2015).

Infiltração, aflúncia indireta ou ainda *infiltration* no seu termo anglo-saxónico, designa o caudal que entra no sistema de drenagem de águas residuais por deficiências na infraestrutura (quebras ou fendas nas tubagens, conexões deficitárias, entre outras) proveniente dos lençóis freáticos ou devido ao aumento do nível freático.

Aflúncia direta ou *inflow* no seu termo anglo-saxonico designa o caudal originário da precipitação que aflui diretamente ao sistema de drenagem de águas residuais por tampas das câmaras de visita, ligações indevidas dos tubos de queda ao sistema de saneamento, ligações cruzadas com redes pluviais, drenagens de fundações, entre outros.

Para além desta classificação, existem ainda outras mais detalhadas como a apresentada por Metcalf & Eddy, presente na Tabela 3.3 e na Tabela 3.4, que considera cinco classificações distintas.

Na presente dissertação, como se pretende quantificar o volume de aflúncias indevidas ao sistema de Crestuma e considerando-se a sua origem mais relevante que o modo de atuação, considerar-se-á a classificação proposta por Dias (2015), apresentada na Tabela 3.3.

Tabela 3.3 - Classificação das componentes das aflúncias indevidas segundo a origem de água.

Origem da água	Classificação proposta em Tchobanoglous <i>et al</i> (2003)	Classificação proposta em Rodrigues (2013)	Classificação proposta em Dias (2015)
Subterrânea	Infiltração de percurso	Infiltração	Infiltração de base
	Infiltração de base		
Pluvial	Aflúncias pluviais diretas	Aflúncias de escoamento direto	Aflúncias pluviais
	Aflúncias pluviais totais		
	Aflúncias pluviais indiretas		

Tabela 3.4 - Tipos de afluências (Rodrigues, 2013; Tchobanoglous *et al.*, 2003).

Tipo de afluência indevida	Definição
Infiltração de percurso (ou simplesmente infiltração)	Água subterrânea que entra nas infraestruturas enterradas do sistema de drenagem através de deficiências estruturais nos coletores (em juntas, ligações) ou através das paredes das câmaras de visita.
Infiltração de base	Água subterrânea que entra deliberadamente no sistema de drenagem, proveniente de drenos, da bombagem de caves, de sistemas de arrefecimento ou de descargas de pequenos cursos de água naturais canalizados, e que é independente do estado de conservação do coletor
Afluências pluviais diretas	Água pluvial que entra indevidamente no sistema, com origem no escoamento de telhados ou em ligações indevidas de ramais pluviais de edificações e de sumidouros.
Afluências pluviais totais	Soma das afluências anteriores com outras possíveis descargas feitas a montante (por descarregadores de tempestade, por exemplo).
Afluências pluviais retardadas	Água pluvial que leva diversos dias a percorrer ou a entrar no sistema de drenagem (devido a reservas empoçamentos na bacia natural, por exemplo).

Na Tabela 3.4 é de realçar que as duas primeiras classificações têm a mesma origem, águas subterrâneas, ao passo que as três últimas são provenientes de águas pluviais.

Desta forma, como explanado no subcapítulo 3.5, considerar-se-á o caudal residual como um conjunto de três componentes, o caudal residual doméstico e duas relativas às afluências indevidas, infiltração de base e afluências pluviais.

3.4.2 Causas e Impactos das Afluências Indevidas

É de se esperar que, em condições semelhantes, as afluências indevidas (infiltração de base e afluências pluviais) sejam mais significativas nos coletores da rede em “baixa” do que nos emissários/interceptores da rede em “alta” pois, embora os caudais circulantes nestes últimos sejam superiores é na rede em “baixa” onde se encontram mais “pontos singulares” no sistema, com maior número de juntas, nós de ligação e caixas de visita, a rede em “baixa” é também mais extensa e é onde existem as ligações ilícitas.

As afluências indevidas são variáveis temporais e espaciais, estas são influenciadas pela existência de eventos de precipitação, pelo estado de conservação da rede, pela existência de ligações ilegais, e pela proximidade dos aquíferos e posição do nível freático, todos estes fatores são variáveis tanto temporal como espacialmente.

Segundo Amorim (2007), em sistemas de drenagem de águas residuais, a infiltração depende dos seguintes quatro fatores:

- Pluviosidade
- Existência de ligações ilícitas ou erróneas
- Proximidade dos aquíferos e posição relativa do nível freático
- Estado de conservação e configuração da rede

A pluviosidade influencia diretamente as aflúncias indevidas pois aquando de uma chuvada dá-se a aflúncia pluvial direta ao sistema por vários pontos de entrada no sistema (*e.g.* tampas de caixas de visita) e após término desta ainda se dá a aflúncia pluvial retardada.

No campo das ligações ilícitas/erróneas podem ser considerados vários tipos, as ligações de redes prediais de águas pluviais à rede separativa de drenagem de águas residuais pública, a mistura de águas pluviais com residuais nas redes prediais (parcial ou totalmente), as ligações ilícitas de águas residuais à rede pública e a ligação indevida entre a rede separativa de águas residuais pública e a rede separativa de águas pluviais pública ou ainda o encaminhamento de cursos de água para o sistema de saneamento. Como será de fácil entendimento, quanto maior for o número de ligações deste género maior será o volume de aflúncias indevidas ao sistema.

A proximidade a aquíferos e da posição relativa do nível freático são importantes pois em caso de proximidade a aquíferos e/ou níveis freáticos acima da cota de soleira das tubagens permite que, através de deficiências nestas ou nas suas ligações, as águas provenientes do aquífero ou nível freático se infiltre no sistema.

No estado de conservação e configuração da rede podem ser considerados aspetos muito variados que levam a um aumento de caudal indesejado na rede como, a topografia do terreno, diâmetro, comprimento e material das tubagens, número de câmaras de visita, o próprio estado de conservação da rede (particularmente dos coletores e câmaras de visita) e estado de fadiga dos materiais, qualidade e modo de execução da rede, características do solo e ainda a frequência de passagem de cargas pesadas sobre a tubagem.

Os fatores que influenciam a ocorrência de aflúncias diretas à rede são de grau de complexidade menor do que aqueles que influenciam a ocorrência de aflúncias indiretas, isto deve-se ao facto de as aflúncias diretas darem-se de forma direta e imediata, ao passo que as aflúncias indiretas apresentam uma relação indireta com os eventos de precipitação e não entram de imediato no sistema, percorrendo, por vezes, longos caminhos de percolação no terreno levando a que a sua entrada no sistema seja feita ao tempo (Mortinho, 2011)

Na Tabela 3.5 exemplifica-se as causas típicas para cada tipo de origem de afluência e componente do sistema.

Tabela 3.5 - Causa das afluências indevidas segundo a localização e origem (Águas de Portugal (AdP), 2007).

Localização	Origem	
	Afluência Pluvial	Infiltração de Base
Tubagens	- Ligação indevida de coletor pluvial ao coletor “separativo” doméstico;	- Fissura ou fenda nas tubagens;
	- Ligação de coletor unitário ou pseudoseparativo ao coletor “separativo” doméstico;	- Deformação da tubagem;
	- Ligação indevida de dispositivo de interceção de águas pluviais (sarjetas de passeio ou sumidouros) à rede de drenagem doméstica;	- Colapso ou rotura da tubagem;
	- Existência de descarregadores de “alívio” ou de “segurança”.	- Desgaste originado por ataque químico ou por ação física;
		- Deslocamento das juntas das tubagens;
		- “Intrusão” de raízes;
		- Falta de estanquidade nas juntas das tubagens.
Ramais/ Sistemas Prediais	- Ligação indevida de ramal pluvial domiciliário à rede de drenagem doméstica;	- Ligação indevida de sistemas de drenagem periféricos de água de infiltração provenientes de caves e zonas baixas;
	- Ligação indevida de ramal unitário à rede de drenagem doméstica.	- Falta de estanquidade ao longo da tubagem do ramal pluvial e/ou na Ligação ao coletor principal doméstico.
		- Falta de estanquidade nas juntas dos anéis prefabricados
	- Tampa danificada;	- Falta de estanquidade entre o cone e o corpo da câmara de visita;
Câmaras de visita	- Tampa ventilada;	- Falta de estanquidade das juntas entre blocos de alvenaria ou pedra;
		- Fissuras e fendas;
	- Tampa com encaixe defeituoso.	- Desgaste originado por ataque químico ou por ação física;
		- Falta de estanquidade na Ligação da tubagem à câmara de visita.

A entrada de águas indesejadas nos sistemas separativos de drenagem de águas residuais e, conseqüentemente, em estações de tratamento constitui um problema multidimensional que afeta não só as entidades gestoras do sistema, como o meio ambiente, o que leva a que estas infraestruturas requeiram uma cuidada análise quer na conceção, quer na construção ou na posterior fase de exploração.

Na Figura 3.3 estão representadas graficamente as várias dimensões da problemática das afluências indevidas.

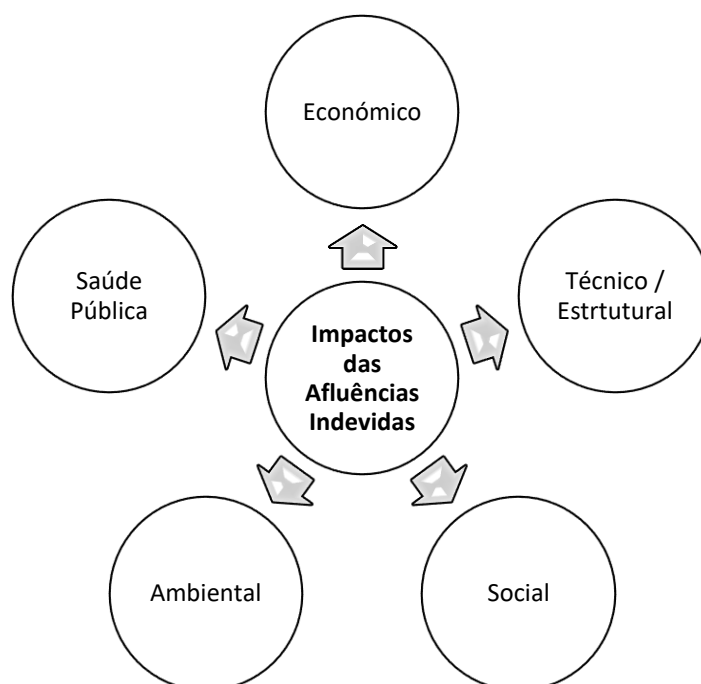


Figura 3.3 - Vertentes dos impactos das afluências indevidas ao sistema (Amorim, 2007).

Estes caudais são de difícil controlo o que torna praticamente impossível a sua eliminação na totalidade, no entanto, torna-se desejável que estes permaneçam em valores baixos. Apesar das inúmeras vertentes dos impactos, existem três principais (que englobam as 5 apresentadas na Figura 3.3):

- **Ambiental e Saúde Pública:** correspondem aos impactos que produzem conseqüências nefastas ao meio ambiente e para a salubridade população onde está inserida a rede;
- **Técnico/ Estrutural:** correspondem aos impactos ao nível da estrutura da própria rede;
- **Sócio- Económico:** correspondem aos impactos sociais e económicos no aglomerado populacional abrangido pela rede (Bonito, 2014).

3.4.2.1 Impacto Ambiental e Saúde Pública

Estes impactos põem em causa a boa imagem da entidade gestora. O acréscimo de caudal gerado pelas afluências indevidas pode levar a que o escoamento se processe sobre pressão ao invés do escoamento em superfície livre esperado. Em conseqüência pode gerar-se o fenómeno da exfiltração. A perda de água da rede para a via pública ou para o meio ambiente tem efeitos nefastos na saúde pública e para os

ecossistemas envolventes. O aparecimento de esgoto à superfície e os maus odores provocados por este são péssimos aspetos nas áreas urbanas tal como a contaminação de solos e de cursos de água nas zonas envolventes à rede originam graves problemas ecológicos. É possível ainda que algum do caudal de exfiltração se infiltre nas redes de abastecimento de água, contaminando assim essa rede (Almeida e Monteiro, 2004; Cardoso *et al.*, 2002). A experiência demonstra que os caminhos preferenciais para estes caudais de exfiltração são os cursos de água o que viabiliza o alastramento do problema para localizações vizinhas, ampliando a dimensão do problema (Coelho, 2013).

Nas estações elevatórias o aumento de caudal aumenta o número de bombagens diárias e esse aumento de bombagens obriga à descarga de águas impróprias no meio recetor, criando uma maior concentração de poluentes na zona de despejo (Almeida e Monteiro, 2004).

Com o aumento do caudal transportado pela rede as ETAR vêm a sua eficácia consideravelmente reduzida (Bénédictis, De e Bertrand-Krajewski, 2005) o que por vezes faz com que a capacidade máxima da ETAR seja ultrapassada e obriga, à semelhança do que acontece nas estações elevatórias, a que os afluentes sejam despejados diretamente no meio recetor sem que primeiro recebem qualquer tipo de tratamento.

3.4.2.2 Impacto Técnico/ Estrutural

A vida útil da rede de drenagem depende, fundamentalmente, dos cuidados tidos aquando da sua execução e da qualidade dos materiais empregues na mesma, mas também é grandemente influenciado pela sua exploração e adequada manutenção. Contrariamente ao que acontece na fase de conceção, onde através da escolha adequada dos materiais e fiscalização em obra, se procura acautelar os problemas relacionados com as afluições indevidas que poderão surgir a montante no período de vida útil da infraestrutura, durante a fase de exploração há, por vezes, algum défice na manutenção desta existindo apenas manutenção, em casos extremos de roturas ou anomalias graves no funcionamento da rede (Cardoso *et al.*, 2002). A fraca qualidade de execução ou dos materiais bem como o estado de conservação é um dos principais catalisadores das afluições indevidas ao sistema por infiltração o que conjugado com uma inadequada manutenção da rede pode levar a que o período de vida útil desta infraestrutura seja mais curto do que o esperado aquando da sua conceção.

Uma vez que as afluições indevidas provocam um aumento de caudal circulante na rede, o que leva a maiores velocidades, arrastamento de sólidos e que pode ainda conduzir a escoamentos sobre pressão submetendo a rede a pressões imprevistas levando a uma deterioração acelerada dos coletores e, como visto anteriormente, a deterioração dos coletores leva a um maior volume de afluições indevidas. Tudo isto se traduz num “ciclo vicioso” (Bonito, 2014) ilustrado na Figura 3.4.

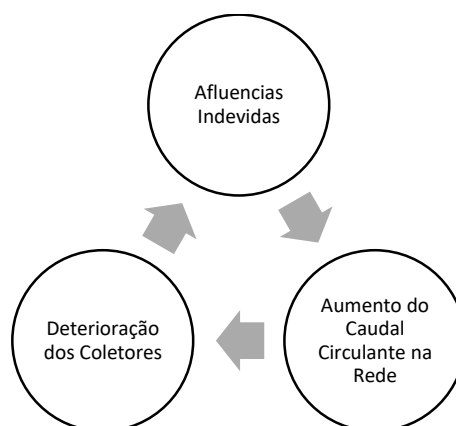


Figura 3.4 - "Ciclo vicioso" dos sistemas de drenagem de águas residuais (adaptado de Bonito, 2014).

Naturalmente, o acréscimo de caudal reduz o tempo de vida útil dos equipamentos (e.g. bombas) pois este é função do seu tempo de funcionamento (Bonito, 2014).

Infiltrações em solos envolventes, devido a exfiltração, fugas ou pluviosidade, podem aumentar a compacidade do solo, obrigando a água a procurar caminhos preferenciais, com arrastamento das partículas mais finas, potenciando o assentamento das redes de coletores chegando mesmo a provocar a sua rotura (Coelho, 2013).

O surgimento de caudais de afluições indevidas possuem também benefícios ao funcionamento do sistema, irrisórios quando comparados com os malefícios que trazem. É possível que durante o período noturnos quando os caudais atingem o mínimo diário este excesso de caudal ajude na autolimpeza do sistema reduzindo o processo de sedimentação nos coletores (Kretschmer, Ertl e Koch, 2008).

3.4.2.3 Impacto Sócio- Económico

As entidades gestoras, a quem está entregue a manutenção e exploração das redes de saneamento, desempenham um papel ativo no seu funcionamento estrutural (Cardoso *et al.*, 2002).

A iniciativa da mitigação dos caudais de infiltração é da exclusiva competência das entidades gestoras. A sua finalidade é a de alcançar um bom desempenho estrutural e financeiro. Sendo a maioria das entidades gestoras de índole pública, estatal ou municipal, quando os caudais excedentes resultam em prejuízos financeiros, estes são imputados aos contribuintes. Mesmo em concessões privadas o risco de exploração é atribuído a quem concessiona e não às concessões, daí resulta que qualquer balanço negativo neste exercício é sempre imputado aos contribuintes (Galvão, 2009).

Aquando da deteção de anomalias como fissuras ou outras é imperativa a reparação da rede de forma a prevenir danos de maior escala. No entanto, o processo de reparação da rede é lento e oneroso, assim

como perturba o trânsito local, geram ruídos e poeiras que transtornam os habitantes locais (Coelho, 2013).

De forma sumária dos custos associados às aflúncias indevidas é de destacar os seguintes:

- Custos Operacionais;
- Custos de Manutenção;
- Custos de Investimento.

3.4.2.3.1 Custos Operacionais;

Os custos operacionais de um sistema de drenagem de águas residuais expressam-se habitualmente em dois grupos de custos: custos de bombagem e custos de tratamento (Amorim, 2007). Estes custos podem sofrer um aumento significativo devido à aflúncia ao sistema de drenagem de caudais excedentários que sobrecarregam as suas instalações.

O acréscimo dos encargos financeiros relativos à bombagem pode ser avaliado através do consumo energético associado aos grupos eletrobomba presentes no sistema, considerando como acréscimo no consumo de energia a mesma percentagem de acréscimo de caudal (i.e. considerando que o volume anual de aflúncias indevidas é de 35%, poder-se-á considerar que, sensivelmente, 35% do consumo energético dos grupos eletrobomba são sobrecustos).

3.4.2.3.2 Custos de Manutenção;

Os custos de manutenção são todos os encargos financeiros relativos a reabilitação, reparação e limpeza da rede de drenagem e suas instalações.

Os sobrecustos de manutenção originados pela aflúncia de águas parasitas ao sistema são de difícil avaliação.

3.4.2.3.3 Custos de Investimento.

Os custos de investimento são os custos associados à fase de conceção e de construção da infraestruturas, estes preveem a contribuição de algumas infiltrações no sistema.

À exceção dos sobrecustos associados à assunção, em projeto, de que no sistema irão sempre existir caudais de infiltração estes custos não são mais afetados pelas aflúncias indevidas.

3.5 COMPONENTES DO CAUDAL RESIDUAL

Em todas as comunidades são produzidos resíduos, esses resíduos podem ser sólidos líquidos ou gasosos, o resíduo líquido é chamado de água residual, água residual é água que após a utilização humana vê as suas características físicas, químicas e biológicas alteradas tornando-a imprópria para reutilização direta.

A água residual pode ser classificada de acordo com a sua origem, doméstica ou industrial, a água residual doméstica provém do uso doméstico, geralmente, cozinhas, sanitários e lavagens de roupa, a água residual industrial provém da indústria.

Idealmente o caudal transportado pelos sistemas de drenagem de águas residuais (ou sistemas de saneamento) seria apenas constituído por estas, o caudal residual doméstico ou *Base Sanitary flow* (BSF) na terminologia anglo-saxónica mas uma vez que as infiltrações no sistema são inevitáveis, existe outros dois tipos de caudais a considerar, o caudal de infiltração de base e o caudal de afluência pluvial ou em termos anglo-saxónicos *Groundwater Infiltration* (GWI) e *Rainfall Derived Infiltration and Inflow* (RDII) respetivamente.

Na Figura 3.5 pode ver-se a relação dos três caudais ao longo do tempo.

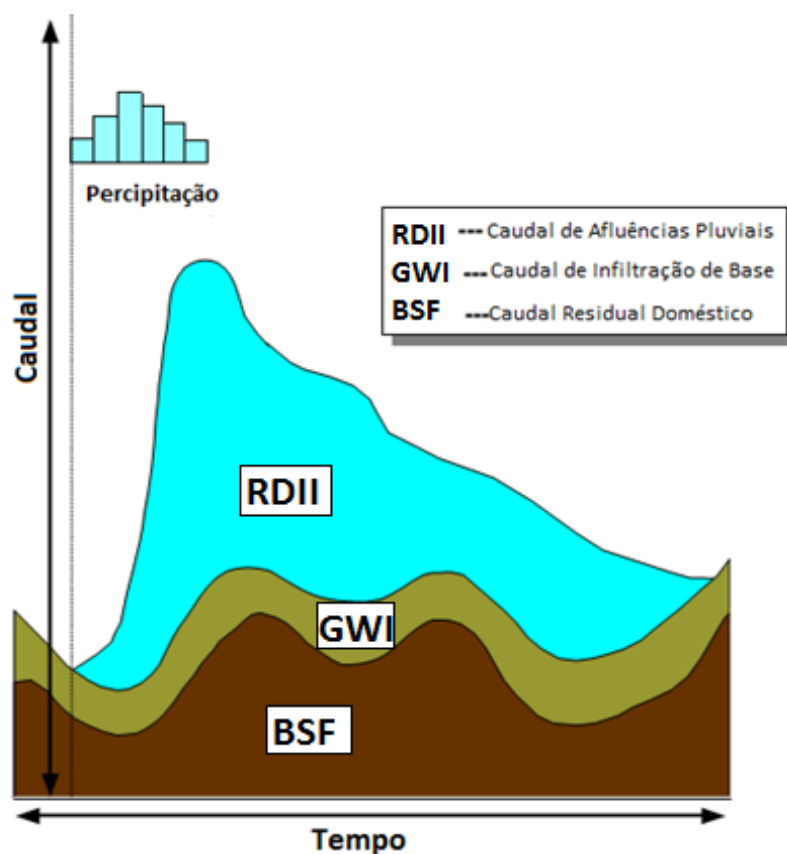


Figura 3.5 - Os três componentes do Caudal Residual (Lai *et al.*, 2007).

Pode ainda considerar-se dois tipos distintos de caudais de acordo com as condições meteorológicas, o caudal de tempo seco e o caudal de tempo húmido.

O caudal de tempo seco, ou seja, quando não existe influência direta de um evento de precipitação, designado por *Dry Weather Flow* (DWF) na terminologia anglo-saxónica é considerado a soma das componentes relativas ao BSF e ao GWI, este caudal está sempre presente nos sistemas de saneamento,

já no caudal de tempo húmido ou *Wet Weather Flow* (WWF) estão presentes as três parcelas (BSF,GWI, RDII) como se pode ver na Figura 3.6, este caudal ocorre aquando de um vento de precipitação.

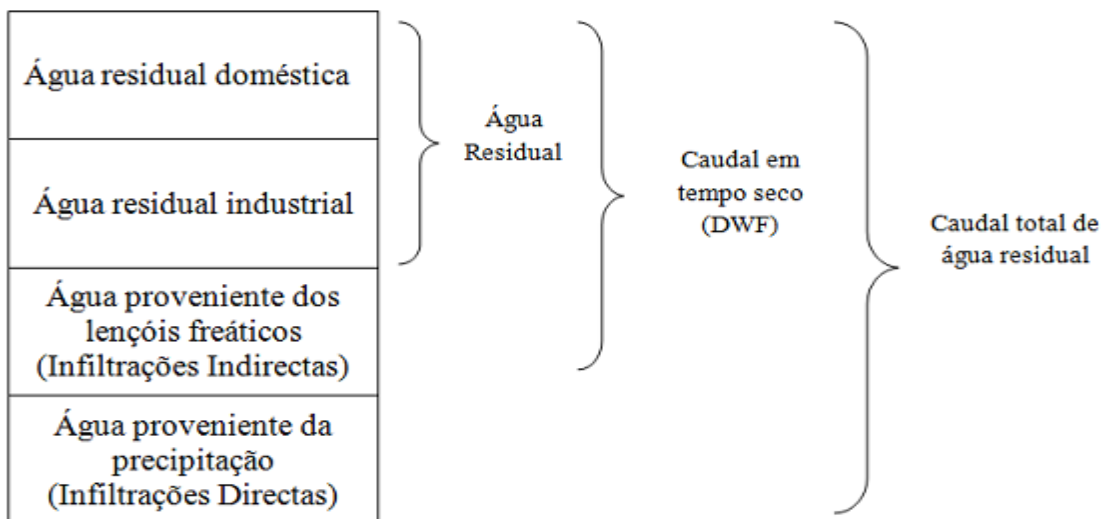


Figura 3.6 - Esquema das componentes do caudal total de água residual (Franz, 2007; Mortinho, 2011).

3.5.1 Caudal Residual Doméstico (BSF)

O caudal residual doméstico é o conjunto das águas residuais domésticas, industriais e comerciais. Este é função da população, densidade populacional, hábitos de consumo de água e ocupação e uso do solo. Consequentemente a estimativa do caudal residual doméstico assenta em estudos sobre atuais e futuros usos do solo, demográficos e consumo de água a partir dos quais é possível estimar a capitação da população. Normalmente a capitação inerente às águas residuais domésticas é uma percentagem da capitação do consumo dessa mesma população (ASCE *apud* Lai *et al.*, 2007, p. 5).

A relação entre as capitações é denominada de fator de afluência à rede (f_a) que, segundo o preconizado no artigo 123.º do RGSPDADAR, varia entre 0,7 e 0,9 (sendo 0,8 o mais aconselhado nas situações correntes), ou seja, a capitação a considerar para as redes de águas residuais é cerca de 70% a 90% da capitação considerada no abastecimento. O fator de afluência é representativo do facto de alguma da água distribuída não atingir os sistemas de drenagem por existirem utilizações que não dão origem a água residual (rega, lavagens de pavimentos, entre outras) e de na capitação estarem incluídas as perdas no sistema de distribuição.

O fator de afluência em certos casos pode tomar um valor superior a 1, isto acontece quando é drenado para a rede caudais provenientes de origens distintas do sistema de distribuição, como é o caso de populações rurais onde exista um elevado número de poços ou outras captações privadas de água.

De forma análoga à capitação, o caudal de projeto de águas residuais é também afetado proporcionalmente pelo fator de afluência, ou seja, o coeficiente entre o caudal de projeto do sistema de

águas residuais e o caudal de projeto do sistema de abastecimento de água é o fator de afluência. Essa relação é expressa através de:

$$Q_{AR} = f_a \times Q_{AA} \quad (3.1)$$

onde:

Q_{AR} – é o caudal de águas residuais domésticas;

f_a – é o fator de afluência à rede;

Q_{AA} – é o caudal de águas de abastecimento.

Para um determinado aglomerado populacional o caudal instantâneo de águas residuais, à semelhança do que acontece no abastecimento, sofre uma variação típica durante o dia, sendo os picos nas horas de maior utilização de água por parte das populações, de manhã, à hora de almoço e à hora de jantar por outro lado pode chegar a valores praticamente nulos no período noturno coincidente com o período de sono da esmagadora maioria da população (das 24:00 às 6:00). Devido ao diferente tipo de escoamento e ao facto dos sistemas de drenagem terem maior capacidade de armazenamento o fator de ponta será menor que o considerado no abastecimento e a expressão para o seu cálculo é fornecida pelo RGSPDADAR:

$$f_{ph} = 1,5 + \frac{60}{\sqrt[2]{P}} \quad (3.2)$$

onde:

f_{ph} – é o fator de ponta horário;

P – é a população a servir.

Desta expressão resultam os valores da Tabela 3.6.

Considerando o estudo de um sistema de saneamento e um período de tempo relativamente curto, a média diária do BSF pode ser considerada contante enquanto sazonalmente será variável. Se forem consideradas dois sistemas de saneamento distintos, devido às diferenças nos hábitos de consumo dos habitantes até padrões diários podem ser deveras diferentes.

Uma vez que este caudal depende diretamente do caudal de água de consumo, a sua variação estará inerentemente ligada às variações de consumo. Desta forma torna-se necessário perceber de que forma se dão essas variações de consumo.

Tabela 3.6 - Fatores de ponta horários para sistemas de drenagem (Marques e Sousa, 2011).

População (habitantes)	Fator de ponta horário
500	4,18
1 000	3,40
2 000	2,84
5 000	2,35
10 000	2,10
20 000	1,92
50 000	1,77
100 000	1,69
200 000	1,63
500 000	1,58
1 000 000	1,56

3.5.1.1 Variações de Consumo

A capitação caracteriza-se pelo volume anual referente ao consumo de uma população, dividido pelos dias do ano e pelo número de habitantes. O consumo de água não é constante, denotando variações típicas sazonalmente, dias da semana e horas do dia. Estas variações são mais notáveis em populações menos numerosas do que nas de maior dimensão, assim como em curtos períodos de tempo, em detrimento dos mais longos (Marques e Sousa, 2011).

3.5.1.1.1 Variações Diárias

Durante o período noturno os consumos de água são praticamente nulos, uma vez que este período coincide com o período de sono da maioria da população (entre as 00 e as 6 horas da manhã), apresentando dois máximos diários, um entre as 7 e as 9 horas da manhã e outro ao final da tarde, entre as 18 e as 20 horas. Deve ainda ter-se em conta as pontas horárias aquando do dimensionamento das redes de distribuição, uma vez que, nas pontas diárias, verificam-se consumos superiores à média diária (Marques e Sousa, 2011).

3.5.1.1.2 Variações Semanais

Ao longo de uma semana, as variações de consumo apresentam diferentes comportamentos, de acordo com a população em estudo e os seus hábitos. Constata-se que, em Portugal, ordinariamente, o consumo acentua-se nos últimos dias da semana, atenuando-se aos sábados e passando por um mínimo nos

domingos. Os padrões mencionados sofrem perturbações pela sucessão de alguns dias quentes ou frescos provocando, respetivamente, aumento ou diminuição dos consumos (Marques e Sousa, 2011).

3.5.1.1.3 Variações Anuais

As variações de consumo estão intimamente ligadas com as condições meteorológicas e com a temperatura. Em climas continentais, com fortes oscilações das temperaturas no verão e no inverno, as amplitudes das variações de consumo são superiores. O aumento do consumo médio diário poderá atingir os 20%, num ano temperado. Num verão excecionalmente quente e seco, o aumento poderá atingir 30% para períodos de tempo mais longos, 50% para períodos de uma ou duas semanas ou mesmo 100% em dias excecionais. Para Portugal e climas semelhantes, admite-se que o incremento máximo anual se dá nos meses mais quentes, julho e agosto, e a sua grandeza é na ordem dos 30% (Gonçalves, 2014).

Lheureux estabelece, baseado em estudos relacionados com as variações de consumo, um conjunto de valores mensais, considerando a média mensal igual à unidade, como se pode observar na Tabela 3.7 e na Figura 3.7:

Tabela 3.7 - Médias mensais das variações de consumo doméstico segundo Lheureux.

Mês	Fator de multiplicação	Mês	Fator de multiplicação	Mês	Fator de multiplicação
Janeiro	0,70	Maio	1,10	Setembro	1,25
Fevereiro	0,70	Junho	1,25	Outubro	1,15
Março	0,80	Julho	1,30	Novembro	0,85
Abril	0,90	Agosto	1,30	Dezembro	0,70

Na Figura 3.7 pode-se observar uma representação gráfica dos valores considerados por Lheureux para as variações mensais de consumo doméstico.

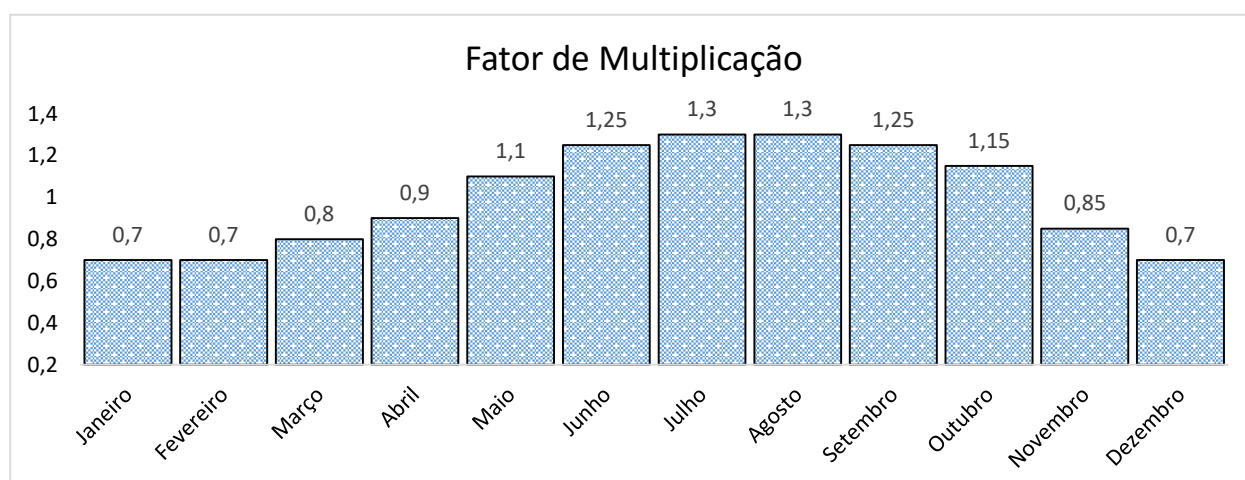


Figura 3.7 - Representação gráfica das variações de consumo doméstico segundo Lheureux.

3.5.2 Infiltração de Base (GWI)

O caudal de infiltração de base é originado pela infiltração de águas subterrâneas, devido à sua percolação, no sistema de drenagem numa zona da rede localizada abaixo do nível freático, introduzindo-se na infraestrutura através de deficiências na sua estrutura. O caudal de infiltração depende de diversos fatores como a posição do nível freático, características hidrológicas do solo, qualidade de execução, características (diâmetro e comprimento dos coletores, número de juntas, entre outros) e estado de conservação da rede.

A variação deste caudal ao longo do ano dá-se sazonalmente devido a meses de maior ou menor precipitação conducentes a níveis freáticos mais ou menos elevados respetivamente. É nos meses de maior precipitação, coincidentes com o final do inverno e início da primavera, que é atingido o pico máximo do caudal de infiltração de base, uma vez que o é nesta altura que os níveis freáticos estão mais elevados, o contrário verifica-se nos meses de menor precipitação, com níveis freáticos mais reduzidos é no final do verão e início do outono que se verifica valores mínimos deste caudal (Dias, 2015).

O envelhecimento e a deterioração das canalizações são fatores que levam a um incremento do caudal de infiltração de base, uma vez que facilitam a infiltração de água no sistema por deficiências no sistema.

Embora conceitos distintos, o escoamento subsuperficial e água subterrânea pode, em certos casos, ser impercetível a diferença entre eles, de tal forma que, pode ser classificado como RDII (na forma de afluência pluvial retardada) ou GWI (Bennett et al., 1999).

Sistemas de saneamento localizados junto às zonas costeiras podem ainda sofrer infiltrações de marés (Commonwealth of Massachusetts, 1993).

A infiltração de base é, por definição, composta apenas por infiltração indireta (Dias, 2015).

3.5.3 Afluência Pluvial (RDII)

A afluência pluvial é o acréscimo ao caudal de tempo seco nos sistemas de saneamento que ocorre durante e após um evento de precipitação, segundo (US Environmental Protection Agency (EPA), 2016) esta é a principal causa de problemas operacionais nas redes de saneamento que leva ao transbordamento.

O caudal de afluência pluvial pode advir de ligações indevidas como as apresentadas na Figura 3.8 ou ainda entrada de águas pelas tampas ou deficiências estruturais das câmaras de visita ou ainda, segundo Águas de Portugal (AdP) (apud Dias, 2015, p. 20) pode ainda ser oriundo de ribeiras em situações de cheia, através de coletores de descarga de emergência não equipados com válvulas de retenção, ou ainda devido a danos nos mesmos, obras ou inundações.



Figura 3.8 - Esquema demonstrativo de ligações indevidas (Concord Public Works *et al.*, 2007; Mortinho, 2011).

A afluência pluvial pode dividir-se em afluência pluvial imediata ou direta e afluência pluvial retardada ou indireta, sendo a delimitação entre elas pouco clara (Dias, 2015) ou *Direct Inflow Volume e Delayed Inflow Volume*, *respetivamente* nos termos anglo-saxónicos, sendo o conjunto destas designado por *Total Inflow Volume*.

3.5.3.1 Afluência pluvial imediata

A afluência pluvial imediata (*Direct Inflow Volume*) dá-se aquando de um evento de precipitação, dando-se um rápido incremento deste caudal seguido de uma abrupta redução aquando da conclusão do evento de precipitação.

Esta afluência dá-se indevidamente por ligações diretas ao sistema, como tubos de queda de águas pluviais ligados indevidamente a sistema separativo de águas residuais, mistura de águas residuais com águas pluviais em sistemas prediais, sumidouros indevidamente ligados ao sistema separativo de águas residuais, tampas de câmaras de visita danificadas, entre outras.

Estas fontes de afluência permitem a criação de um pico no hidrograma com um rápido acréscimo pouco após o início de um evento de precipitação e um decréscimo abrupto após o final deste, a área da afluência pluvial direta no hidrograma é definida entre a curva do caudal de tempo seco (DWF) e a curva do caudal de tempo húmido (WWF) começando na divergência inicial das curvas e terminando aquando do final do evento de precipitação quando a maioria da afluência esperada será indireta.

3.5.3.2 Afluência pluvial retardada

A afluência pluvial retardada (*Delayed Inflow Volume*) segundo Commonwealth of Massachusetts (1993) é definida como a porção da afluência pluvial total que é gerada a partir de ligações indiretas ao sistema de saneamento ou por ligações diretas que produzem uma afluência ao sistema com um atraso apreciável em relação ao início do evento de precipitação. As fontes de afluência pluvial indireta são: tubos de queda, drenagem de fundações ou caves, sarjetas ou sumidouros, deficiências em câmaras de visita, etc.

No hidrograma a afluência pluvial retardada é representada pelo excedente de caudal ao caudal de tempo seco que, após o término do evento de precipitação (quando termina a afluência pluvial imediata), reduz gradualmente até que seja atingido de novo o caudal de tempo seco (Commonwealth of Massachusetts, 1993).

É, ainda, expectável que a afluência pluvial retardada contenha afluência pluvial indireta, água de origem pluvial que entra no sistema de forma idêntica à infiltração de base e é por esta razão que o termo anglo-saxónico expressa essas duas componentes *infiltration* e *inflow* (*Rainfall Derived Infiltration and Inflow*) (Dias, 2015)

3.6 ASSESSING INFILTRATION AND EXFILTRATION ON THE PERFORMANCE OF URBAN SEWER SYSTEMS (APUSS)

Decorrido entre 2001 e 2004 o projeto APUSS (*Assessing Infiltration and Exfiltration on the Performance of Urban Sewer Systems*), financiado pela Comissão Europeia no âmbito do do 5º Programa Quadro de Investigação e Desenvolvimento, este projeto dedicado às questões da infiltração e exfiltração (I/E) associou Municípios, universidades e PME (Pequenas e Médias Empresas) em sete países do espaço europeu. O projeto teve foco em três áreas distintas: desenvolvimento de novos métodos de medição, modelos e ferramentas informáticas associadas e aspetos socioeconómicos relacionados com o fenómeno I/E (Bertrand-Krajewski *et al.*, 2005; Cardoso *et al.*, 2006).

Os principais objetivos do APUSS passaram por (Bertrand-Krajewski *et al.*, 2005; Cardoso *et al.*, 2006; Coelho, 2013):

- Desenvolvimento e teste de novos métodos de quantificação e controlo de infiltrações, nomeadamente o método das séries temporais poluentes e o método dos isótopos naturais;
- Desenvolvimento de métodos volumétricos para avaliar as ligações domiciliárias;
- Avaliação dos efeitos e interações do comportamento dos sedimentos nos esgotos;
- Implementação de *software* específico, que permita calibrar e verificar os métodos de análise propostos, através de registos observados em cidades modelo, facilitando assim o processo de decisão, assim como, a gestão e manutenção da rede;

- Integração de métodos económicos analíticos, que permitam diferenciar e avaliar a performance económica da rede, pela criação de indicadores de desempenho e multicritérios numa perspetiva de investimento/reabilitação da rede.

Na Tabela 3.8 estão representados os parceiros científicos e os utilizadores finais dos sete associados ao projeto APUSS.

Tabela 3.8 - Parceiros científicos e utilizadores finais associados do projeto APUSS (Cardoso *et al.*, 2006).

Parceiro Científico	Utilizador Final Associado
INSA de Lyon (França, coordenador)	Great Lyon
EAWAG (Suíça)	Município de Zurique
Dresden University of Technology (Alemanha)	Município de Dresden, Município de Berlim
Czech Technical University in Prague (República Checa)	Município de Praga
DHI Hydroinform a.s. (República Checa)	Município de Praga
Hydroprojekt a.s. (República Checa)	Município de Praga
Middlesex University (Reino Unido)	Thames Water
Laboratório Nacional de Engenharia Civil (Portugal)	
Emschergenossenschaft (Alemanha)	Município de Bottrop e Gladbeck
IRSA-CNR (Itália)	Município de Roma

Tradicionalmente, a medição de I/E nos sistemas de drenagem urbana baseia-se em métodos pouco precisos de medição de caudal, análise de variações diurnas de caudal ou de cargas e balanço dos volumes de água entrados e saídos dos sistemas. Estes métodos têm um défice de informação quanto aos locais mais críticos e o isolamento da rede é apenas viável em troços curtos por forma a não condicionar a operacionalidade do sistema (Bénédictis e Bertrand-Krajewski, 2004).

Neste sentido um dos objetivos do projeto consistiu no desenvolvimento de métodos de medição de I/E que possibilitassem a diferenciação das zonas do sistema mais críticas, tendo sempre em vista um limitado esforço analítico e um baixo risco ambiental (Bénédictis e Bertrand-Krajewski, 2005).

Foram então desenvolvidos dois métodos: **Método dos Isótopos Naturais** e o **Método das Séries Temporais Poluentes**.

No questionário enviado a todos os utilizadores finais do projeto APUSS ficou patente que é inviável a transferência de informação técnica e financeira entre diferentes cidades devido à existência de diversas

CAPÍTULO 3

abordagens e organizações. No entanto foi criada uma base para a análise do custo/benefício e performance a partir do desenvolvimento de uma nova estrutura de custos dividida em seis grupos (material, salários, diversos custos operacionais, deposição de resíduos, depreciação e juros calculados) (Bertrand-Krajewski *et al.*, 2005).

4 BASES DE TRABALHO

4.1 INDICADORES DE DESEMPENHO

Após obtido o caudal de aflúncias indevidas ao sistema de drenagem de águas residuais é possível, estabelecendo-se indicadores de desempenho (ID), relaciona-lo com a rede afeta.

Os ID podem, na ótica das entidades gestoras, ser importantes em fase de exploração para um melhor acompanhamento do desempenho do sistema, uma manutenção e reabilitação mais seletiva e na mitigação do problema das aflúncias indevidas.

A ERSAR propõe indicadores de desempenho baseados nos preconizados pela *International Water Association (IWA)*, considerando que estes constituem uma base sólida para a escolha dos indicadores de apoio à reabilitação dos sistemas. Os indicadores a adotar devem ser selecionados pela entidade gestora para que se adequem aos objetivos da avaliação, os indicadores propostos podem ainda ser alterados ou complementados.

Os indicadores de desempenho preconizados pela IWA podem ser ainda divididos em 6 tipos distintos:

- Indicadores ambientais (wEn);
- Indicadores de recursos humanos (wPe);
- Indicadores infraestruturais (wPh);
- Indicadores operacionais (wOp);
- Indicadores de qualidade de serviço (wQS);
- Indicadores económico-financeiros (wFi).

A lista completa dos indicadores de desempenho preconizados pela IWA pode ser consultada no documento “Guia Técnico 2: Indicadores de desempenho para serviços de águas residuais, edição IRAR e LNEC, 2004.” disponível no sítio da internet do ERSAR (Matos *et al.*, 2004).

O LNEC propôs uma série de ID no âmbito do projeto APUSS. Estes ID, que podem abranger as vertentes económico-financeiras, permitem de forma objetiva e quantitativa avaliar dos caudais de aflúncias indevidas e o seu impacto no desempenho dos sistemas de drenagem de águas residuais.

No âmbito do projeto APUSS, propostos por Cardoso, *et al.* (2002) e Cardoso *et al.* (2006), e com base no trabalho desenvolvido por Dias (2015), consideram-se os indicadores de desempenho específicos, passíveis de serem calculados presentes na Tabela 4.1 para a avaliação do desempenho do sistema relativamente às aflúncias indevidas.

Na Tabela 4.1 estão presentes os indicadores de desempenho a considerar no desenvolvimento do trabalho quando possível o seu cálculo.

Tabela 4.1 – Indicadores de Desempenho a considerar.

Designação	Indicador (unidade)	Definição
ID1	$\frac{Q_{inf}}{Q_{sc}}$ (%)	Utilização da capacidade da secção cheia (Q_{sc}) pelo caudal de infiltração (Q_{inf}).
ID2	$\frac{Q_{inf}}{Q_{md\ ts}}$ (%)	Proporção do caudal de tempo seco. Esta medida indica qual é a percentagem do caudal de infiltração relativamente ao valor do caudal médio diário de tempo seco ($Q_{md\ ts}$).
ID3	$\frac{Q_{inf}}{n.^{\circ}\ CV}$ ($m^3/(\text{dia.câmara})$)	Caudal unitário de infiltração por câmara de visita (CV).
ID4	$\frac{Q_{inf}}{L_{coletor}}$ ($m^3/(\text{dia.km})$)	Caudal unitário de infiltração por comprimento do coletor ($L_{coletor}$).
ID5	$\frac{Q_{inf}}{L_{coletor} \times P}$ ($m^3/(\text{dia.cm.km})$)	Caudal unitário de infiltração por área de parede do coletor ($L_{coletor} \times P$).
ID6	$\frac{Q_{inf}}{N.^{\circ}\ ramais\ domésticos}$ ($m^3/(\text{dia.ramal})$)	Caudal unitário de infiltração por ramal doméstico. Esta medida indica o caudal médio de infiltração por ramal doméstico.
ID7	$\frac{Q_{max\ pluv}}{Q_{sc}}$ (%)	Utilização da capacidade da secção cheia pelas aflúências pluviais.
ID8	$\frac{V_{pluv}}{V_{md\ ts}}$ (%)	Relação entre o volume de aflúências pluviais (V_{pluv}) e o volume médio em tempo seco ($V_{md\ ts}$).
ID9	$\frac{V_{pluv}}{C.P.A}$ (%)	Relação entre o volume de aflúências pluviais e o escoamento direto da bacia, em que: C é o coeficiente de escoamento do método racional (-); A é a área da bacia pluvial (m^2); e P é a precipitação acumulada do evento em estudo (m).
ID10	$\frac{V_{pluv}}{N.^{\circ}\ ramais\ domésticos}$ ($m^3/(\text{dia.ramal})$)	Volume de aflúências pluviais por ramal doméstico

Adicionalmente apresenta-se também na Tabela 4.2 limites estabelecidos pela ADP para cada um dos indicadores de desempenho (Dias, 2015).

Tabela 4.2 - Limites estabelecidos pela ADP para os indicadores de desempenho (Dias, 2015).

Indicador	Unidades	Prioridades		
		Baixa	Média	Elevada
ID1	%	0 - 25	25 - 50	> 50
ID2	%	0 - 25	26 - 50	> 50
ID3	m ³ /(dia.câmara)	0 - 2	2 - 4	> 4
ID4	m ³ /(dia.km)	0 - 40	40 - 80	> 80
ID5	m ³ /(dia.cm.km)	0 - 2	2 - 4	> 4
ID6	m ³ /(dia.ramal)	0 - 0,1	0,1 - 0,3	> 0,3
ID7	%	0 - 25	25 - 75	> 75
ID8	%	0 - 25	25 - 50	> 50
ID9	%	0 - 5	5 - 10	> 10
ID10	m ³ /(dia.ramal)	5 - 50	50 - 100	> 100

4.2 QUANTIFICAÇÃO DE AFLUÊNCIAS INDEVIDAS

A quantificação e controlo das afluições indevidas deve constar no plano de trabalhos em duas fases distintas da obra (Cardoso *et al.*, 2002):

- Fase de projeto: no cálculo dos caudais de projeto;
- Fase de exploração: na avaliação do desempenho do sistema em termos técnicos e económicos.

Em determinados casos é evidente a presença de afluições indevidas no sistema, no entanto a ocorrência destas infiltrações não é espacialmente uniforme o que leva a que seja necessário a definição de zonas críticas. A metodologia aplicada na determinação dos volumes de afluições indevidas é de extrema dificuldade e carece de exatidão, dilema para o qual muito contribuem as crescentes ligações ilegais (Cardoso *et al.*, 2002).

Na determinação do caudal de infiltração existe, em Portugal, um documento base para o efeito, o Decreto Regulamentar 23/95 de 23 de Agosto, denominado habitualmente por Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais (RGSPDADAR), onde são definidos os valores regulamentares de acordo com a extensão da rede na inexistência de dados suficientes (Coelho, 2013).

Em Portugal existe ainda uma entidade encarregue de regular os serviços de abastecimento de água, saneamento de águas residuais urbanas e gestão de resíduos sólidos, a Entidade reguladora dos Serviços de Água e Resíduos (ERSAR), que substituiu o Instituto Regulador de Águas e Resíduos (IRAR) através do Decreto-Lei n.º 151/2002, de 23 de maio, introduzindo assim um reforço na regulação do sector.

4.2.1 Decreto Regulamentar 23/95 de 23 de Agosto

Os volumes de infiltração são de difícil quantificação por sofrerem grandes oscilações devido, não só, a fatores meteorológicos, que podem causar aflúncias diretas ao sistema e saturação de solos levando ao aumento de nível freático e possível criação de caminhos preferenciais por parte dos caminhos naturais de água, como a questões inerentes à qualidade de execução e exploração da rede (Coelho, 2013).

No dimensionamento de redes das redes de drenagem de águas residuais é considerado, à partida, a existência de caudais de infiltração. A sua quantificação está preconizada no artigo 126º do RGSPDADAR, seguindo os critérios presentes no subcapítulo 3.4.1.

Na prática, são considerados pelos projetistas das entidades gestoras caudais superiores aos preconizados no regulamento principalmente quando se trata de zonas hidrológicas críticas (Cardoso et al., 2002).

A ASCE-WEF (American Society of Civil Engineers-WaterEnvironment Federation) nos Estados Unidos da América (EUA), considera que os volumes de infiltração variam de 0,05 a 1,39 m³/dia por cm de diâmetro e por km de coletor (American Society of Civil Engineers (ASCE), 2007), outros autores consideram ainda que estes valores poderão variar entre 0,094 e 9,4 m³/dia por cm de diâmetro e por km de coletor (Tchobanoglous et al., 1991).

O caudal de infiltração em sistemas de drenagem residuais separativos é considerado igual ao caudal residual doméstico pela norma alemã ATV118 que admite ainda a possibilidade de este ser calculado de acordo com a área drenada podendo assumir, assim, diferentes proporções (Cardoso et al., 2002).

4.2.2 Recomendações da Entidade Reguladora

Em 2007 foi emitido pela ERSAR, então IRAR, a recomendação IRAR n.º4/2007, designada “Faturação de Serviços em “Alta” de Saneamento de Águas Residuais Urbanas com Contribuição de Águas Pluviais” (Instituto Regulador de Águas e Resíduos, 2008).

A recomendação n.º 04/2007 sugere que as entidades gestoras do sistema em “alta” assegurem, sempre que técnica e economicamente justificável, às entidades gestoras dos sistemas em “baixa”, medições diárias dos caudais afluentes às estações de tratamento para auxílio da mitigação das aflúncias indevidas ao sistema. Desta forma torna-se possível a estimativa dos caudais descarregados bem como a parcela com origem pluvial.

Esses registos contínuos possibilitam o cálculo dos caudais de tempo seco (DWF) e caudais de tempo húmido (WWF) que viabilizam a extrapolação dos caudais de afluência após comparação direta dos dois. Os registos devem ser efetuados em pontos específicos das redes e/ou nas entradas das ETAR (pontos de recolha).

É ainda recomendado para a definição de “dias de chuva” que a entidade gestora possua, pelo menos, um udómetro selecionado na área servida pela ETAR, cujas medições sejam representativas da pluviosidade ocorrente nessa zona. “Dia de chuva” é considerado qualquer dia em que se regista pluviosidade no udómetro selecionado, pode ainda ser utilizado para a aferição de “dias de chuva” o sítio na internet do Instituto da Água (<http://snirh.pt/>).

4.3 METODOLOGIAS DE QUANTIFICAÇÃO EM FASE DE EXPLORAÇÃO

4.3.1 Método da Decomposição do Hidrograma de Águas Residuais

O método da decomposição do hidrograma baseia-se em medições de caudal, normalmente, em ETAR. A partir das medições do caudal afluente à ETAR é possível determinar o caudal médio de tempo seco, ou *Average Dry Weather flow* (ADW) no termo anglo-saxónico, e o caudal médio de tempo húmido, ou *Average Wet Weather flow* (AWW) no termo anglo-saxónico. Pela comparação direta destes dois caudais é possível determinar o caudal de afluência pluvial (RDII). Neste método é também necessário o cálculo da componente residual doméstica (BSF). Uma vez determinado o BSF, por comparação direta com o ADW é possível a determinação da componente de infiltração de base (GWI).

Determinação de caudal médio em tempo seco (ADW) é realizada a partir da análise, calculando-se a média, dos caudais afluentes à ETAR num período de uma a duas semanas (7 a 14 dias) de tempo seco em que não se tenha verificado eventos de precipitação nos 7 dias anteriores ao início deste período.

Determinação de caudal médio em tempo húmido (AWW) é realizada a partir da análise, calculando-se a média, dos caudais afluentes à ETAR num período de uma semana em que tenha existido uma considerável quantidade de precipitação.

A determinação do caudal residual doméstico (BSF) pode ser conseguida recorrendo a dois métodos distintos: através da análise dos consumos da população servida pela rede de drenagem e através da análise do registo de caudais afluentes à ETAR.

O primeiro método aplica-se quando existe o registo dos consumos da população servida pela rede de drenagem e toda a população que usufrui do sistema de drenagem possui contador de água. A melhor altura para efetuar esta análise será durante o inverno, uma vez que é nesta altura em que existe uma

menor utilização de água no exterior das habitações, o que conduz a um fator de afluência maior, ou seja, próximo de 1 (visto no subcapítulo 3.5.1).

O segundo método requer a determinação do caudal (ADW) médio em tempo seco. Segundo Dias (2015) é vantajoso que, para a determinação do ADW, se escolha um período coincidente com níveis freáticos mais elevados, final do inverno e início da primavera. Desta forma será possível a determinação adicional do caudal de ponta de infiltração de base (GWI). Neste método o caudal residual doméstico (BSF) é obtido através da subtração do GWI ao ADW.

O caudal de infiltração de base (GWI) referido anteriormente é obtido, também, a partir do registo de caudais na ETAR em tempo seco, através da média dos caudais afluentes à ETAR nas horas de sono da maioria da população (00:00 – 06:00) para a qual se pode considerar o caudal residual doméstico (BSF) quase nulo, segundo Amorim (2007) cerca de 10% do caudal afluente à ETAR. Para a sua utilização no método anterior na determinação do caudal residual doméstico esteve deve ser determinado numa altura coincidente com a considerada na determinação do BSF.

A afluência pluvial (RDII) é calculada subtraindo-se ao caudal médio de tempo húmido (AWW), o caudal médio de tempo húmido (ADW) ou subtraindo a soma dos caudais residual (BSF) e de infiltração de base (GWI).

Na Figura 4.1 apresenta-se as componentes associadas ao caudal médio de tempo húmido, caudal médio de tempo seco e ao caudal residual doméstico.



Figura 4.1 - Componentes associadas a cada caudal.

O caudal de ponta de afluência pluvial é a maior diferença entre o caudal associado a um evento de precipitação, em períodos de uma hora, e o caudal de tempo seco imediatamente antecedente ao início do evento de precipitação. O volume de afluência pluvial pode ser dividido em afluência pluvial imediata e afluência pluvial retardada (Dias, 2015).

A partir da determinação das diferentes componentes é possível o cálculo das afluências indevidas (*Inflow and Infiltration* ou I/I):

$$Q(I/I)_{m,max} = Qaf_{m,max} - BSF \quad (4.1)$$

onde:

$Q(I/I)_{m,max}$ – Caudal de I/I mensal máximo;

BSF – caudal residual doméstico;

$Qaf_{m,max}$ – caudal afluyente médio mensal máximo.

$$Q(I/I)_{a,med} = Qaf_{a,med} - BSF \quad (4.2)$$

onde:

$Q(I/I)_{a,med}$ – Caudal de I/I anual médio;

$Qaf_{m,med}$ – caudal afluyente anual médio.

$$V(I/I)_a = Q(I/I)_{a,med} \times 365 \quad (4.3)$$

onde:

$V(I/I)_a$ – Volume de I/I anual.

4.3.2 Métodos de Previsão de RDII

Segundo vários autores, os métodos de previsão de RDII (afluência pluvial) são divididos em sete categorias, sendo que a maioria pode ser implementada em programas de modelação hidráulica e/ou hidrológica. As sete categorias são (Ferreira, 2014):

- i) Método dos rácios característicos (Constant unit rate);
- ii) Método das percentagens de volume precipitado (R-value);
- iii) Método de escoamento em linhas de água (Percentage of stream flow);
- iv) Método do hidrograma unitário (Synthetic unit Hydrograph);
- v) Método probabilístico (Probabilistic method);
- vi) Método da correlação com dados de precipitação/caudal em linhas de água (Predictive equation based on synthetic rainfall/flow regression);
- vii) Método da extrapolação com base em modelos de simulação hidrológica (Predictive equation based on synthetic stream flow and basin characteristics).

Na Tabela 4.3 e Tabela 4.4 apresenta-se um resumo dos sete métodos de previsão de RDII.

Tabela 4.3 - Resumo dos métodos de estimativa de RDII (Ferreira, 2014).

Método	Descrição Resumida	Vantagens	Desvantagens
Rácios Característicos (Constant unit rate)	Rácios em função das características da zona. (por ex. m ³ por mm de precipitação, por unidade de área, m ³ por mm de precipitação, por habitante.	Fácil aplicação e pode ainda ajudar a prever o volume RDII para condições não monitorizadas.	Rácios normalmente não aplicáveis a diferentes áreas. Não permite a representação de variações temporais.
Percentagem de volume precipitado (R Value)	Calcula o volume RDII como uma percentagem fixa do volume de precipitação a montante. Relação entre o volume de RDII verificado num ponto de monitorização da rede e o volume de precipitação verificado na área de influência dessa estação de monitorização.	Fácil de calcular, desde que existam dados suficientes de monitorização e registos de precipitação para aferir a sua relação. Permite a definição de intervalos de variação de afluências para bacias de drenagem com monitorização.	Não permite a representação de variações temporais. Necessária informação de um número representativo de eventos de precipitação. Suposições simplificadas sobre os processos físicos que afetam o volume RDII que entra no sistema de drenagem.
Percentagem de escoamento em linhas de água (Percentage of stream flow)	Relação entre dados de caudais de água residual verificados na rede e dados de caudais em linhas de água ou rios existentes na área. Pressupõe a existência de uma boa correlação entre os dois tipos de dados.	Aplicável para dados de caudal disponíveis em bacias hidrográficas calibradas com características semelhantes às da bacia de drenagem	RDII condicionado por bacias de drenagem de dimensão muito inferior às bacias hidrográficas das linhas de água com dados de monitorização (fatores de escala diferentes)
Extrapolação com base em modelos de simulação hidrológica (Predictive equation based on synthetic stream flow and basin characteristics)	Utilização de regressões múltiplas para correlacionar resultados de um modelo contínuo de simulação hidrológica calibrado para a região em análise (dados diários de escoamento superficial e subsuperficial) e os diferentes componentes dos caudais de água residual (valores diários de infiltrações de base e de afluências pluviais indevidas).	Aplicação da teoria de simulação hidrológica à geração de RDII. Poderão ser obtidos bons resultados se houver uma boa calibração do modelo.	Apenas justificável se já existir um modelo desenvolvido e calibrado para a região em avaliação

Tabela 4.4 - Resumo dos métodos de estimativa de RDII (continuação) (Ferreira, 2014).

Método	Descrição Resumida	Vantagens	Desvantagens
Método probabilístico (Probabilistic method)	Toma por base a análise de frequência dos valores de ponta de caudal de águas residuais a longo prazo utilizando a teoria da probabilidade. Adequado para o estabelecimento de uma relação entre o caudal de ponta RDII e o período de retorno associado.	Boa representação da probabilidade de ocorrência de um determinado valor de pico de RDII.	Não permite a obtenção de um hidrograma para eventos de precipitação específicos. Não é possível a sua aplicação para diferentes tipos de bacias de drenagem, idades e impactos sazonais.
Correlação com dados de precipitação / caudal em linhas de água (Predictive equation based on synthetic rainfall/ flow regression)	Utilização de correlações lineares múltiplas para obtenção de uma relação entre dados horários de precipitação (ou de caudal em linhas de água) e valores de RDII.	Permite a obtenção de relações representativas para previsão do hidrograma de RDII (forma e magnitude) para determinados valores de precipitação ou de caudal em linhas de água.	Método bastante sensível à qualidade e quantidade dos dados de precipitação ou de caudal usados para a obtenção das relações. Poderão ser necessárias múltiplas relações para representação de eventos de precipitação com características distintas das anteriores.
Hidrograma unitário de aflúências pluviais indevidas (Synthetic unit hydrograph)	Pressupõe que as aflúências pluviais indevidas são influenciadas pela intensidade e duração da precipitação, de forma idêntica aos volumes de água pluvial e que a forma do hidrograma unitário correspondente é função das características da bacia de drenagem.	Com a definição do hidrograma unitário, é possível obter resultados para uma ampla gama de eventos de precipitação por proporção da precipitação e duração da mesma.	Poderão ser necessários vários hidrogramas unitários para a representação dos diferentes componentes que constituem as aflúências pluviais indevidas.

Segundo Bennet *et. al.* (1999) nenhum método de previsão de aflúência pluvial é universalmente aplicável devido às diversas características dos locais e sistemas. Consideram, ainda, que a maioria dos métodos necessita dados de precipitação e causais observados específicos em tempo seco e tempo húmido. Estes métodos obrigam a monitorizações contínuas e validação dos dados observados. A maioria dos métodos descritos podem ser implementados em *softwares* de modelação hidráulica (*e.g.* SWMM).

A escolha do método a aplicar deve ser efetuada caso a caso, procurando uma cuidadosa análise à informação existente e objetivos do estudo, sendo recomendável uma escolha baseada nos dados existentes, em vez de uma escolha focando primariamente a precisão do método (Bennett *et al.*, 1999).

4.3.3 Método do Triângulo

O método do triângulo é um método gráfico baseado em medições diárias. O caudal diário de águas residuais medido (*e.g.* Caudal afluente a uma ETAR) é ordenado por ordem crescente. Tipicamente o resultado é uma curva em “s” como se pode ver na Figura 4.2. Assume-se que os maiores caudais ocorrem durante períodos de tempo húmido. Por conseguinte o número de dias em que se observa a ocorrência de precipitação é marcado no gráfico da direita para a esquerda (Franz, 2007).

Este método, proposto por Weiß *et. al.* (2002), permite identificar e quantificar as várias componentes do caudal afluente a uma ETAR, o caudal afluente doméstico, o caudal afluente de infiltração de base e o caudal afluente pluvial. Na sua aplicação é necessário a definição do intervalo de tempo a considerar no estudo da infiltração e ter acesso a caudais diários medidos nos pontos de interesse, ao longo do período considerado (Rodrigues, 2013).

O período a considerar é normalmente de 1 ano (Bonito, 2014).

Como anteriormente proferido, este método consiste na organização, por ordem crescente, do registo dos caudais diários afluentes a uma ETAR em percentagem do valor máximo verificado no período considerado.

A componente de origem doméstica é, neste método, considerada constante ao longo do tempo e é representada pela área delimitada pela linha horizontal marcada no gráfico.

A área delimitada superiormente pela curva em “s” (curva de caudais afluentes à ETAR) e inferiormente pela curva relativa ao caudal doméstico é o volume anual excedentário afluente à ETAR.

Considerando que os dias de maior afluência à ETAR são coincidentes com os dias de chuva, estes são marcados no gráfico em percentagem, da direita para a esquerda.

Assumindo-se que a componente de afluência pluvial toma o seu máximo aquando de eventos de precipitação e que a infiltração é tanto menor quanto maior a afluência pluvial direta, toma-se como sendo a separação das componentes de infiltração de base (GWI) e de afluência pluvial (RDII) a linha representada a amarelo na Figura 4.2.

A linha de separação dos caudais excedentários é definida pelo seu ponto inicial e final, sendo o ponto inicial definido pela interceção da curva dos caudais afluentes à ETAR (linha a vermelho na Figura 4.2) com a percentagem de dias influenciados por eventos de precipitação, e sendo o seu ponto final a interceção da curva relativa ao caudal doméstico (linha verde na Figura 4.2) com a totalidade dos dias considerados no estudo (100%).

Assim, o volume total de GWI é traduzido pela área delimitada superiormente pela linha descrita anteriormente e pela curva dos caudais afluentes à ETAR e inferiormente pela linha correspondente ao

caudal doméstico, ao passo que o volume total de RDII é definido pela área confinada superiormente pela curva dos caudais afluentes à ETAR e inferiormente pela linha de separação dos caudais excedentários.

Simplificadamente, o volume de GWI é representado pela área acima da linha do caudal doméstico à esquerda da linha de separação dos caudais excedentários enquanto o volume de RDII é representado pela área acima da linha do caudal doméstico à direita da linha de separação dos caudais excedentários.

No eixo vertical do gráfico da Figura 4.2 encontra-se representado o volume diário em percentagem do valor máximo observado, e no eixo horizontal a percentagem de tempo do período considerado no estudo (Mortinho, 2011).

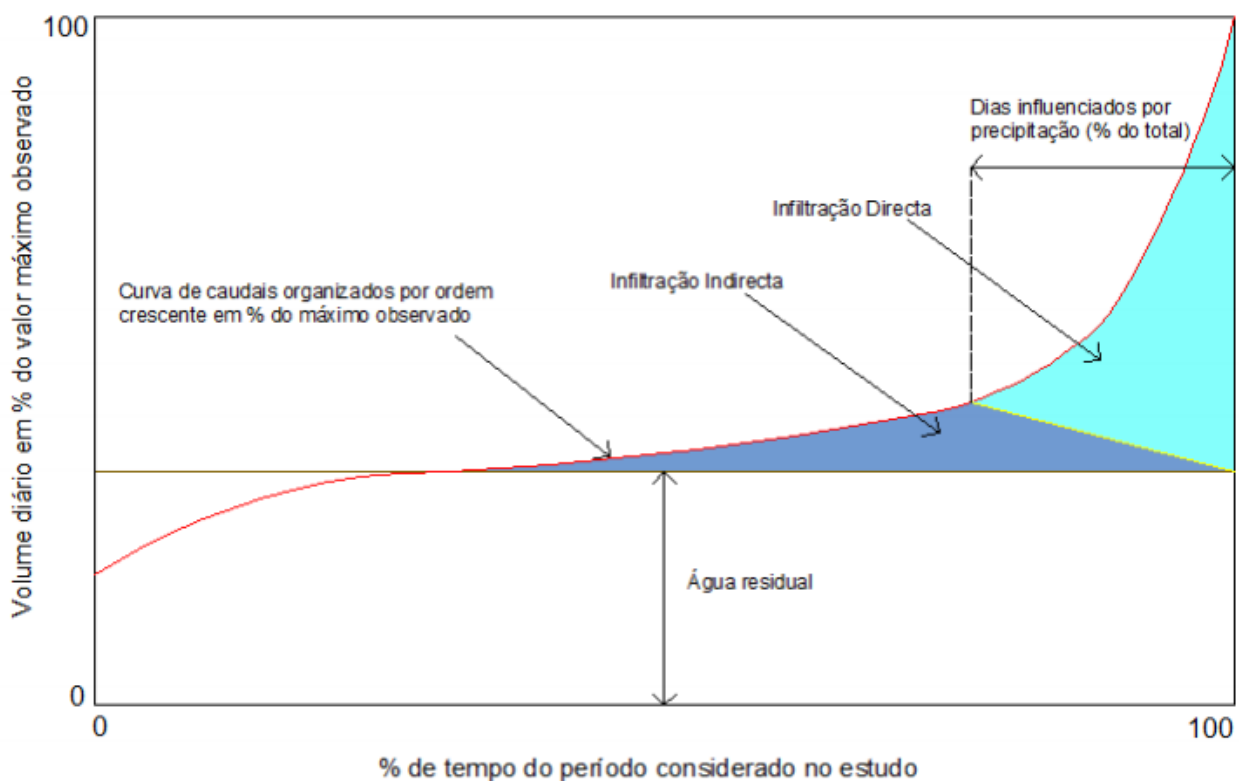


Figura 4.2 - Exemplo de representação do método do triângulo (Mortinho, 2011)

A separação das parcelas, obriga à determinação, *a priori*, do caudal de águas residuais de origem doméstica, representado pela linha horizontal no gráfico, denominado como caudal médio de origem doméstica. Também carece da determinação dos dias com registo de eventos pluviométricos (Bonito, 2014; Dias, 2015).

4.3.4 Método do Mínimo Móvel

O método do mínimo móvel (ou *moving minimum*, segundo a nomenclatura anglo-saxónica) foi, à semelhança do método do triângulo, preconizado por Weiß *et al.* (2002) e baseia-se, igualmente, em medições diárias. Este assenta no predicado de que, para um dado dia, o caudal de tempo seco é igual ao caudal mínimo total registado nos dias anteriores, Franz (2007) e Mortinho (2011) consideram que o intervalo ideal será de 21 dias (3 semanas) e que este período deverá conter pelo menos um dia de tempo seco. O resultado desta análise será um hidrograma em forma de degraus como patente na Figura 4.3.

Note-se que períodos inferiores aos 21 dias são previsivelmente poderá conduzir a uma subestimação do caudal de infiltração.

Este método requiere o registo do caudal diário afluyente nos pontos de interesse (*e.g.* ETAR) no período de um ano. É indispensável efetuar-se uma estimativa para o valor teórico para a componente de águas residuais de origem doméstica, a qual é considerada constante na aplicação do método. Subtraindo a média diária de água residual doméstica à média do mínimo móvel obtém-se uma estimativa para o volume total de infiltração de base durante o período de tempo considerado no estudo (Mortinho, 2011; Rodrigues, 2013).

O caudal médio de águas residuais de origem doméstica é estimado a partir da água faturada pelo aglomerado multiplicado por um fator de afluência à rede (explanado no subcapítulo 3.5.1) e por um fator de adesão à rede (percentagem de habitantes servidos pela rede de saneamento), ou então, à falta de dados sobre o consumo, este ser estimado por métodos expeditos com base em capitações para populações semelhantes.

O volume de água residual com infiltrações indiretas corresponde ao volume total do mínimo móvel, obtendo-se pela multiplicação da média deste pelo número total de dias considerado no estudo.

O volume total de afluências pluviais diretas pode ser obtido pela diferença entre o volume anual afluyente e o volume total de água residuais com infiltrações indiretas.

O volume total de infiltrações indiretas pode ser obtido pela diferença entre o volume total de águas residuais com infiltrações indiretas com o volume total de águas residuais de origem doméstica

Na Figura 4.3 a linha representada a azul corresponde ao volume diário afluyente à ETAR considerada, a linha roxa representa a média diária do caudal de água residual de origem doméstica, a linha vermelha corresponde ao caudal mínimo de águas residuais, o mínimo móvel e a linha verde corresponde à média do mínimo móvel.

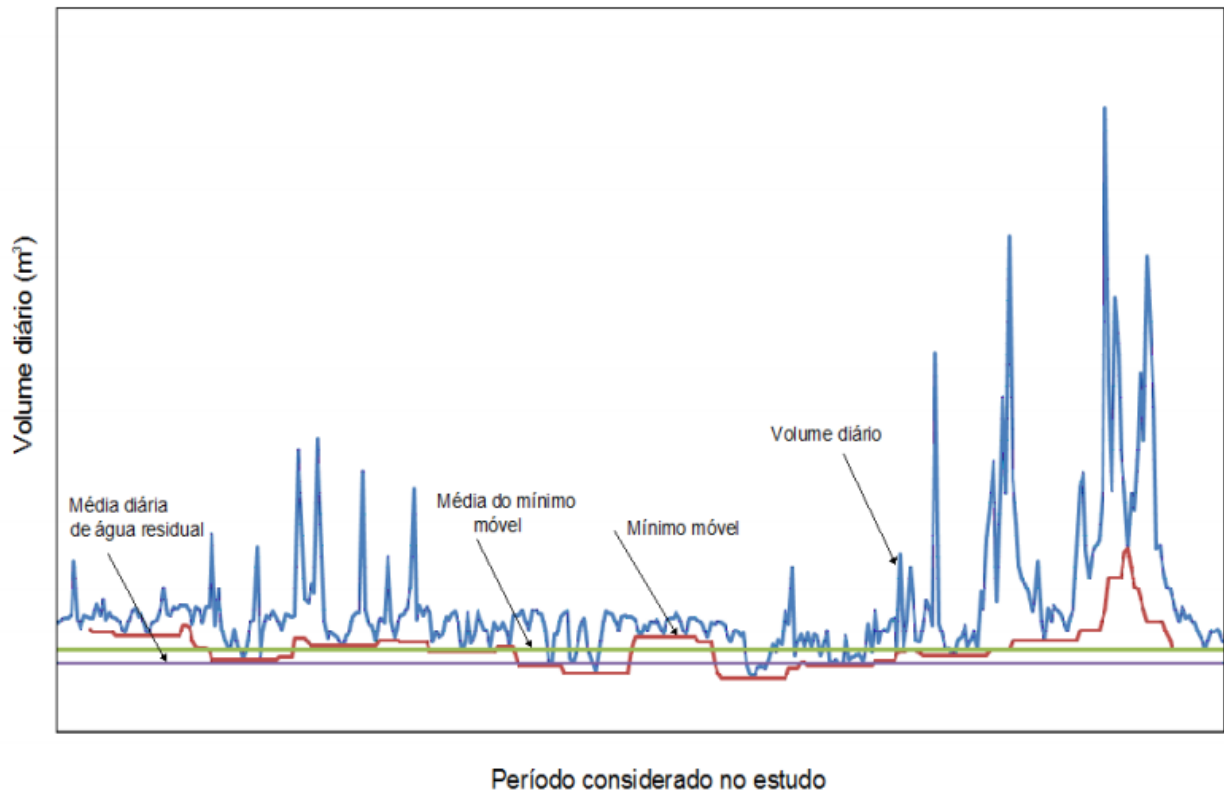


Figura 4.3 - Exemplo de gráfico típico do método do mínimo móvel (Mortinho, 2011).

4.3.5 Método das Séries Temporais de Cargas Poluentes

Kracht e Gujer (2005) introduziram o método das séries temporais de cargas poluentes que evita a assunção de que as medições são realizadas em condições constantes. Desta forma, a infiltração é determinada através de uma análise combinada de séries temporais de concentrações de carência química de oxigénio (CQO) e do caudal de água residual. A exigência básica deste método consiste numa elevada resolução temporal, por exemplo cerca de 2 minutos (Franz, 2007).

Este método parte do pressuposto que, em tempo seco, a infiltração causa a diluição da água residuais e leva a uma menor concentração dos poluentes tipicamente presente em águas residuais domésticas, ou seja, serve-se das concentrações de poluentes para aferir o volume de afluências indevidas. (Cardoso *et al.*, 2006).

Segundo Kracht e Gujer (2005) existem três etapas a completar, para a execução do método supracitado:

- i. Medição simultânea e contínua do caudal e da CQO na secção a analisar (Requer equipamento adequado e, acima de tudo, fiável).
- ii. Análise das séries temporais e concentrações obtidas (para representação gráfica).
- iii. Construção de um modelo matemático (baseado na representação gráfica), que permita descrever a CQO na secção em estudo em função do caudal medido.

Visa-se, a partir do modelo matemático construído, a possível estimação do caudal de aflúências indevidas. As aflúências indevidas poderão ser separadas de acordo com a sua origem, para esse efeito poder-se-á utilizar a expressão:

$$Q_{I/I} = Q_{GWI} - Q_{0,RDII} \times e^{-k \times (t-t_0)} \quad (4.4)$$

onde:

$Q_{I/I}$ – caudal de aflúências indevidas (GWI + RDII);

Q_{GWI} – caudal de infiltração de base (GWI);

$Q_{0,RDII}$ – caudal aflúência pluvial (RDII) no instante t_0 ;

k – constante de recessão;

t – tempo.

Durante a ocorrência de um dado evento pluviométrico a existência de infiltrações diretas é bastante significativa. Tal como visto anteriormente, após atingir o seu pico máximo a infiltração direta vai diminuindo dando origem a aflúência pluvial retardada. Assim, a função exponencial que demonstra o decréscimo da infiltração direta é a parcela seguinte da equação (4.4): $e^{-k \times (t-t_0)}$ (Dias, 2015; Franz, 2007; Mortinho, 2011).

Através da medição do caudal total de água residual em séries temporais a concentração de CQO pode ser modelada pela seguinte expressão (Kracht e Gujer, 2005):

$$C_{CQO,TOTAL,modelo} = \frac{(Q_{TOTAL} - Q_{I/I}) \times C_{CQO,BSF}}{Q_{TOTAL}} \quad (4.5)$$

onde:

$C_{CQO,TOTAL,modelo}$ – concentração modelada de CQO, referente ao caudal total de águas residuais;

Q_{TOTAL} – caudal total de águas residuais;

$C_{CQO,BSF}$ – concentração de CQO referente ao caudal residual de origem doméstica e industrial (sem o caudal de aflúências indevidas).

O parâmetro $C_{CQO,BSF}$ pode ser definido como um valor constante ou como uma função polinomial em função do caudal de água residual, podendo ainda ser definido através de uma função de frequência em função da hora do dia, de forma a incluir as variações diurnas das concentrações de água residual (Mortinho, 2011).

A escolha da CQO, como parâmetro traçador, é aconselhável, uma vez que é muito monitorizado e estudado nas águas residuais, não é sensível a fenómenos como o pH, variações de temperatura, absorção ou oxirredução (Cardoso *et al.*, 2006).

O método em causa é muito flexível e reflete o processo dinâmico da infiltração (Franz, 2007).

4.3.6 Método dos Isótopos Naturais

Este método, também introduzido por (Kracht e Gujer, 2005), consiste num estudo químico das águas residuais, a partir da comparação das águas da rede e de afluentes indevidas através de traçadores naturais (isótopos de oxigénio) torna-se possível a determinação dos rácios de afluentes indevidas.

A adição de traçadores artificiais a componentes da água residual não é possível devido a questões ambientais, legais e de boas práticas. Kracht *et. al.* (2005) demonstrou que seria possível utilizar como traçadores naturais, isótopos estáveis presentes na composição da água (Franz, 2007).

Isótopos são átomos do mesmo elemento da tabela periódica diferindo entre si, meramente, no número de neutrões presentes no núcleo. Cada um dos átomos constituintes da molécula de água (H₂O), hidrogénio (H) e oxigénio (O), têm três isótopos estáveis. No método dos isótopos naturais é utilizada a razão entre dois isótopos de oxigénio, ¹⁶O e ¹⁸O (Rodrigues, 2013). Esta razão é designada por δ¹⁸O e é descrita pela sua variação em relação ao padrão de referência para a água, SMOW (Standard Mean Oceanic Water), sendo expressa em permilagem (‰) pela seguinte expressão (Bénédictis, De e Bertrand-Krajewski, 2005):

$$(\delta^{18}O)_{amostra} = 1000 \times \frac{\left(\frac{^{18}O}{^{16}O}\right)_{amostra} - \left(\frac{^{18}O}{^{16}O}\right)_{SMOW}}{\left(\frac{^{18}O}{^{16}O}\right)_{SMOW}} \quad (4.6)$$

onde:

$(\delta^{18}O)_{amostra}$ – é a razão entre os dois isótopos de oxigénio na amostra por comparação com os valores de referência (‰);

$(^{18}O/^{16}O)_{amostra}$ – é a razão entre os dois isótopos de oxigénio na amostra, ¹⁶O e ¹⁸O;

$(^{18}O/^{16}O)_{SMOW}$ – é a razão entre os dois isótopos de oxigénio de referência, ¹⁶O e ¹⁸O.

A abundância relativa de qualquer isótopo natural na água depende de diversos fatores como a localização dos eventos de precipitação (altitude, latitude, distancia ao oceano), o ciclo de evaporação/condensação, contacto com minerais, entre outros.

O método dos isótopos naturais é análogo ao método da decomposição do hidrograma. É considerado igualmente que, em tempo seco, o caudal total de água residual (Q_T) que é a soma do caudal residual doméstico (Q_{BSF}) com o caudal de infiltração (Q_{GWI}) expresso pela seguinte equação (Bénédictis, De e Bertrand-Krajewski, 2005):

$$Q_T = Q_{BSF} + Q_{GWI} \tag{4.7}$$

onde:

Q_T – é o caudal total de água residual em tempo seco;

Q_{BSF} – é o caudal residual doméstico;

Q_{GWI} – é o caudal de infiltração de base.

A partir dessa analogia baseada na expressão anterior e em outras expressões apresentadas por Bénédictis e Bertrand-Krajewski (2005) é possível a construção de gráficos representativos da composição da água residual presente no sistema como o que se pode ver na Figura 4.4.

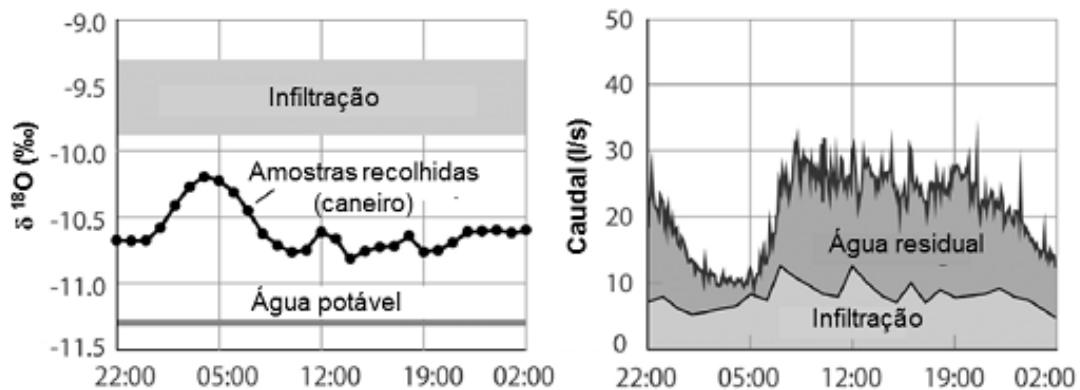


Figura 4.4 - Exemplo de aplicação do método dos isótopos naturais (adptado de Kracht e Gujer, 2006).

Apesar da sua simplicidade e baixo custo, este método é de utilização limitada, podendo apenas ser utilizada em sub-bacias onde as características isotópicas da água de abastecimento e das águas subterrâneas sejam homogêneas. Outra desvantagem é que apenas são consideradas duas origens para as afluições indevidas, a águas de abastecimento e águas subterrâneas (Rodrigues, 2013).

4.4 TÉCNICAS E ENSAIOS DE DETEÇÃO DE ANOMALIAS

4.4.1 Inspeção Visual Direta

A inspeção visual direta é a opção mais comum na identificação de deficiências na rede de drenagem. Serve primariamente para inspecionar órgãos de entrada no sistema como câmaras de visita ou inspeção

de coletores de grande diâmetro onde é possível a entrada humana, mas mesmo em coletores de diâmetro médio, com recurso a iluminação, é possível efetuar a inspeção embora limitada.

As inspeções visuais às câmaras de visita são realizadas com o intuito de confirmar o cadastro do sistema de drenagem, determinar a condição física das câmaras de visita e registar os defeitos observados, localizando as fontes de afluições indevidas. Com essa informação, torna-se possível estimar os caudais indevidos afluentes a cada câmara de visita, com os quais se pode estabelecer as necessárias medidas de manutenção e de reabilitação (AdP apud Dias, 2015, p. 36).

4.4.2 Inspeção CCTV

O recurso à inspeção CCTV (*Closed-Circuit Television*) é, atualmente, uma das melhores e mais correntes técnicas de deteção de anomalias do sistema. Trata-se um método preciso e detalhado que, habitualmente, é utilizado como complemento a outro método mais barato (*e.g.* ensaio de fumo) após a deteção de anomalias para que seja possível uma inspeção mais pormenorizada.

Esta técnica baseia-se em filmagens do interior dos coletores através de uma câmara. Existem tipos de inspeção CCTV de acordo com o tipo de câmara utilizada: inspeção CCTV estática e inspeção CCTV móvel. No primeiro a câmara encontra-se fixa na câmara de visita limitando-se a capacidade de deteção de anomalias ao alcance da câmara, enquanto no segundo esta encontra-se montada num veículo robotizado que se desloca dentro do coletor entre câmaras de visita, é necessário que o robot possua uma lanterna e é indispensável garantir-se a desobstrução do coletor e, por vezes, o desvio do caudal para que o robot possa circular nele livremente.

Na Figura 4.5 estão apresentados dois exemplos de imagens captadas por esta técnica de inspeção.

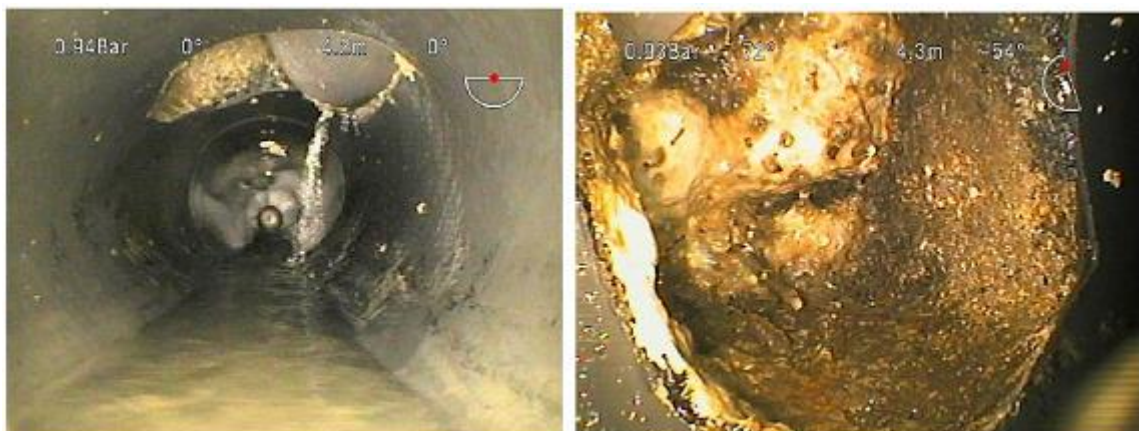


Figura 4.5 - Exemplo de imagem captada por CCTV (Marques, 2010).

Dependendo do estado de conservação da rede de esgoto é ainda viável a detecção de microfissuras ou outras fontes de infiltração não rastreáveis por outras técnicas menos precisas (Coelho, 2013; *Greater Dublin Strategic Drainage Study (GDSDS)*, 2005).

4.4.3 Ensaio de Fumo

O ensaio de fumo é uma técnica de detecção de anomalias em redes de saneamento de rápida execução (cerca de 10 a 30 minutos) e baixo custo. Possibilita a detecção de afluências indevidas ao sistema provenientes de tubos de queda de águas pluviais, drenagem de caves, jardins e fundações bem como de ligações ilegais, ligações entre coletores defeituosas, entre outras (*US Environmental Protection Agency (EPA)*, 1991).

Esta técnica consiste na injeção, sob uma ligeira pressão, de um gás visível, não tóxico e mais leve que o ar (poderá ainda ser colorido) no coletor. O injetor é colocado na câmara de visita juntamente com um ventilador que impele o gás (fumo) para o interior do coletor. Deve ser efetuado o tamponamento das secções fronteiras da zona da rede que se pretende estudar com recurso a sacos de areia (por exemplo) para garantir uma maior concentração de fumo nos coletores (Dias, 2015.).

Na Figura 4.6 está esquematizado o ensaio de fumo com a indicação algumas das anomalias detetáveis.

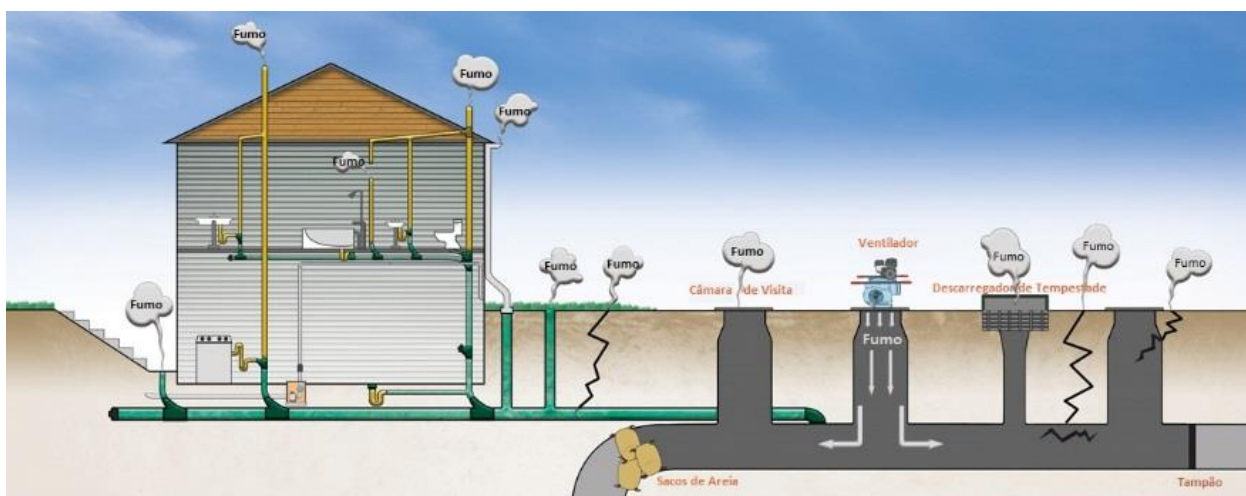


Figura 4.6 – Exemplo de Ensaio de Fumo (adaptado de Superior® Smoke, [s.d.]).

O teste de fumo não deverá ser realizado após ou durante a ocorrência de um evento de precipitação (solo saturado), ou em condições de vento forte, ou quando o sistema se encontra em carga, ou ainda quando seja expectável levada infiltração indireta, pois estes fatores condicionam a adequada detecção de anomalias com recurso a esta técnica (*Greater Dublin Strategic Drainage Study (GDSDS)*, 2005).

Muitas vezes esta técnica é precedida de inspeção CCTV ou ensaio com traçadores químicos para uma inspeção mais detalhada em zonas suspeitas.

4.4.4 Ensaio com Traçadores Químicos

O “ensaio com traçadores químicos” (Dias, 2015) ou “*dyed water testing*” (EPA, 1991) consiste na utilização de um marcador não tóxico e biodegradável que atribui uma coloração fluorescente à água quando entra em contacto com esta, o marcador é colocado em pontos da rede propícios à ocorrência de infiltrações (GDSDS, 2005).

Na Figura 4.7 observa-se água colorida pelo marcador utilizado no teste a circular no coletor.



Figura 4.7 - Coletor com água colorida pelo marcador do “*dye test*” (KOAM TV, 2013).

Esta técnica é mais cara e demorada que o ensaio de fumo e requer excessivos gastos e água. (EPA, 1991).

Este ensaio é normalmente utilizado como complemento ao ensaio de fumo, mas pode também ser complementado pela inspeção CCTV (*American Society of Civil Engineers (ASCE)* e *US Environmental Protection Agency (EPA)*, 2004).

4.4.5 Ensaio de Estanquidade

O ensaio ou teste de estanquidade consiste na colocação de um balão em ambas as extremidades do coletor, injetando-se de seguida água sob pressão no interior do coletor. É medida a pressão a que o coletor se encontra com o auxílio de um manómetro. Desta forma, se existir uma significativa diminuição da pressão a que o coletor está sujeito, verifica-se que este é não estanque, ou seja, contém anomalias (fissuras ou juntas mal executadas) através das quais poderão vir a ocorrer infiltrações (Mortinho, 2011).

Existem alguns entraves ao uso desta técnica tal como (*Greater Dublin Strategic Drainage Study (GDSDS)*, 2005):

- Necessidade de desviar os caudais da rede enquanto o teste é executado;
- Dificuldade de isolar ligações laterais;
- Efeito do nível freático aquando do teste.

4.4.6 Jetting

O *jetting* é uma técnica simples e barata, baseada na injeção de jatos de água na rede de saneamento, de forma a limpar o sistema. A sua utilização conjugada com a monitorização de redes de saneamento próximas pode auxiliar na deteção de ligações erróneas a redes de drenagem de pequeno diâmetro com um baixo caudal sanitário. As finalidades básicas desta técnica é a limpeza de escoamento de saneamento antes de qualquer outra das técnicas apresentadas e a determinação de obstáculos ao escoamento e ligações erróneas/ilegais (GDSDS, 2005).

5 CASO DE ESTUDO

5.1 CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA

A bacia de drenagem em estudo é a bacia de drenagem de Crestuma, uma das cinco bacias de drenagem do município de Vila Nova de Gaia. Encontra-se assinalada a laranja na Figura 5.1 onde se pode ainda observar as restantes bacias de drenagem do município, a rosa a bacia de drenagem de Gaia Litoral, a amarelo a bacia de drenagem do Areinho, a vermelho a bacia de drenagem de Febros e a azul a bacia de drenagem de Lever. O sistema de drenagem de Crestuma serve todo o território habitado da antiga freguesia de Crestuma e ainda alguns arruamentos situados nas antigas freguesias de Lever e Olival.

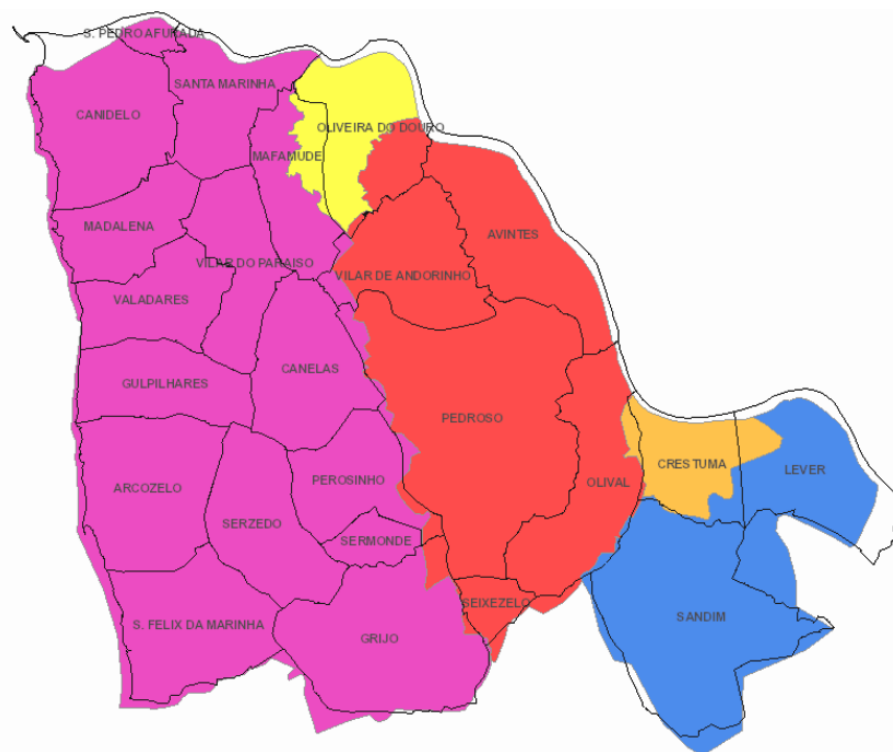


Figura 5.1 - Bacias de drenagem do Município de Vila Nova de Gaia.

O sistema de drenagem de Crestuma é constituído por 9 subsistemas, Crestuma I, Crestuma II, Direto ETAR Crestuma, Fioso, Pardieiros I, Pardieiros II, Picoto, Picoto I e Vessada. O sistema é constituído por 233 coletores, 5 condutas elevatórias e um sifão invertido pertencentes à AG e 5 condutas elevatórias e

9 emissários detidos pela SIMDOURO e 422 câmaras de visita. A rede tem uma extensão total de cerca de 29,4 km (Águas de Gaia, 2016).

Em seguida apresenta-se uma série de tabelas caracterizadoras do sistema de saneamento de Crestuma.

Tabela 5.1 - Tipos de coletores constituintes do sistema por proprietário.

Proprietário	Coletores	Condutas Elevatórias	Emissários	Sifões Invertidos	TOTAL
Águas de Gaia	233	5		1	239
SIMDOURO		5	9		14
TOTAL	233	10	9	1	253

Tabela 5.2 - Somatório dos comprimentos de cada tipo de coletor presente no sistema.

Sistema	Coletores	Condutas Elevatórias	Emissários	Sifões Invertidos	TOTAL
Crestuma	22265,6 m	3658,2 m	3294,5 m	173,0 m	29391,3 m

Tabela 5.3 - Número de coletores do sistema por tipo e material.

Material	Coletores	Condutas Elevatórias	Emissários	Sifões Invertidos	TOTAL
Aço Inox	3	-	-	-	3
PP Corrugado	39	-	-	-	39
FF	2	-	-	-	2
FFD	-	10	9	-	19
PVC	167	-	-	-	167
Ultra RIB	2	-	-	-	2
Sem descrição	20	-	-	1	21
TOTAL	233	10	9	1	253

Tabela 5.4 -Número de coletores por tipo e por diâmetro nominal.

Diâmetro Nominal (mm)	Coletores	Condutas Elevatórias	Emissários	Sifões Invertidos	TOTAL
100	2	7	-	-	9
150	-	1	-	-	1
160	5	-	-	-	5
200	181	2	6	-	189
250	22	-	3	-	25
315	3	-	-	-	3
Sem descrição	20	-	-	1	21
TOTAL	233	10	9	1	253

Tabela 5.5 - Número de coletores por tipo e subsistema.

Subsistema	Coletores	Condutas Elevatórias	Emissários	Sifões Invertidos	TOTAL
CRESTUMA I	71	-	-	-	71
CRESTUMA II	25	2	-	1	28
DIRETO ETAR CRESTUMA	69	7	7	-	83
FIOSO	27	-	2	-	29
PARDIEIROS I	9	-	-	-	9
PARDIEIROS II		1	-	-	1
PICOTO	12	-	-	-	12
PICOTO I	10	-	-	-	10
VESSADA	5	-	-	-	5
Sem descrição	5	-	-	-	5
TOTAL	233	10	9	1	253

Na Figura 5.2 pode ver-se o sistema de saneamento de Crestuma, a azul estão representados os coletores gravíticos, a vermelho os emissários/interceptores (propriedade da SIMDOURO), a laranja as condutas elevatórias, com linha a roxo sifão invertido e com pontos roxos as caixas de visita.



Figura 5.2 - Sistema de saneamento de Crestuma.

Na Figura 5.3 apresenta-se uma ampliação da zona da praia de Crestuma onde se pode observar representada com um polígono rosa a ETAR de Crestuma e com dois quadriláteros azuis duas estações elevatorias.



Figura 5.3 - Sistema de saneamento de Crestuma na zona da praia.

5.1.1 ETAR de Crestuma

Embora seja propriedade da Águas do Norte, S.A., a ETAR de Crestuma apresentada na Figura 5.4 é uma das 5 ETAR do Município de Vila Nova de Gaia (ETAR do Areinho, de Gaia Litoral do Febros, de Crestuma e de Lever) e parte integrante do Sistema de drenagem de Crestuma.



Figura 5.4 - ETAR de Crestuma (Águas de Gaia, 2016)

A ETAR localiza-se na confluência do Regato da Vessada com o rio Douro, no lugar de Areia na União de Freguesias de Sandim Olival Lever e Crestuma, Vila Nova de Gaia, foi inaugurada pelo então Presidente da Câmara Municipal de Vila Nova de Gaia, Dr. Luís Filipe Menezes a 2 de agosto de 2003, esta é responsável pelo tratamento dos efluentes de Crestuma contribuindo assim para a melhoria da qualidade de vida dos gaienses. Foi dimensionada para os parâmetros apresentados na Tabela 5.6.

Tabela 5.6 Capacidade ETAR de Crestuma (Águas de Gaia, 2016).

ETAR de Crestuma	
População	4512 habitantes.
Caudal máximo	4565 m ³ /dia
Carência Bioquímica de Oxigénio (CBO ₅)	278 kg/d
Capacidade do Tanque de Arejamento	780 m ³
Diâmetro do Decantador Secundário	15 m
Diâmetro do Espessador	3,5 m
Nº. de Centrífugas de Desidratação Mecânica de Lamas	1
Constituída por Gradagem e Desarenamento	

5.2 RECOLHA DE INFORMAÇÃO

Uma vez que no final de 2013 a ETAR de Crestuma, juntamente com as outras quatro ETAR do concelho, passou a ser gerida pela SIMDOURO, agora Águas do Norte, os dados que a Águas de Gaia possui relativos ao caudal afluente a esta é composto por volumes mensais ($\text{m}^3/\text{mês}$), daí se ter decidido recorrer aos dados respeitantes ao ano de 2013, compostos por valores de caudal diários (m^3/dia).

Inicialmente foi também tentada uma caracterização dos coletores do sistema e da sua capacidade hidráulica, porém esta revelou-se particularmente difícil devido à inexistência da informação sobre a inclinação de cada troço. Tentou-se extrair do Sistema de Informação Geográfica (SIG), do termo anglo-saxónico *Geographic Information System* (GIS) que está a ser implementado na AG mas denotou-se informações erradas quanto à inclinação dos terrenos, alheias à AG.

No que diz respeito aos dados sobre a população residente na zona da bacia de drenagem de Crestuma, estes foram consultados nos censos 2001. Os dados correspondentes às áreas de cada uma das antigas freguesias foram consultados no sítio da internet da união de freguesias à qual pertencem. A área servida pelo sistema de drenagem em cada uma das freguesias foi medida com recurso ao GIS.

Na ausência de udómetro ou de semelhante sistema de medição contínua da precipitação na área da bacia de drenagem de Crestuma, foi efetuada a consulta de dados em vários sítios da internet, nomeadamente, do Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA) no qual é possível obter valores de precipitação diários (em mm) como se pode observar na Figura 5.5 onde se apresenta o mês mais chuvoso do ano de 2013, o mês de março para a estação de Pedras Rubras. Estes dados estão compilados em gráficos mensais onde se apresentem, além dos valores diários, os valores acumulados de precipitação e precipitação normal no mês entre os anos 1971 e 2000.

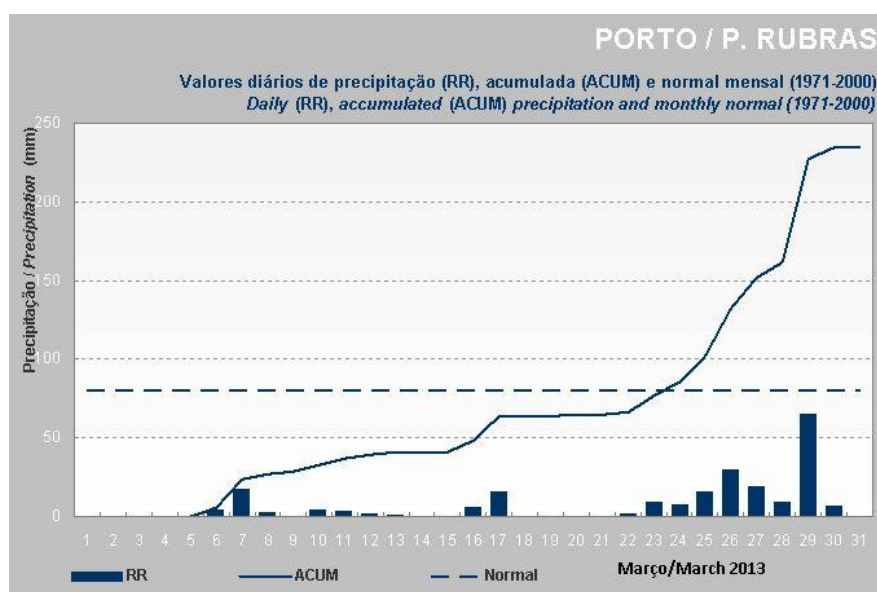


Figura 5.5 - Gráfico de precipitação diária do mês de março de 2013 do sítio da internet do IPMA.

Devido à forma e apresentação dos dados (em gráfico) estes são suscetíveis a erros de transcrição por isso optou-se por dados retirados do sítio da internet *WindGURU* que disponibiliza duas versões de acesso, "Windguru" (acesso gratuito) e "Windguru PRO" (acesso pago). As previsões pelo modelo *Weather Research and Forecasting (WRF)*, que tem uma rede de maior resolução comparativamente com o modelo *Global Forecast System (GFS)*, estão apenas disponíveis no "Windguru PRO", por isso utilizou-se as previsões baseadas no modelo GFS 27 km que são de acesso gratuito. Este modelo meteorológico disponibiliza previsões acumuladas de 3 em 3 horas.

Na Figura 5.6 apresenta-se os valores de precipitação diários do mês de março de 2013 obtidos no sítio da internet do *WindGURU*.

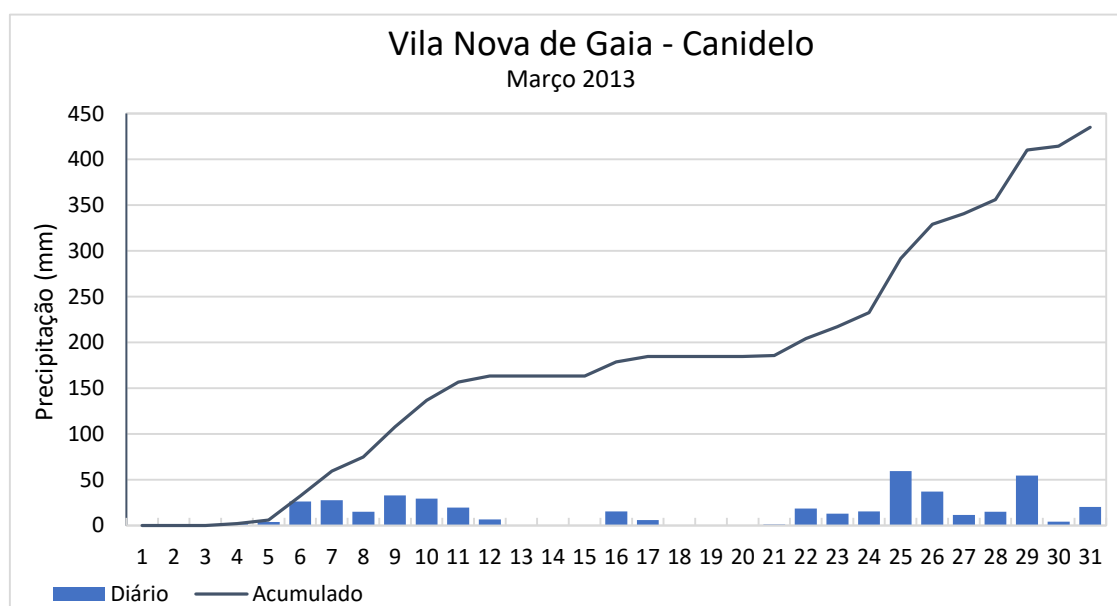


Figura 5.6 - Gráfico de precipitação diária do mês de março de 2013 do sítio da internet do *WindGURU*.

Pode observar-se que os valores são substancialmente diferentes dos obtidos no sítio do IPMA, embora sejam medidos em locais diferentes (Pedras Rubras no caso do IPMA e Canidelo no caso do *WindGURU*). Futuramente seria interessante o cruzamento dos dados de precipitação obtidos em ambas as fontes com os dados da estação meteorológica do ISEP (Instituto Superior de Engenharia do Porto), dados que se neste momento são alvo de validação no âmbito da unidade curricular de Projeto Integrado da Licenciatura em Engenharia Civil desta instituição.

Os dados relativos aos consumos foram obtidos através do registo das leituras mensais dos contadores existentes na entrada de todos os edifícios servidos pelo sistema de abastecimento da AG.

5.3 RESULTADOS

5.3.1 Considerações Iniciais

A problemática das aflúências indevidas em redes de drenagem de águas residuais põe-se desde o instante em que estas redes entram em serviço, como se pode observar na Figura 5.7 pelos dados detidos pela Águas de Gaia, mas apenas foi reconhecida após a segregação entre sistemas em “alta” e sistemas em “baixa” dado que, anteriormente, esta não criava enfado à entidade gestora, pela circunstância da gestão destas se processar internamente. Com uma consciencialização das entidades gestoras para os reais impactos da presença de caudais excedentários nos sistemas e da magnitude desta problemática nas suas diversas vertentes, especialmente nas dimensões social e económica existiu uma notória preocupação das entidades gestoras com a mitigação do problema.

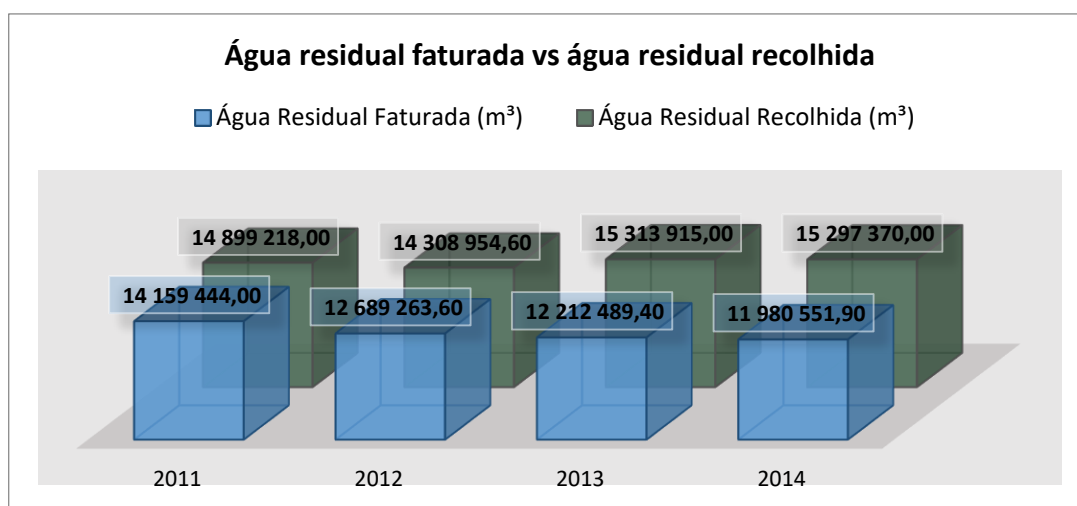


Figura 5.7 - Volumes anuais medidos nas ETAR do concelho e faturados dos contratos de abastecimento em m³ (dados da AG).

Como afirmado por vários outros autores, as aflúências indevidas constituem um problema incontornável e impossível de anular completamente, pelo que a ocorrência de infiltrações é inevitável. Tendo isso em mente é necessário o reconhecimento da dimensão do problema para, caso seja viável, se proceder aos trabalhos necessários para a mitigação deste.

Todos os dados recolhidos inicialmente carecem de validação da sua consistência a plausibilidade. Bennett *et al.* (1999) refere que o teste mais usual na verificação a plausibilidade consiste na verificação de que períodos de precipitação correspondem geralmente a períodos de maiores caudais afluentes à ETAR. Dias (2015) refere que o grau de consistência pode ser verificado com recurso a gráficos de dispersão e análises de regressão e/ou correlação, entre outras.

5.3.2 Análise dos Registos de Consumos

O volume de água medido pelos contadores domiciliários, instalados à entrada de todos os edifícios ou frações com contrato de abastecimento de água, é apenas representativo da água consumida, contudo o volume de água que realmente entra no sistema de drenagem de águas residuais é, como explanado anteriormente, apenas uma percentagem do volume medido pelos contadores. Por outro lado, a instalação de caudalímetros em ramais domiciliários não será viável devido ao elevado custo associado e à baixa fiabilidade destes quando associados a caudais diminutos. A leitura de volume de água nos contadores não se torna viável para uma análise mensal, uma vez que, em alguns meses os consumos podem ser estimados podendo, aquando de uma sobrestimação dos consumos, resultar em consumos negativos no mês seguinte.

Para o ano de 2013, a Águas de Gaia estima uma cobertura da rede de drenagem de 93% dos arruamentos existentes e uma adesão a esta na zona da bacia de drenagem de Crestuma perto de 100%.

Na estimativa da população afeta à bacia de drenagem de Crestuma recorreu-se aos censos 2011 para determinação da população de Crestuma com 2621 habitantes, de Lever com 2794 habitantes e de Olival com 5812 habitantes. Uma vez que a bacia cobre toda a zona povoada de Crestuma foi considerada a totalidade da população, em relação às outras duas antigas freguesias servidas pelo sistema foi admitido uma população tendo em conta a densidade populacional média da zona como apresentado na Tabela 5.7.

Tabela 5.7 - Estimativa de população em Olival e Lever afeta ao sistema de drenagem de Crestuma.

Freguesia	Olival	Lever
Área	7 960 000 m ²	6 880 000 m ²
Área afeta ao sistema	280 477 m ²	592 606 m ²
Percentagem da área	4%	9%
População	5812 hab	2794 hab
Densidade populacional	730,2 hab/Km ²	406,1 hab/Km ²
População afeta ao sistema	205 hab	241 hab

Assim sendo, considera-se que o sistema serve cerca de 3067 habitantes (2621 em Crestuma, 241 em Lever e 205 em Olival).

Na área afeta à bacia de drenagem existiu, durante o ano de 2013, um consumo de água de 216 010,1 m³, recorrendo ao Sistema de Informação Geográfica, cruzando com os dados dos consumos é possível verificar que quase 60% desse consumo (128 911,9 m³) não é relativo a habitações e que 44% deste é relativo ao Centro de Treinos e Formação Desportiva PortoGaia (CTFD PortoGaia) e com a própria ETAR a

ter um consumo de 33% do consumo não habitacional, na Tabela 5.8 pode observar-se o resumo destes consumos.

Tabela 5.8 - Resumo de consumo não habitacional do ano e 2013.

	Consumo não habitacional	% do consumo não habitacional	% do consumo total
CTFD PortoGaia	57 130,0 m ³	44,3%	26,4%
ETAR	42 290,0 m ³	32,8%	19,6%
Escolas	1 460,7 m ³	1,1%	0,7%
Tanques	9 728,9 m ³	7,5%	4,5%
Chafarizes	1 504,0 m ³	1,2%	0,7%
Fontanários	128,0 m ³	0,1%	0,1%
Comércio	416,0 m ³	0,3%	0,2%
Junta de Freguesia	127,0 m ³	0,1%	0,1%
Cemitério	329,0 m ³	0,3%	0,2%
Bombeiros	584,3 m ³	0,5%	0,3%
Balneários	178,0 m ³	0,1%	0,1%
Consumo Indistinto	15 036,0 m ³	11,7%	7,0%
Total	128 911,9 m³	100%	59,7%

A partir destes dados, e pela subtração do consumo não habitacional (128 911,9 m³) ao consumo total (216 010,1 m³), obtém-se um consumo habitacional de 87 098,2 m³.

Considera-se uma cobertura da rede de 93%, tanto para a rede de drenagem como para de abastecimento, o que se traduz numa redução da população servida por estes. Também foi tido em conta a percentagem de adesão à rede para os consumos não habitacionais.

O fator de afluência à rede considerado foi de 70% para consumos habitacionais, para fazer face a uma eventual menor adesão à rede do que a esperada. Para os consumos não habitacionais considerou-se um fator de afluência à rede o valor de 10%, por estes serem maioritariamente constituídos por águas destinadas a rega dos relvados do CTFD PortoGaia, consumos da própria ETAR, tanques e chafarizes e ainda um consumo indeterminado.

O volume de água residual foi determinado pela soma de duas parcelas. A primeira das quais, a multiplicação do consumo habitacional pelo seu fator de afluência e percentagem de adesão à rede (56 703,2 m³). A segunda parcela, a multiplicação dos consumos não habitacionais pelo respetivo fator de afluência e percentagem de adesão à rede (11 989,3 m³). Esta soma perfaz um total de 68692,5 m³/ano de caudal de água residual.

O Fator de afluência global é de 32%, obtido pela divisão do volume de água residual (68 9692,5 m³) pelo volume total consumido (216 010,1 m³).

Tomando-se como população servida pelo sistema 93% dos 3067 habitantes da zona da bacia, determinou-se então uma capitação doméstica de 83,7 litros por habitante por dia e de uma capitação para as águas residuais de 66 litros por habitante por dia como pode ser observado na Tabela 5.9.

Tabela 5.9 - Volumes médios de abastecimento e de água residual.

	Consumo habitacional	Consumo não habitacional	Água residual	Volume Afluyente à ETAR
Volume médio anual	87 098,2 m ³	128 911,9 m ³	68 692,5 m ³	118 446,0 m ³
Volume médio mensal	7258,2 m ³	10 742,7 m ³	5 724,4 m ³	
Volume médio diário	238,6 m ³	353,2 m ³	188,2 m ³	
Capitação	83,7 l/(hab.dia)	-	66,0 l/(hab.dia)	

No artigo 13º do RGSPDADAR estão preconizadas as capitações mínimas para sistemas de abastecimento em função da população, independentemente, do ano horizonte de projeto, apresentadas na Tabela 5.10.

Tabela 5.10 - Valores mínimos de capitação a considerar em sistemas de abastecimento.

Valores mínimos segundo o RGSPDADAR	
População (hab.)	Capitação (l/(hab.dia))
até 1.000	80
de 1.000 a 10.000	100
de 10.000 a 20.000	125
de 20.000 a 50.000	150
acima de 50.000	175

Pode concluir-se que a capitação estimada da população servida pelo sistema de saneamento de Crestuma, cerca de 84 l/(hab.dia), é mais baixo do que esperado, que para uma população entre os 1 000 e os 10 000 habitantes seria de 100 litros por habitante por dia.

Em relação ao volume afluyente à ETAR (118 446,00 m³), embora não diga apenas respeito ao caudal domiciliário, considerando um fator de afluência de 100%, obtém-se uma capitação de 114 l/(hab.dia). Este valor estaria dentro do intervalo esperado para uma população de 2853 habitantes (93% dos 3067 habitantes na zona da bacia).

Mas considerando um fator de afluência de 80% obter-se-ia uma capitação de consumo de 142 l/(hab.dia), um valor elevado. Efetuando uma consulta inversa da tabela esperar-se-ia uma população entre 10 000 e 20 000 habitantes.

Numa tentativa de atribuição de um padrão teórico à produção mensal de água residual, procuraram-se os fatores de multiplicação que melhor aproximassem os afluentes medidos na entrada da ETAR nos meses mais quentes do ano. Partindo do pressuposto que a produção de água residual é proporcional ao consumo de água. Avaliou-se alguns senários, passando pelos fatores de multiplicação teóricos propostos por Lheureux, fatores de multiplicação originários do registo de consumos e apenas dos consumos habitacionais, apresentados na Tabela 5.11.

Os fatores de multiplicação originários dos registos de consumo foram obtidos dividindo o consumo mensal pelo consumo anual total. Os fatores de multiplicação que foram determinados a partir apenas dos consumos referentes a habitações foram calculados da mesma forma com os valores dos consumos mensais e anual apenas concernente a essa parcela.

Tabela 5.11 - Fatores de multiplicação teóricos para distribuição mensal dos caudais.

Mês	Consumo (m³/mês)	Fatores de multiplicação teórico de Lheureux	Fatores de multiplicação do consumo medido	Fatores de multiplicação sem indústria	Fatores de multiplicação considerado
Janeiro	18197,1	0,70	1,01	1,09	1,10
Fevereiro	10673,2	0,70	0,59	0,72	0,70
Março	14647,9	0,80	0,81	0,99	1,00
Abril	11340,8	0,90	0,63	0,80	0,80
Maio	20555,6	1,10	1,14	0,94	0,95
Junho	21118,8	1,25	1,17	1,19	1,20
Julho	27432,8	1,30	1,52	1,14	1,15
Agosto	26447	1,30	1,47	1,12	1,10
Setembro	26830,5	1,25	1,49	1,13	1,15
Outubro	13437,7	1,15	0,75	1,06	1,05
Novembro	14571	0,85	0,81	1,00	1,00
Dezembro	10757,7	0,70	0,60	0,82	0,80

Na Tabela 5.12 pode observar-se o volume mensal de afluente medido na entrada da ETAR de Crestuma no ano de 2013. Estes valores são obtidos a partir da soma dos volumes diários correspondentes a cada mês.

Os fatores de multiplicação considerados foram os obtidos a partir do registo de consumos, retirando os consumos que não pertencem a habitações, uma vez que, como proferido anteriormente, grande parte destes são originários de rega e o fator de afluência considerado para eles é diminuto.

Tabela 5.12 - Volume de afluente mensal na ETAR de crestuma em 2013.

Mês	Caudal Afluente (m ³ /mês)	Mês	Caudal Afluente (m ³ /mês)
Janeiro	15520	Julho	5558
Fevereiro	9715	Agosto	5199
Março	17666	Setembro	7090
Abril	14205	Outubro	7742
Mai	7896	Novembro	7938
Junho	6329	Dezembro	13588

Na Figura 5.8 apresenta-se a comparação do caudal afluente mensal medido na entrada da ETAR de Crestuma, representado a cinza com o caudal de água residual estimado a partir do registo de consumos, representado a castanho.

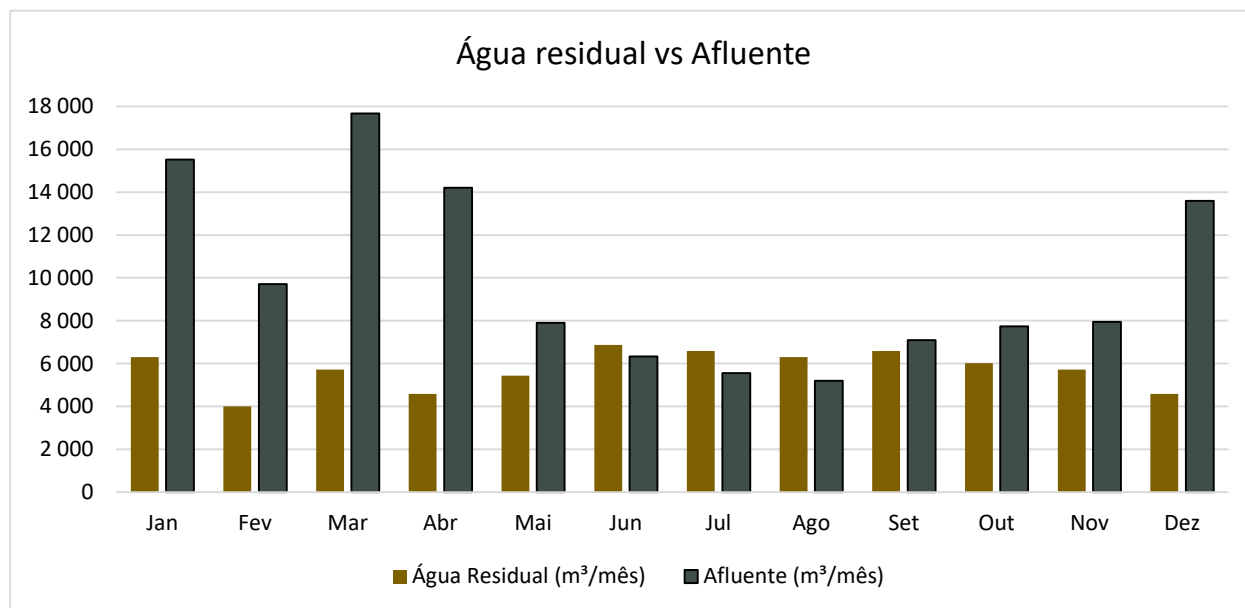


Figura 5.8 – Comparativo do afluente medido na ETAR com a estimativa de produção de água residual mensal.

Supor-se-ia que a afluência de água à ETAR se traduziria por um padrão semelhante ao presente nos consumos da população, uma vez que o sistema tem por missão conduzir as águas rejeitadas pelos habitantes da bacia após utilização destas, porém não é isso que se verifica. A sazonalidade denota-se

como um fator importante tanto no abastecimento como na drenagem de águas, sendo a sua influência bastante distinta para cada um dos sistemas.

No gráfico apresentado na Figura 5.8 pode denotar-se que para os meses mais quentes, junho, julho e agosto, o caudal mensal de água residual esperado é superior ao afluente medido em ETAR. Este facto pode estar ligado à baixa fiabilidade dos caudalímetros em escoamento em superfície livre mas esta disparidade de cerca de 1 000 m³ nos meses de julho e agosto e de cerca de 500 m³ no mês de junho, aliado ao facto deste fenómeno apenas se verificar nos meses mais quentes onde os níveis freáticos se encontram a cotas mais baixas e por isso conducentes a infiltrações menos expressivas e à menor ocorrência de precipitação, podem indicar a ocorrência de fenómenos de exfiltração que por sua vez apontam para defeitos na rede como má ligação entre coletores, fissuras, entre outras.

Nos restantes casos o volume de afluentes à ETAR é superior ao caudal residual esperado, a diferença entre estes pode ser considerada como o volume total mensal de afluentes indevidas. Em meses como o de março e abril o volume de afluentes indevidas representa cerca de 68% das afluentes à ETAR. Poder-se-ia ainda concluir que, em média, o caudal residual doméstico representa cerca de 58% do afluente à ETAR.

Verificada a presença de águas parasitas no sistema, é imperativo a determinação da sua origem e quantificação da dimensão do problema.

5.3.3 Análise do Afluente à ETAR de Crestuma

Um fator importante na determinação das fontes de proveniência dos volumes afluentes às ETAR é a carga orgânica presente neste. Carga orgânica representa a quantidade de matéria orgânica presente, por unidade de tempo, expressa a concentração de CBO₅ ou CQO, usualmente, em kg por dia, por sua vez a carga orgânica específica representa a quantidade de matéria orgânica por volume de afluente, usualmente expressa em miligramas por litro como o medido na ETAR de Crestuma.

Como referido anteriormente, este fator é considerado importante na determinação da proveniência das afluentes, uma vez que menores concentrações destes indicam água mais limpa que por sua vez indicam possibilidade de origens distintas dos consumos domésticos.

Análises do afluente e do efluente para determinação da carga orgânica (concentração de CBO₅ e CQO) foram realizadas mensalmente em dias compreendidos entre o dia 9 e 15 de cada mês, sendo que no mês de novembro foram realizadas duas análises e nenhuma no posterior mês de dezembro.

Os resultados das análises ao afluente estão patentes na Tabela 5.13.

Tabela 5.13 - Resultados de análises de concentração de CBO₅ e CQO.

Data	CBO ₅ (mg/l)	CQO (mg/l)
15-01-2013	270	620
13-02-2013	300	770
12-03-2013	410	690
09-04-2013	200	390
14-05-2013	270	420
12-06-2013	420	1100
09-07-2013	470	810
13-08-2013	550	870
10-09-2013	780	1400
15-10-2013	200	760
12-11-2013	400	1000
13-11-2013	530	940

Para melhor comparação da concentração de CBO₅ e CQO, recorreu-se à construção de um gráfico.

Na Figura 5.9 apresenta-se uma comparação do volume de afluente diário, dos dias em que foram realizadas as análises ao afluente, com a carga/concentração de CBO₅ e CQO.

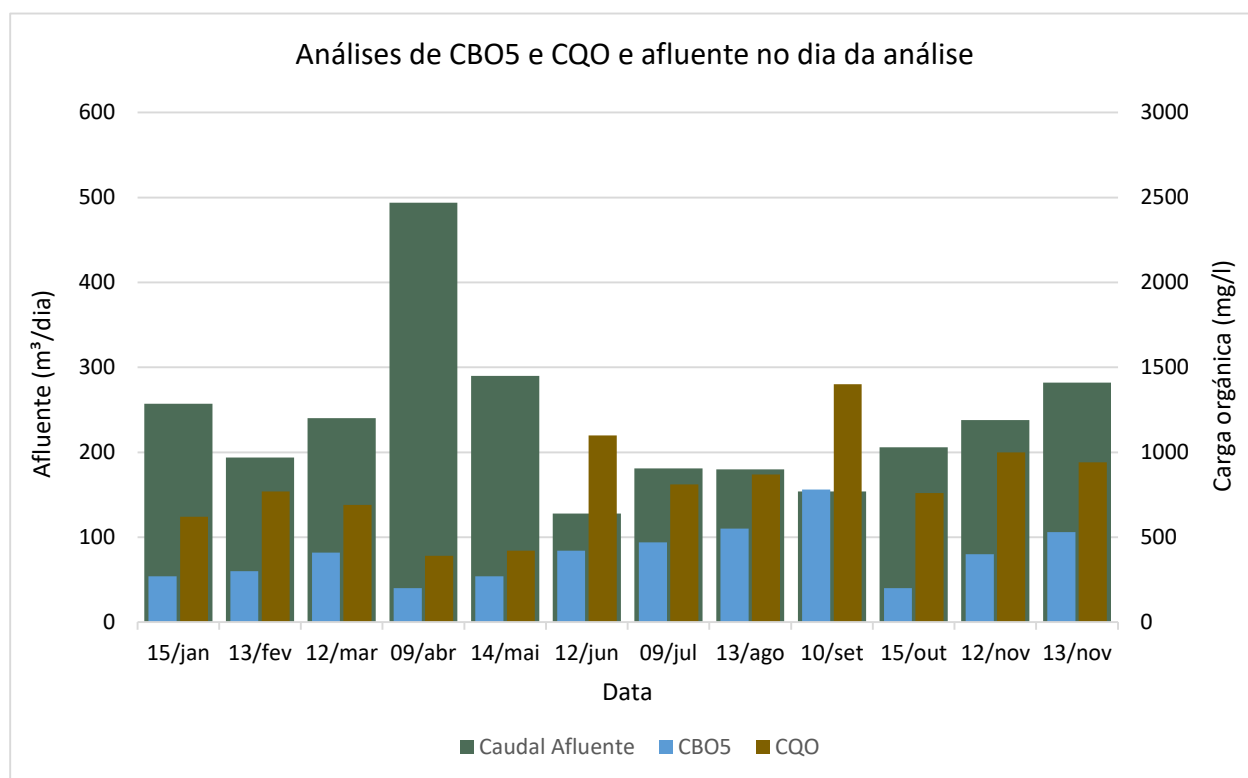


Figura 5.9 - Comparativo de concentração de CBO₅ e CQO com o caudal afluente à ETAR.

Pelo observado na Figura 5.9, parece haver uma correlação inversa entre a carga orgânica e o caudal afluyente à ETAR, o que aparentemente indica a existência de águas limpas no sistema, provenientes de uma origem distinta dos ramais do sistema de saneamento.

Uma vez que os dados relativos ao caudal afluyente à ETAR são compostos por valores diários (m^3/dia) e os dados relativos à precipitação por valores de acumulações de 3 em 3 horas ($mm/3h$), convertíveis para valores diários (mm/dia) somando-se os valores referentes a cada dia do ano, é possível a realização de uma análise conjunta destes dados por forma a obter-se uma averiguação preliminar da relação causa/efeito entre estes.

Numa análise do registo de caudais afluentes à ETAR é possível notar-se que o volume total afluyente à ETAR no ano de 2013 é de $118\,446,00\ m^3$, com uma média diária de $324,51\ m^3$, um valor máximo diário de $2\,783\ m^3$ e um valor diário mínimo de $92\ m^3$.

Quanto à precipitação, a análise do seu registo para o ano de 2013 permite observar uma precipitação anual total de $1704,7\ mm$, com uma média diária de $4,7\ mm$ e um valor diário máximo de $88,8\ mm$.

Na Figura 5.10 pode observar-se a relação entre a precipitação diária e o caudal afluyente diário através de uma análise conjunta dos dados referentes ao ano de 2013.

Sabendo-se da relevância que a pluviosidade apresenta para os fenómenos de afluências indevidas aos sistemas de drenagem de águas residuais, procura-se nesta análise retirar-se ilações sobre os sobre o seu efeito neste sistema.

A comparação direta através da sobreposição dos dados de precipitação e caudal residual afluyente à ETAR permite observar uma aparente relação direta entre os fenómenos de pluviosidade e o acréscimo de caudal afluyente verificado na ETAR, pois aos picos de caudal afluyente correspondem períodos de maior precipitação.

Diz-se “uma aparente relação” porque a circunstância de existir uma correspondência entre dados não é suficiente para se afirmar a existência de uma relação de causa/efeito entre ambos os fenómenos, porém a única causa conhecida para o aumento do caudal afluyente às ETAR conjuntamente com um decréscimo na carga orgânica do afluyente é a precipitação. Daí se conclui que os fenómenos pluviométricos são, à *priori*, a principal causa das afluências indevidas ao sistema. Além de ser originário das afluências diretas, é o parâmetro mais importante nas afluências indiretas (infiltrações) por originar a subida dos níveis freáticos, transbordamento de linhas de água, entre outros.

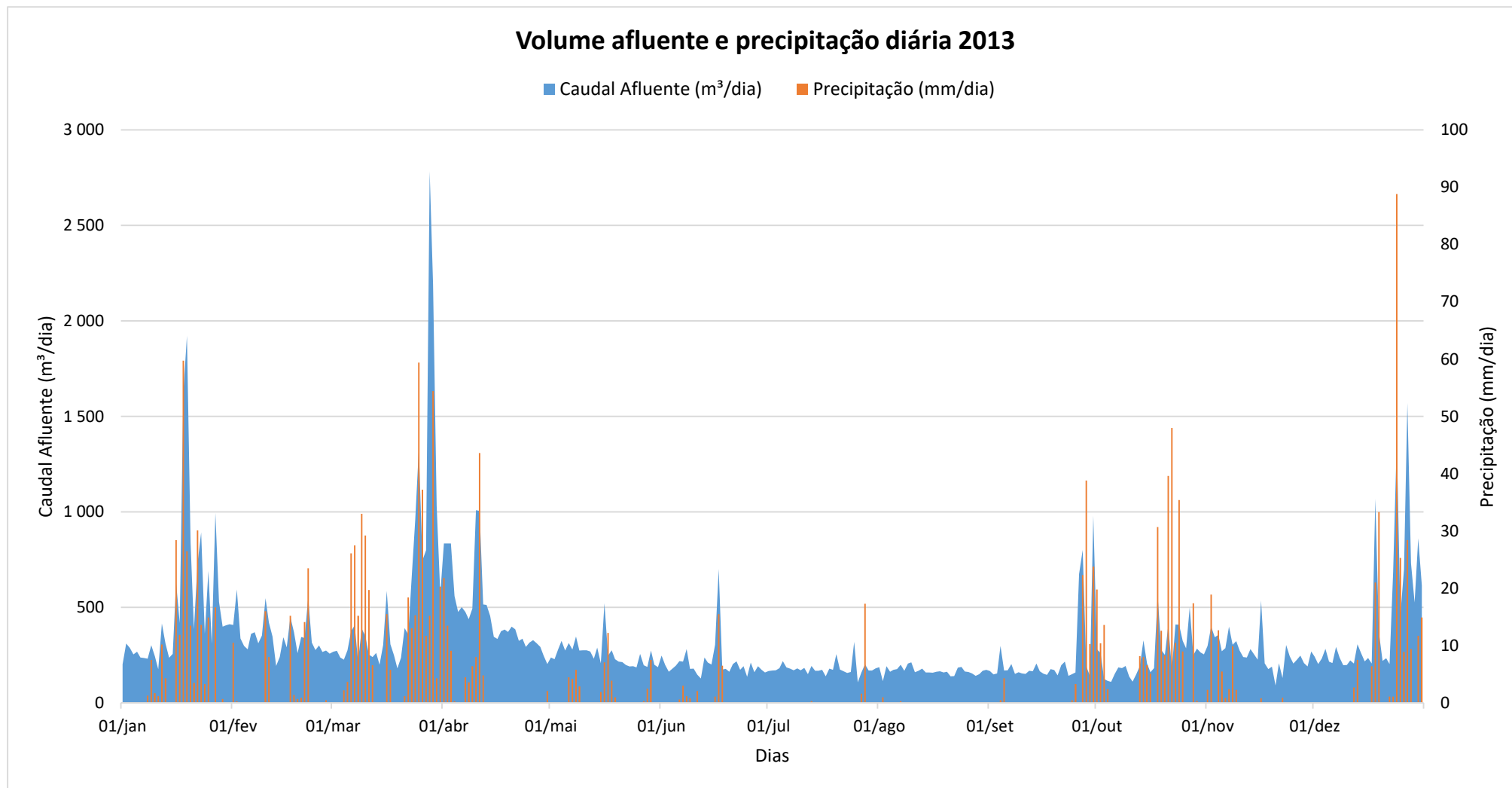


Figura 5.10 – Comparativo de caudal afluente e precipitação diários no ano de 2013.

Na Figura 5.11 apresenta-se algumas das contribuições para afluições indevidas ao sistema causadas por fenómenos de pluviosidade.

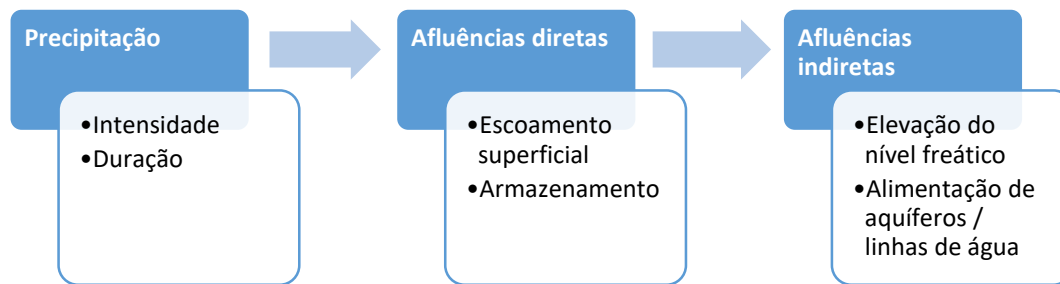


Figura 5.11 – Efeitos da precipitação nas afluições indevidas à rede de drenagem (adptado de Bonito, 2014).

Pode realizar-se também uma comparação direta dos dados de afluente à ETAR e de precipitação com periodicidade semanal ou mensal, analogamente à efetuada para valores diários para que se possam cimentar as conclusões retiradas desta comparação anterior.

Na Figura 5.12 pode observar-se a relação entre a precipitação semanal e o caudal afluente semanal através de uma análise conjunta dos dados referentes ao ano de 2013. Estes dados foram obtidos através da soma dos caudais diários correspondentes a cada semana do ano. O mesmo processo foi adotado para a precipitação sendo somados os valores de precipitação diário dos dias correspondentes a cada semana.

Na Figura 5.13 pode observar-se a relação entre a precipitação mensal e o caudal afluente mensal através de uma análise conjunta dos dados referentes ao ano de 2013. Estes dados foram obtidos através da soma dos caudais diários correspondentes a mês. O mesmo processo foi adotado para a precipitação sendo somados os valores de precipitação diário dos dias correspondentes a cada mês.

Tanto numa análise diária, como semanal ou mensal a relação direta entre a quantidade de afluente à ETAR e a quantidade de precipitação registada no mesmo periodo mantém-se.

Na Figura 5.12 verifica-se, como dito anteriormente, uma relação direta entre as duas variáveis, sendo que seria de esperar um aumento significativo de caudal afluente à ETAR da semana nº. 39 para a semana nº. 40, no entanto verificou-se uma anormal redução do caudal, tal como se esperaria um maior pico de caudal na semana nº. 43 devido à elevada precipitação registada nessa semana.

Na Figura 5.13, como esperado também se verifica uma relação direta entre estes dois eventos, aliás não seria de esperar o contrário após o mesmo ter ocorrido em ambas as análises, diária e semanal, apenas seria expectável que o caudal registado no mês de outubro fosse superior ao registado em novembro. Como explicação desta incoerência pode ser tido o facto de a maioria da precipitação ocorrida no mês de outubro tenha acontecido na parte final do mesmo levando com que as afluições retardadas tenham surtido efeito no mês seguinte.

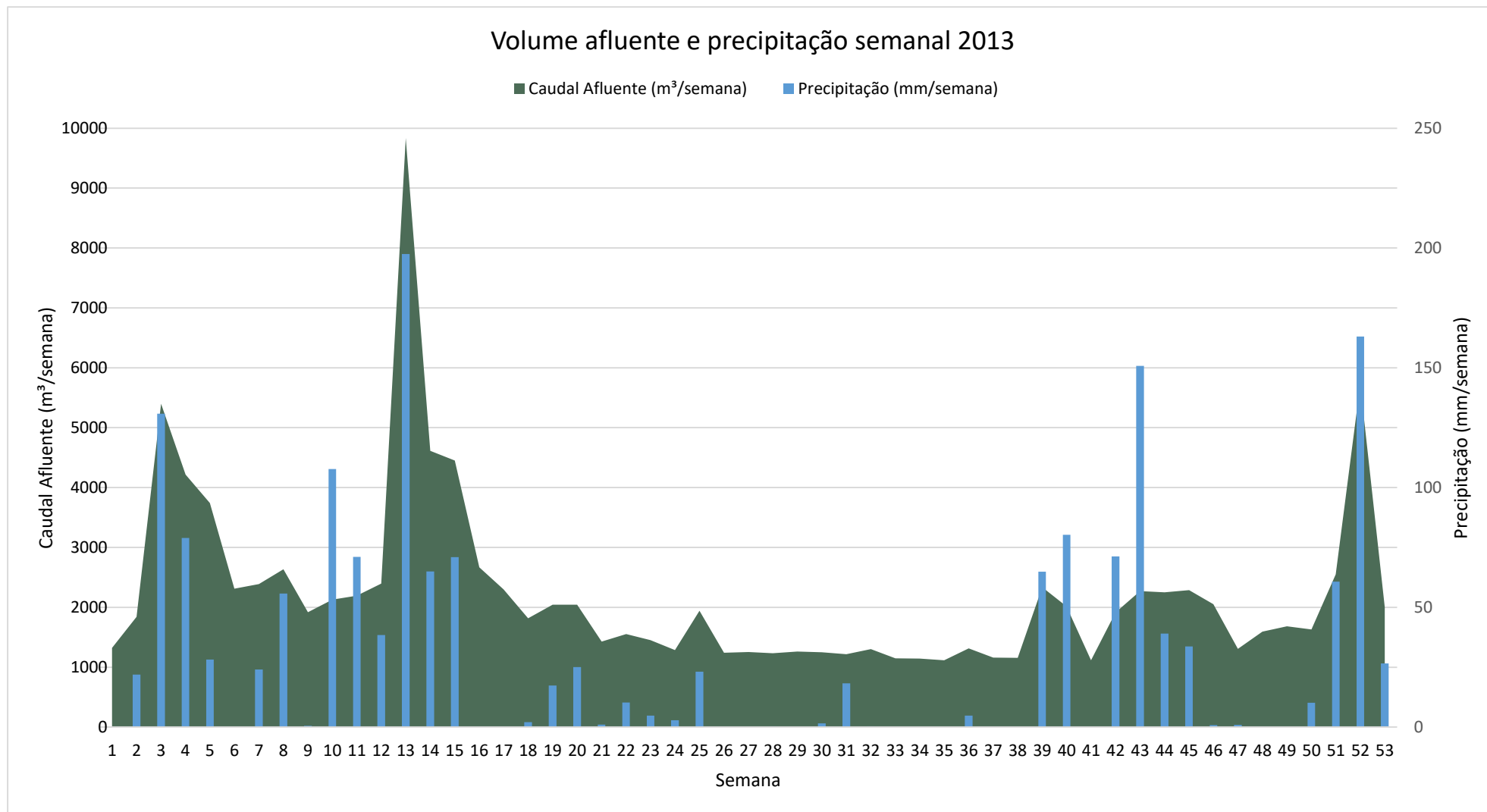


Figura 5.12 - Comparativo de caudal afluente e precipitação semanais no ano de 2013.

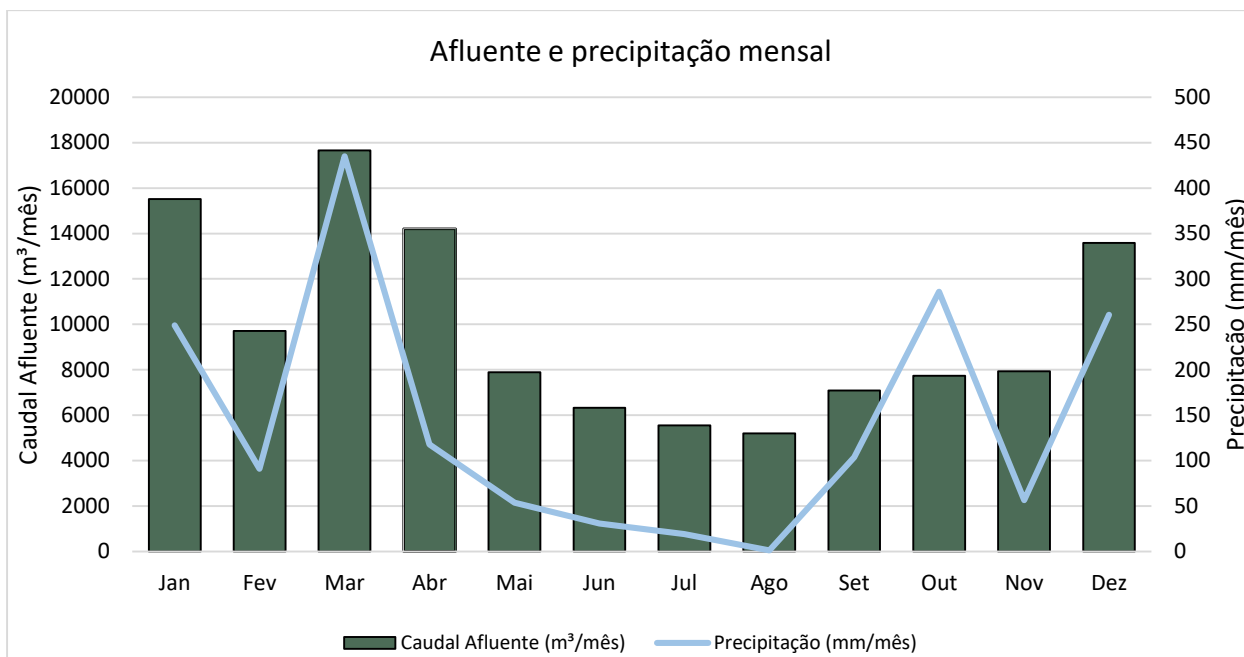


Figura 5.13 - Comparativo de caudal afluente e precipitação mensais no ano de 2013.

5.3.4 Quantificação das Afluências Indevidas

Em sistemas de drenagem de águas residuais são apenas medidos os volumes afluentes à estação de tratamento impossibilitando a determinação de zonas críticas do sistema. A colocação de caudalímetros em pontos estratégicos do sistema seria muito importante para o controlo das águas parasitas no sistema. Estes caudais medidos na entrada das ETAR padecem, muitas vezes, de erros na sua medição já que para escoamento em superfície livre os caudalímetros não são tão eficientes quanto o desejável, além da existência de inúmeras falhas, normais da operacionalidade do sistema.

Na quantificação das afluências indevidas e na determinação da sua origem (pluvial ou infiltração de base) foram utilizados três métodos distintos para permitir a validação dos resultados através de uma comparação direta dos dados obtidos por estes métodos. Os métodos utilizados foram o método do triângulo, o método da decomposição do hidrograma de águas residuais e o método do mínimo móvel.

5.3.4.1 Quantificação pelo Método do Triângulo

Este método depende diretamente do número de dias onde se verifica precipitação, neste caso foram apenas considerados dias com precipitação diária superior a 1,5 mm que é o equivalente ao mínimo de 3 horas de precipitação moderada (0,5 mm/h), uma vez que os dados são medidos de 3 em 3 horas. Na Tabela 5.14 pode-se observar os valores de intensidade de precipitação considerados pelo IPMA.

Tabela 5.14 - Intensidade de precipitação segundo IPMA.

Intensidade	Valores de precipitação
Fraca	<0,5 mm/h
Moderada	de 0,5 a 4 mm/h
Forte	>4 mm/h

Considerando o anteriormente proferido obteve-se 110 dias de chuva que corresponde a 30% dos dias do ano em vez dos possíveis 137 dias (38% dos dias do ano) se se considerasse todos os dias em que se regista precipitação acima de 0 mm/dia. Também poderia ter sido considerado o número de dias correspondente aos dias com precipitação superior a 0,5 mm, o equivalente ao mínimo de 1 hora de precipitação moderada ou então número de dias com precipitação superior a 12 mm/dia, equivalente ao mínimo de um dia de precipitação moderada. Para o primeiro caso obter-se-ia 128 dias (35%) de precipitação a considerar e para o segundo 52 dias (14%).

Da aplicação do método do triângulo resultam os volumes apresentados na Tabela 5.15 onde se apresentam os valores correspondentes a cada componente para diversos valores mínimo de precipitação diária a considerar, explanados anteriormente.

Tabela 5.15 - Resultados do uso do método do triângulo considerando vários limites para a contabilização de dias de precipitação.

Valores mínimos de precipitação diária	Dias com precipitação (% de dias do ano)		BSF – Caudal de origem doméstica		GWl – Caudal de infiltração de base		RDII – Caudal de afluência pluvial	
0,0 mm/dia	137	38%	68 692,5 m ³	58,0%	7 135,2 m ³	6,0%	42 618,3 m ³	36,0%
0,5 mm/dia	128	35%	68 692,5 m ³	58,0%	9 259,3 m ³	7,8%	40 494,2 m ³	34,2%
1,5 mm/dia	110	30%	68 692,5 m ³	58,0%	13 597,9 m ³	11,5%	36 155,5 m ³	30,5%
12,0 mm/dia	52	14%	68 692,5 m ³	58,0%	26 501,1 m ³	22,4%	2 3252,4 m ³	19,6%

Na Figura 5.14 apresenta-se o resultado do Método do Triângulo considerando os 110 dias de precipitação.

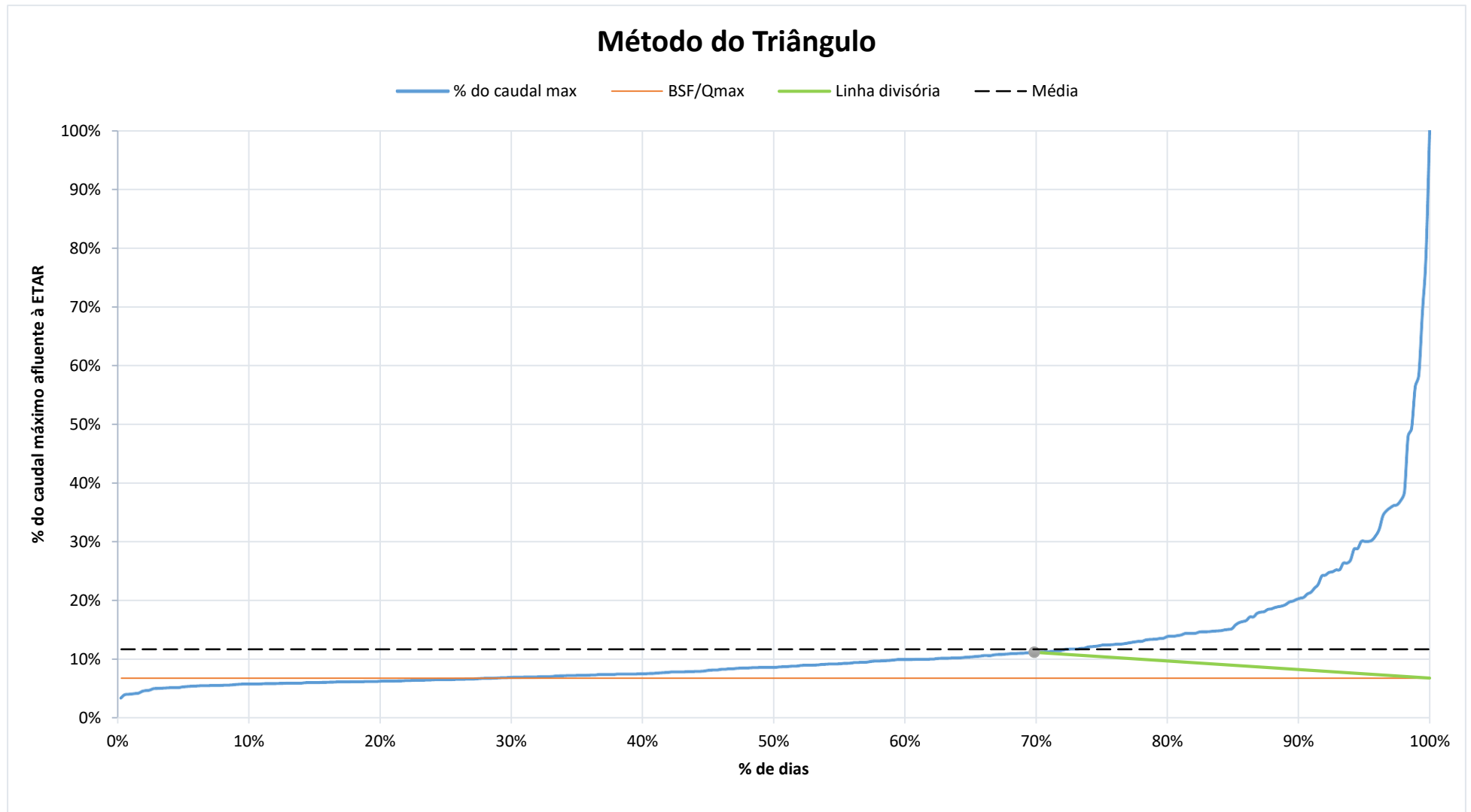


Figura 5.14 - Método do Triângulo para a rede de drenagem de Crestuma.

Denota-se que quando se aumenta o limite mínimo de intensidade de precipitação no cálculo do número de dias de chuva, este naturalmente diminui tal como o volume de afluência pluvial (RDII), aumentando proporcionalmente o volume de infiltração de base (GWI).

O cálculo dos volumes recorrendo a vários valores mínimos de precipitação permitirá averiguar, com recurso à comparação com o método utilizado no subcapítulo 5.3.4.2, se o número de dias de chuva considerado é o mais correto ou se se deverá adotar outro dos supramencionados.

5.3.4.2 Quantificação pelo Método do Decomposição do Hidrograma das Águas Residuais

A quantificação das influências indevidas em fase de exploração do sistema com recurso ao método da decomposição do hidrograma de águas residuais necessita da determinação de caudal médio de tempo seco (ADW) e caudal médio de tempo húmido (AWW). Na determinação destes foram considerados vários períodos ao longo do ano e feito uma média destes como está patente no Anexo V, na Tabela 5.16 apresenta-se as médias consideradas.

Tabela 5.16 - Caudais médios de tempo seco e tempo húmido.

ADW	AWW
217,5 m ³ /dia	511,2 m ³ /dia

Na construção do hidrograma presente na Figura 5.15 foram utilizados os dados apresentados no Anexo V, utilizando o método do mínimo móvel com um período de 8 dias para determinação do caudal de tempo seco e o caudal residual igual à média mensal de cada mês, após a subtração obteve-se o caudal de infiltração de base. O caudal de afluência pluvial foi obtido por subtração do caudal de tempo seco ao caudal afluente diário.

Foram obtidos dois resultados distintos, um através dos dados apresentados na Tabela 5.16 e outro através dos dados do gráfico da Figura 5.15 e dos dados que lhe deram origem. Em ambas as abordagens o volume anual de água residual de origem doméstica foi considerado igual a 68 695,5 m³. Na primeira abordagem, considerando os caudais de tempo seco e tempo húmido presentes na Tabela 5.16, o caudal de infiltração de base (GWI) foi obtido através da subtração do caudal de origem doméstica (BSF) ao caudal de tempo seco (ADW) e o caudal de afluência pluvial (RDII) foi obtido pela subtração do caudal de tempo seco ao caudal de tempo húmido (AWW), considerando que o caudal de tempo húmido seria a média dos caudais verificados para os dias de precipitação relevante. Após essa análise as afluências indevidas foram ajustadas de forma ao caudal total correspondesse ao caudal total afluente à ETAR, originando os dados presentes na Tabela 5.17.

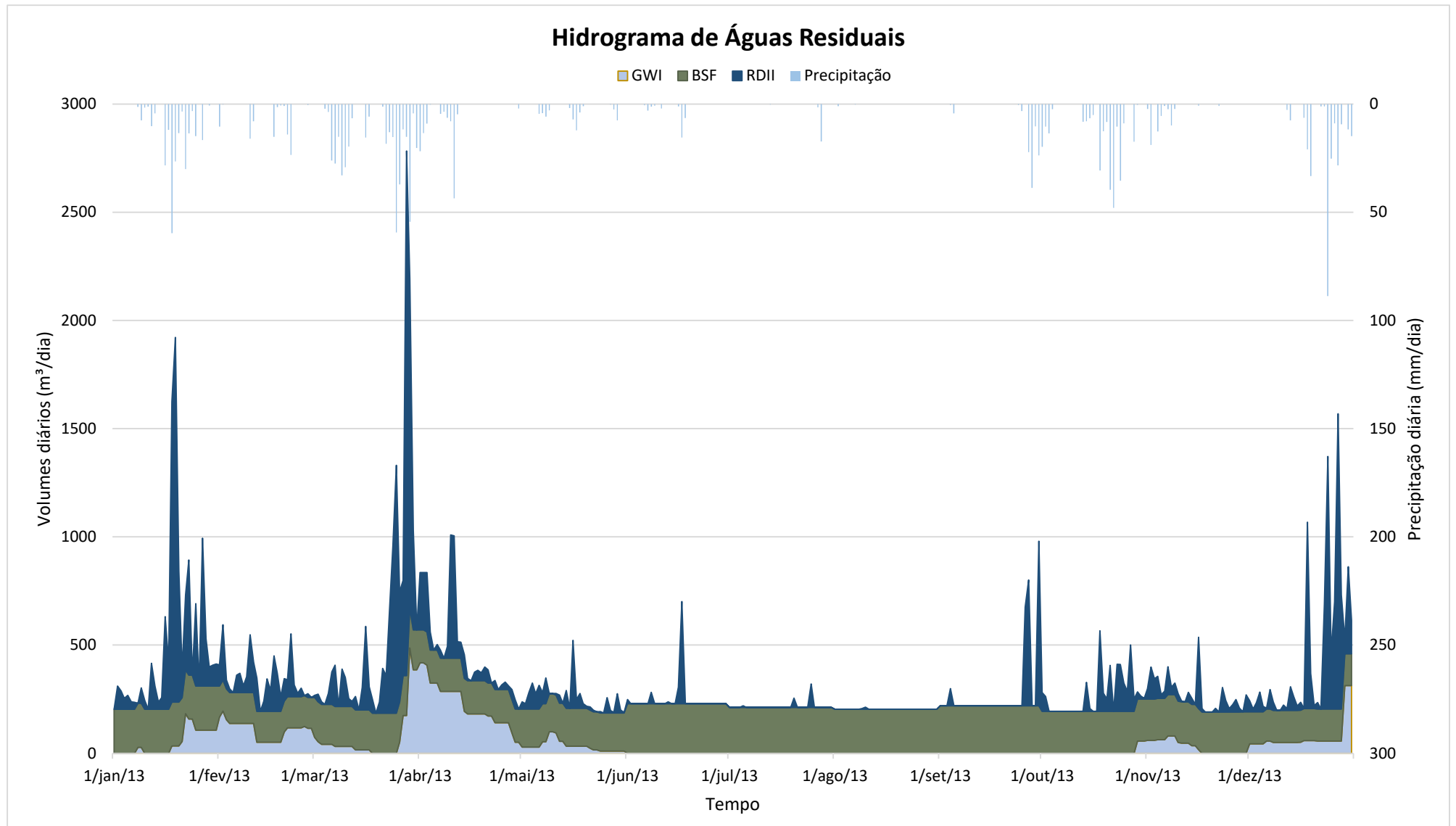


Figura 5.15 - Hidrograma de águas residuais.

Tabela 5.17 – Volumes anuais por componente pelo método da decomposição do hidrograma – primeira abordagem.

Componente	GWI	RDII	BSF	Caudal Total
Volume	12 371 m ³ /ano	37 382 m ³ /ano	68 693 m ³ /ano	118 446 m ³ /ano
% do volume total	10%	32%	58%	100%

O volume de infiltração de base é de 12 371 m³/ano, 10% do volume total anual e o volume de aflúências pluviais 37 382 m³/ano, 32% do volume total anual, perfazendo um volume anual de aflúências indevidas (I/I) de 49 753 m³, 42% do volume total anual de aflúências à ETAR de Crestuma. O volume anual de precipitação na zona da bacia de Crestuma é de 1704,7 mm/ano, pode aferir-se que o volume de aflúência indevidas por milímetros de precipitação é de 29,2 m³/mm.

Pela segunda abordagem, considerando o caudal de tempo seco igual ao mínimo móvel de 8 dias e considerando o caudal doméstico constante (igual à média de cada mês), utilizando-se o mesmo modelo de cálculo recorrendo sobretudo a subtrações obteve-se os resultados apresentados na Tabela 5.18.

Tabela 5.18 - Volumes anuais por componente pelo método da decomposição do hidrograma – segunda abordagem.

Componente	GWI	RDII	BSF	Caudal Total
Volume	16 189 m ³ /ano	33 564 m ³ /ano	68 693 m ³ /ano	118 446 m ³ /ano
% do volume total	14%	28%	58%	100%

Para representação dos resultados obtidos por este método considera-se uma média dos resultados obtidos pelas duas abordagens distintas, apresentados na Tabela 5.19.

Tabela 5.19 - Volumes anuais por componente pelo método da decomposição do hidrograma – média das duas abordagens consideradas.

Componente	GWI	RDII	BSF	Caudal Total
Volume	14 280 m ³ /ano	35 473 m ³ /ano	68 693 m ³ /ano	118 446 m ³ /ano
% do volume total	12%	30%	58%	100%

5.3.4.3 Quantificação pelo Método do Mínimo Móvel

Para obtenção de mais um termo de comparação foi realizada a quantificação com recurso ao método do mínimo móvel. O método do mínimo móvel baseia-se também no registo diário de caudais afluentes à ETAR, assumindo que o caudal mínimo registado no período de tempo determinado corresponde ao caudal médio de tempo seco e considerando o caudal de origem doméstica constante.

Nesta análise, contrariamente ao proposto por ATV-DVWK (*apud* FRANZ, 2007, p. 50), não foi considerado um período de 21 dias, pois este levaria a uma média de ADW inferior ao BSF. Uma vez que a topografia do local onde se encontra o sistema de drenagem a analisar (antiga freguesia de Crestuma) é maioritariamente constituída por terrenos de grandes inclinações, considerou-se um período de 8 dias que, teoricamente, poderia levar a uma sobrestimação do caudal de infiltração de base mas considerou-se o mais adequado, pois de acordo com o anteriormente exposto as grandes inclinações do terreno no qual este sistema de drenagem se encontra implantado leva a que não sejam tão expressiva a afluência pluvial retardada.

Na Tabela 5.20 apresenta-se a média do mínimo móvel obtida pelos dados presentes no Anexo VI e representados graficamente na Figura 5.16 apresentada adiante, bem como a média do caudal de origem doméstico já anteriormente explanado.

Tabela 5.20 - Média do mínimo móvel e média do caudal de origem doméstica.

Média do Mínimo Móvel	Média BSF
200,7 m ³ /dia	188,2m ³ /dia

Neste método de quantificação de afluências considera-se que a média do mínimo móvel é igual à média do caudal em tempo seco.

Na Figura 5.16 apresenta-se uma representação gráfica do método do mínimo móvel onde está patente o caudal afluente diário, o mínimo móvel a cada 8 dias, a média do caudal de origem doméstica e a média do mínimo móvel.

Na Tabela 5.21 apresentam-se os resultados da análise do método do mínimo móvel, estes volumes são calculados com base nos dados do Anexo VI, considerando-se a média do mínimo móvel multiplicada por 365 dias igual ao volume anual do caudal de tempo seco, subtraindo-se a esse valor o volume anual de caudal de origem doméstica (média BSF multiplicada por 365 dias) obteve-se o volume anual de infiltração de base. O volume anual de afluência pluvial obteve-se subtraindo-se ao volume afluente anual o volume anual do caudal de tempo seco.

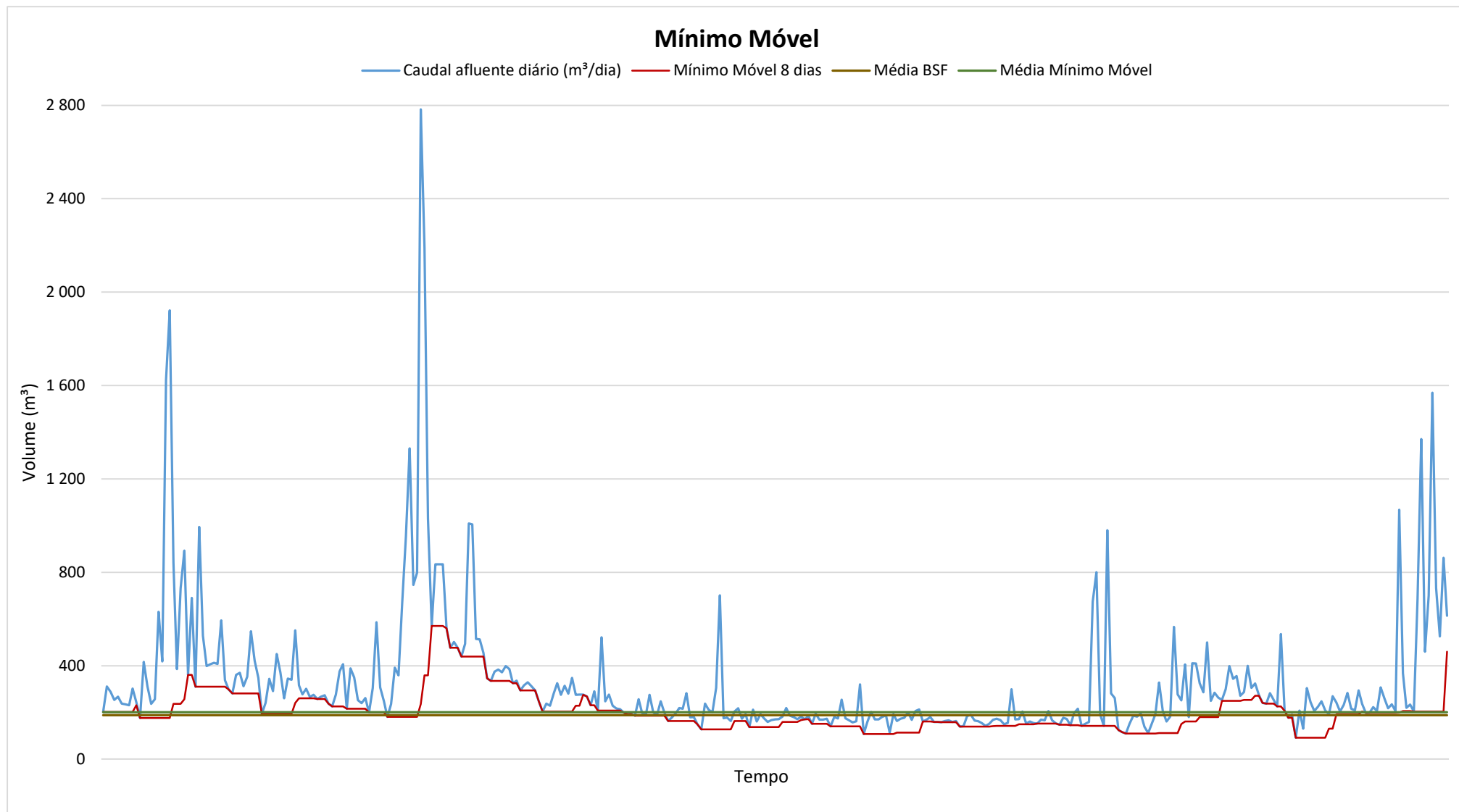


Figura 5.16 - Representação gráfica do método do mínimo móvel.

Tabela 5.21 - Volumes anuais por componente de água residual segundo o método do mínimo móvel.

Componente	Afluente total	ADW	BSF	GWJ	RDII
Volume (m³/ano)	118 446 m ³ /ano	73 262 m ³ /ano	68 693 m ³ /ano	4 569 m ³ /ano	45 184 m ³ /ano
% do total	100%	62%	58%	4%	38%

5.3.4.4 Comparação dos Métodos Utilizados

Descartou-se o método do mínimo móvel pelos valores obtidos serem bastante diferente dos outros dois métodos aplicados no que diz respeito à divisão das afluências indevidas quanto à origem. Esta discrepância pode dever-se ao facto de se tratar de uma pequena população que leva a que pequenas variações no consumo sejam significativas, estando o mínimo móvel muitas vezes abaixo da média do BSF.

Comparando o método da decomposição do hidrograma de águas residuais (média das duas abordagens utilizadas) com as várias hipóteses postas para o método do triângulo, denota-se que a hipótese que considera 110 dias de precipitação, tomando como valor mínimo de precipitação 1,5 mm/dia, se aproxima bastante dos resultados obtidos pelo método da decomposição. Considera-se então, para os caudais, os seguintes valores expressos na Tabela 5.22.

Tabela 5.22 - Volumes anuais por componente de água residual segundo os dois métodos considerados.

Método	GWJ	RDII	BSF	Caudal Total
Decomposição	14 280 m ³ 12%	35 473 m ³ 30%	68 693 m ³ 58%	118 446 m ³ 100%
Triângulo	13 598 m ³ 11,5%	36 155 m ³ 30,5%	68 693 m ³ 58%	118 446 m ³ 100%

Como se pode observar os valores são muito idênticos, utilizando o processo de aproximação de valores numéricos para arredondar as percentagens à unidade temos para o método do triângulo 12% de caudal de infiltração de base, uma vez que 11 é um número ímpar este deve ser arredondado para cima, e 30% de afluências pluviais diretas, já que 30 é um número par, que são exatamente os valores obtidos pelo método da decomposição.

Admite-se então, como resultado do estudo conduzido, os valores provenientes do método da decomposição do hidrograma devido aos valores dos dois métodos serem tão próximo e à particularidade de os arredondamentos à unidade dos resultados do método do triângulo conduzirem a resultados idênticos aos obtidos nesse método.

5.3.5 Indicadores de Desempenho

Os dados obtidos e/ou calculados sobre a rede de drenagem da bacia de Crestuma permitem que sejam calculados alguns dos Indicadores de desempenho indicados anteriormente no subcapítulo 4.1.

Na Tabela 5.23 estão patentes os indicadores de desempenho do sistema calculados de acordo com o Anexo V.

Tabela 5.23 – Indicadores de desempenho.

Indicador	Indicador (unidade)	Valor	Prioridade
ID1	$\frac{Q_{inf}}{Q_{sc}}$	-	-
ID2	$\frac{Q_{inf}}{Q_{md\ ts}}$	63%	Elevada
ID3	$\frac{Q_{inf}}{n.^{\circ} CV}$	0,32 m ³ /(dia.câmara)	Baixa
ID4	$\frac{Q_{inf}}{L_{coletor}}$	4,64 m ³ /(dia.km)	Baixa
ID5	$\frac{Q_{inf}}{L_{coletor} \times P}$	0,08 ¹ m ³ /(dia.cm.km)	Baixa
ID6	$\frac{Q_{inf}}{N.^{\circ} ramais\ dom\u00e9sticos}$	0,98 m ³ /(dia.ramal)	Elevada
ID7	$\frac{Q_{max\ pluv}}{Q_{sc}}$	-	-
ID8	$\frac{V_{pluv}}{V_{md\ ts}}$	47%	M\u00e9dia
ID9	$\frac{V_{pluv}}{C.P.A}$	-	-
ID10	$\frac{V_{pluv}}{N.^{\circ} ramais\ dom\u00e9sticos}$	0,74 m ³ /(dia.ramal)	Baixa

Daqui se conclui que a percentagem do caudal de infiltra\u00e7\u00e3o relativamente ao caudal m\u00e9dio de tempo seco (ID2) \u00e9 muito elevada o que denota um grande impacto das afluen\u00e7ias indevidas neste sistema de drenagem. O ID6 permite concluir que existe um elevado caudal de infiltra\u00e7\u00e3o por ramal dom\u00e9stico, o que pode levar a crer que exista a necessidade de examinar estes componentes do sistema de drenagem.

5.3.6 Custos associados \u00e0s afluen\u00e7ias indevidas

Os custos operacionais de um sistema de drenagem de \u00e1guas residuais expressam-se habitualmente em dois grupos de custos: custos de bombagem e custos de tratamento (Amorim, 2007). Estes custos podem sofrer um aumento significativo devido \u00e0 afluen\u00e7ia ao sistema de drenagem de caudais excedent\u00e1rios que sobrecarregam as suas instala\u00e7\u00f5es.

¹ Vinte dos coletores n\u00e3o foram considerados por n\u00e3o existir informa\u00e7\u00e3o quanto ao di\u00e2metro.

CAPÍTULO 5

Não foi possível o cálculo dos custos de bombagem uma vez que não foi possível a obtenção dos dados relativos aos consumos.

A SIMDOURO considera para o tratamento de águas residuais um custo unitário de 0,06 €/m³ (Dias, 2015). Considerando-se um volume de afluências indevidas de 49 753 m³, obtém-se um custo de tratamento de 2 958,18€ relativo aos caudais excedentários de um total de 7 106,76€ gastos no tratamento.

A quantificação de outros custos torna-se impossível devido à dificuldade em estabelecer-se uma relação causa-efeito entre os volumes excedentários e a deterioração das infraestruturas.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

6.1 CONCLUSÕES

A problemática das aflúências indevidas está presente nos sistemas separativos de drenagem de águas residuais e a bacia de Crestuma não é exceção à regra. A mitigação deste problema deve ser, a par das perdas de água nos sistemas de abastecimento, uma prioridade para as entidades gestoras embora a sua implementação acarrete custos, será vantajoso para entidade gestora, já que estas dão origem a elevados custos de tratamento e operacionalidade do sistema bem como diminuição da eficácia destes.

Esta temática afeta, não só a entidade gestora do sistema em baixa, como as entidades gestoras dos sistemas em alta.

No caso das entidades gestoras do sistema em baixa, estes caudais excedentários causam maiores custos no tratamento de águas (águas essas que não são faturadas), aumento do custo de eletricidade por maiores tempos de bombagem e por causarem degradação mais acelerada aos sistemas de drenagem que leva a manutenções mais regulares (conducentes a custos mais elevados), seja por aumento de velocidade de escoamento, ou ultrapassagem da capacidade hidráulica dos sistemas levando a exfiltrações e extravasamentos ou mesmo pelo aumento de tempo de bombagens (que leva a um menor período de vida útil das bombas).

Para as entidades gestoras dos sistemas em alta, à primeira vista este tema poderá até parecer favorável, uma vez que tratarão um maior volume de água que encaminharia a uma maior faturação, mas na realidade esse acréscimo de volume de águas é também prejudicial para estas. Uma vez que esse aumento de caudal poderá levar a que a capacidade da ETAR seja excedida e a que águas não tratadas sejam devolvidas ao meio hídrico tonar-se assim num problema ambiental. Normalmente estes caudais de aflúências indevidas são compostos por águas limpas o que leva a uma diluição das águas de esgoto que circulam nos sistemas. As águas limpas têm efeitos nefastos sobre as ETAR, devido ao facto de estas não transportarem matéria orgânica suficiente para os microrganismos na fase do tratamento biológico aeróbico. Estes seres vivos acabam por ter de ser substituídos por falta de alimento, acarretando assim custos para a entidade.

Desta forma a mitigação deste problema é do interesse de ambas as entidades gestoras.

Ao longo do trabalho desenvolvido foram aplicados vários métodos de quantificação de afluências indevidas, o método do mínimo móvel foi considerado inválido pelos resultados obtidos serem distintos dos obtidos pelos outros dois métodos, e por serem diferentes do espectável, mesmo após algum ajuste da abordagem adotada.

Da aplicação dos dois métodos distintos, método da decomposição do hidrograma de águas residuais e método do triângulo, obtiveram-se resultados bastante idênticos, idênticos até, quando se arredonda as percentagens à unidade, daí conclui-se que, em 2013, 42% do volume anual de afluentes à ETAR de Crestuma é proveniente de afluências indevidas, 29% do qual, 12% do volume total, é proveniente de infiltrações de base e 71% do volume de afluências indevidas, 30% do volume total afluente, é proveniente de afluências pluviais diretas.

Quanto aos custos associados apenas foram calculados os custos diretos associados ao tratamento das águas por falta de dados para o cálculo dos restantes custos de operação (relativos à bombagem). É de salientar que, como foi referido, existem outros custos relacionados com deterioração das infraestruturas, reabilitação e mão-de-obra, entre outros, que não podem ser determinados devido à complexidade na sua quantificação.

É necessário notar-se que os dados trabalhados no desenvolvimento do estudo, tal como precipitação e consumos domésticos, estão sujeitos a erros de medição e/ou de tratamento de dados, tornando assim recomendável a validação futura dos resultados por outros métodos e dados distintos.

Para finalizar, considera-se que a mitigação deste problema deverá ser tida como uma prioridade para a entidade gestora, embora esta temática seja de difícil gestão e dotada de uma grande complexidade que obriga a um aprofundado estudo do tema.

6.2 DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

Como proposta de futuros desenvolvimentos no estudo das afluências indevidas e da sua ação sobre as redes separativas de drenagem de águas residuais recomenda-se que sejam tomadas algumas das ações descritas seguidamente.

Atualizar, complementar e validar informações no cadastro do sistema de drenagem no Sistema de Informação Geográfica, por forma a que se conheça melhor todo o sistema (e.g. diâmetros, comprimentos, material e inclinação de tubagens).

Implementação de caudalímetros em pontos estratégicos do sistema por forma a que se possa isolar leituras dos subsistemas possibilitando a determinação de zonas críticas a intervir. A sua colocação

está ilustrada na Figura 6.1 que demonstra também dois tipos distintos de faseamento de instalação destes o qual não faz parte do âmbito deste trabalho

Obtenção de dados diários ou até mesmo, se possível, horários de volumes afluentes à ETAR de Crestuma por forma a que se possa avaliar melhor o comportamento do sistema.

Implementação de um udómetro na zona da bacia de Crestuma para que existam dados de precipitação mais fidedignos.

Implementação de equipamentos que possibilitem a utilização dos métodos das séries temporais de cargas poluentes e dos isótopos naturais.

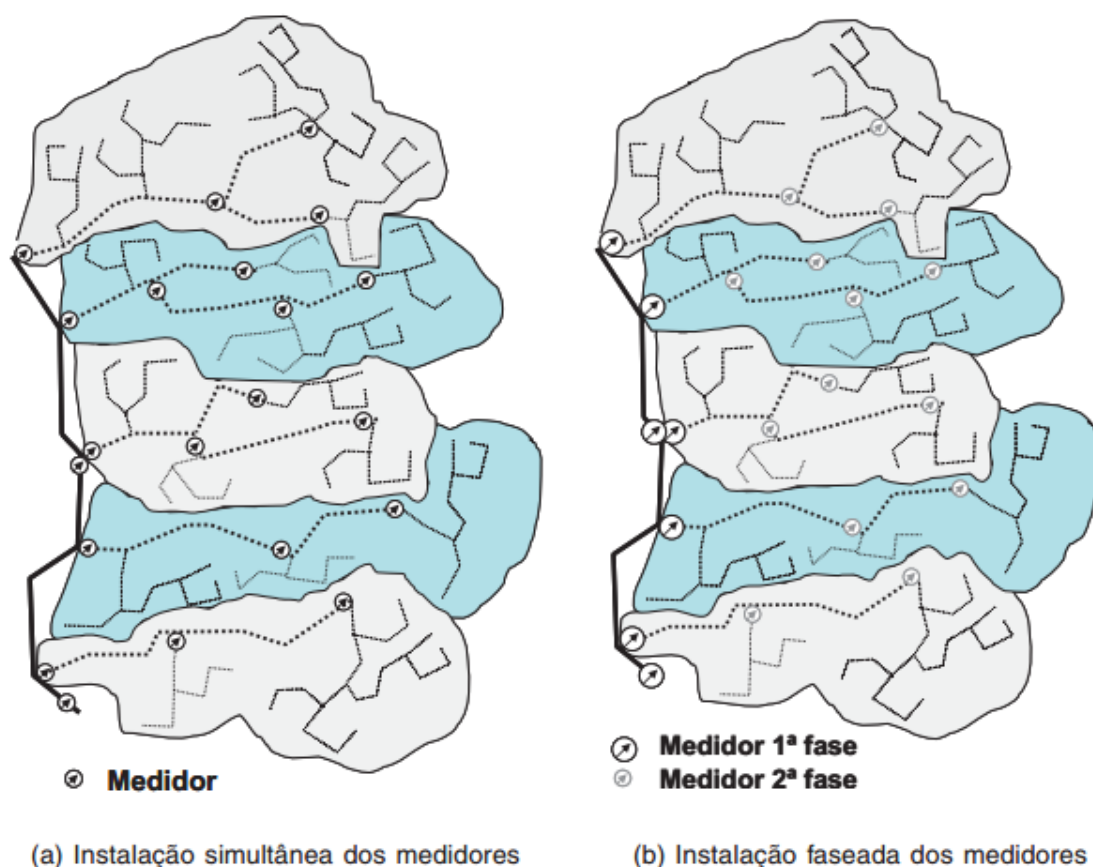


Figura 6.1 – Alternativas de Faseamento de campanhas de medição (Almeida e Cardoso, 2010).

De futuro seria também interessante o cruzamento dos dados de precipitação obtidos com os dados com os dados do IPMA da estação meteorológica do ISEP, dados que se neste momento são alvo de validação no âmbito da unidade curricular de Projeto Integrado da Licenciatura em Engenharia Civil desta instituição.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ÁGUAS DA REGIÃO DE AVEIRO - **Ciclo urbano da água - Sensibilização Ambiental** [Em linha] [Consult. 24 fev. 2016]. Disponível em

WWW:<URL: <http://www.adra.pt/content/index.php?action=detailfo&rec=1976&t=Ciclo-urbano-da-agua>>.

ÁGUAS DE GAIA - **Águas de Gaia**, atual. 2016.

ÁGUAS DE GAIA; CASTANHEIRA, Alcídio Augusto - **Manual de Acolhimento**

ÁGUAS DE PORTUGAL (ADP) - **Contributos para a Elaboração de um Plano de Minimização de Afluências Indevidas nos Sistemas de Drenagem de Águas Residuais Domésticas**

ALBINO, Clarisse Isabel Cristóvão - **Sistemas Urbanos de Drenagem de Águas Residuais e Pluviais - Contributo para a Análise da Problemática da Interferência dos Dois Tipos de Ssistemas – Caso de Estudo: Cidade de Olhão** [Em linha]. [S.l.] : (Dissertação de Mestrado em Engenharia do Ambiente) Universidade do Algarve, 2013 Disponível em WWW:<URL: <http://hdl.handle.net/10400.1/6659>>.

ALMEIDA, Maria Do Céu; CARDOSO, Maria Adriana - **Gestão Patrimonial de Águas Residuais e Pluviais. Uma Abordagem Centrada na Reabilitação** GUIAS TÉCNICOS. [Em linha]. Lisboa : [s.n.] Disponível em WWW:<URL: <http://www.ersar.pt/website/ViewContent.aspx?SubFolderPath=\Root\Contents\Sitio\MenuPrincipal\Documentacao\Publicacoesexternas&Section=MenuPrincipal&FolderPath=\Root\Contents\Sitio\MenuPrincipal\Documentacao&GenericContentId=0&BookID=2459>>. ISBN 978-989-8360-05-2.

ALMEIDA, S. S.; MONTEIRO, P. S. - [Incidence of rainwater flows in wastewater drainage networks - two case studies in municipalities in northern Portugal]. 2004).

AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS (ASCE) - **Design and Construction of Urban Stormwater Management Systems** [Em linha]. [S.l.] : ASCE Publications, 1993 [Consult. 24 fev. 2016]. Disponível em WWW:<URL: https://books.google.com/books?id=o3s481bZ_XOC&pgis=1>. ISBN 0784473668.

AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS (ASCE) - **Gravity Sanitary Sewer Design and Construction** [Em linha]. [S.l.] : American Society of Civil Engineers, 2007 [Consult. 24 fev. 2016]. Disponível em WWW:<URL: <https://books.google.com/books?id=TqXIUsXA9PAC&pgis=1>>. ISBN 0784409005.

AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS (ASCE); US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA) -

Sanitary Sewer Overflow Solutions. Washington, DC : Black & Veatch Corporation, 2004

AMORIM, Hélder António Alves De - **Afluências Indevidas aos Sistemas de Drenagem de Águas Residuais** [Em linha]. [S.l.] : (Dissertação de Mestrado em Engenharia do Ambiente) Universidade Técnica de Lisboa, 2007 Disponível em WWW:<URL:https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/12290/2/Texto integral.pdf>.

BÉNÉDITTIS, J. DE; BERTRAND-KRAJEWSKI, Jean-Luc - Infiltration in sewer systems: comparison of measurement methods. Em **Proceedings of the 4th International Conference on Sewer Processes and Networks, 2004** [Em linha]. Funchal, Madeira : [s.n.] Disponível em WWW:<URL:http://apuss.insa-lyon.fr/nrl_030_infiltration_comparison_of_methods_SPN1.pdf>.

BÉNÉDITTIS, J. DE; BERTRAND-KRAJEWSKI, Jean-Luc - Measurement of infiltration rates in urban sewer systems: use of oxygen isotopes. Em **Proceedings of the 4th International Conference on Sewer Processes and Networks, 2005** [Em linha]. Funchal, Madeira : [s.n.] Disponível em WWW:<URL:http://apuss.insa-lyon.fr/pa_008_measurement_of_infiltration.pdf>. ISBN 02731223 (ISSN)

BENNETT, David *et al.* - **Using flow prediction technologies to control sanitary sewer overflows**

BERTRAND-KRAJEWSKI, Jean-Luc *et al.* - **Assessing Infiltration and Exfiltration on the Performance of Urban Sewer Systems (APUSS)** [Em linha]. Lyon : [s.n.] Disponível em WWW:<URL:http://www.insa-lyon.fr/Laboratoires/URGC-HU/apuss>.

BONITO, José António Cordeiro - **Infiltrações na Rede de Drenagem de Águas Residuais - Caso de Estudo da Bacia de Drenagem de Lanheses** [Em linha]. [S.l.] : (Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil) Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2014 Disponível em WWW:<URL:https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/76205/2/99598.pdf>.

BRANDÃO, Diogo Tavares - **Gestão de Afluências Indevidas em Redes de Águas Residuais Urbanas.** [S.l.] : (Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil) Instituto Superior de Engenharia do Porto, 2015

BUFF, Sonia Rosalie - **A História do Saneamento Básico** [Em linha] [Consult. 23 fev. 2016]. Disponível em WWW:<URL:http://pt.slideshare.net/eloambiental/a-historia-do-saneamento-bsico>.

CARDOSO, Adriana; ALMEIDA, Maria Do Céu; COELHO, Sérgio Teixeira - Avaliação do Impacto da Infiltração no Desempenho de Sistemas de Drenagem Urbana. Em **Proceedings of the 9th National Congress on Water, Wastewater and Solid Waste** [Em linha]. Lisboa : [s.n.] Disponível em WWW:<URL:http://apuss.insa-lyon.fr/nrl_010_evaluation_of_the_infiltration_impact_on_the_performace_of_urban_sewer_systems.pdf>.

- CARDOSO, Maria Adriana *et al.* - Melhorar o Conhecimento e a Gestão da Infiltração e da Exfiltração em Sistemas de Drenagem Urbana: O Projecto APUSS. Em **10th International Conference on Urban Drainage, 2006** [Em linha]. Copenhaga : [s.n.] Disponível em WWW:<URL:http://apuss.insa-lyon.fr/c033 Melhorar o conhecimento e a gestao da infiltracao e da exfiltracao em sistemas de drenagem urbana - o projecto APUSS.pdf>.
- CARDOSO, Maria Adriana - **Avaliação do Desempenho de Sistemas de Drenagem Urbana** [Em linha]. [S.l.] : (Tese de Doutoramento em Engenharia Civil) Instituto Superior Técnico, 2008 Disponível em WWW:<URL:http://repositorio.inec.pt:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/17207/Tpi50.pdf?sequence=1>.
- CARNEIRO, Cátia Sofia Ferreira - **O ciclo urbano da água: uma abordagem pedagógica** [Em linha]. [S.l.] : (Dissertação de Mestrado em Física e Química para o Ensino) Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD), 2007 [Consult. 24 fev. 2016]. Disponível em WWW:<URL:http://repositorio.utad.pt//handle/10348/162>.
- CARVALHO, Clárisse - **Estudo Para a Conceção de Sistema de Tratamento de Resíduos de Redes de Drenagem de Águas Residuais Urbanas** [Em linha]. [S.l.] : (Dissertação de Mestrado em Tecnologias Ambientais) Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Viseu, 2012 Disponível em WWW:<URL:http://hdl.handle.net/10400.19/1241>.
- COELHO, Inês Isabel Ribeiro - **Variabilidade de Afluências às Redes de Drenagem de Águas Residuais - Causas e Efeitos Versus Sustentabilidade Económica, Um Caso de Estudo** [Em linha]. [S.l.] : (Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil) Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2013 Disponível em WWW:<URL:http://hdl.handle.net/10216/68729>.
- COMMONWEALTH OF MASSACHUSETTS - **Guidelines for Performing Infiltration/Inflow Analyses And Sewer System Evaluation Survey** [Em linha]. Boston : [s.n.] Disponível em WWW:<URL:http://www.mass.gov/dep>.
- CONCORD PUBLIC WORKS *et al.* - The Status of Municipal Wastewater Treatment in Concord, MA. Concord, MA. 2007).
- DIAS, Cláudio André Araújo - **Definição Preliminar das Afluências Indevidas ao Subsistema de Gaia Litoral**. [S.l.] : (Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil) Instituto Superior de Engenharia do Porto, 2015
- ERSAR - **ERSAR** [Em linha] [Consult. 9 mar. 2016]. Disponível em WWW:<URL:http://www.ersar.pt/website/Home.aspx>.
- ESPÍRITO SANTO, Lara Andreia Tavares Do - **Sistemas Simplificados de Saneamento de Águas Residuais**

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[Em linha]. [S.l.] : (Dissertação de Mestrado em Engenharia do Ambiente) Universidade Técnica de Lisboa, 2008 Disponível em

WWW:<URL:https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/395137843905/DissertaçãoLES.pdf>.

FEDERATION OF CANADIAN MUNICIPALITIES; NATIONAL RESEARCH COUNCIL - Infiltration/Inflow Control/Reduction for Wastewater Collection Systems. 2003) 70–80.

FERREIRA, Paulo César Morgado - **Modelação Dinâmica de Sistemas de Drenagem Urbana. Aplicação a um caso de estudo** [Em linha]. [S.l.] : (Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil) Instituto Superior de Engenharia do Porto, 2014 [Consult. 11 mar. 2016]. Disponível em

WWW:<URL:http://recipp.ipp.pt/handle/10400.22/6273>.

FERREIRA, Paulo César Morgado - **Modelação Dinâmica de Sistemas de Drenagem Urbana. Aplicação a um caso de estudo** [Em linha] Disponível em WWW:<URL:http://recipp.ipp.pt/handle/10400.22/6273>.

FRANZ, Torsten - **Spatial classification methods for efficient infiltration measurements and transfer of measuring results** [Em linha]. [S.l.] : Institut für Siedlungs- und Industrieressourcenwirtschaft Technische Universität Dresden, 2007 Disponível em

WWW:<URL:http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.123.737&rep=rep1&type=pdf>.

GALVÃO, Ana Fonseca - **Comportamento Hidráulico e Ambiental de Zonas Húmidas Construídas Para o Tratamento de Águas Residuais** [Em linha]. [S.l.] : (Tese de Doutoramento em Engenharia do Ambiente) Instituto Superior Técnico, 2009 Disponível em

WWW:<URL:https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/3779573708159/TeseComCapa_web.pdf>.

GONÇALVES, Jorge José Teixeira Cardoso - **Tipificação e Caracterização de Consumos em Reservatórios de Distribuição - Influência na Exploração e Capacidade** [Em linha]. [S.l.] : (Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil) Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2014 Disponível em

WWW:<URL:https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/74486/2/99545.pdf>.

GREATER DUBLIN STRATEGIC DRAINAGE STUDY (GSDSDS) - **Regional Drainage Policies-Volume 4 Inflow Infiltration & Exfiltration**. 1ª ed. Dublin : NDP, 2005

IAPMEI - **Biblioteca On-line - Glossário** [Em linha] [Consult. 23 fev. 2016]. Disponível em

WWW:<URL:http://www.iapmei.pt/iapmei-gls-02.php?glsid=5&>.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTATÍSTICA, I. P. - **Censos 2011 Resultados Definitivos - Região Norte**. 1. ed. [S.l.] : Instituto Nacional de Estatística, I.P., 2012. ISBN 9789892501864.

INSTITUTO PORTUGUÊS DO MAR E DA ATMOSFERA - **CLASSIFICAÇÃO DA INTENSIDADE DA PRECIPITAÇÃO LÍQUIDA** [Em linha] [Consult. 20 jun. 2016]. Disponível em

WWW:<URL:https://www.ipma.pt/pt/educativa/faq/meteorologia/previsao/faqdetail.html?f=/pt/educa

tiva/faq/meteorologia/previsao/faq_0033.html&print=true>.

INSTITUTO REGULADOR DE ÁGUAS E RESÍDUOS - **Recomendações 2005 a 2007** [Em linha] Disponível em WWW:<URL:http://www.ersar.pt/website/ViewContent.aspx?GenericContentId=0&SubFolderPath=&Section=MenuPrincipal&FolderPath=%5cRoot%5cContents%5cSítio%5cMenuPrincipal%5cDocumentacao>.

KOAM TV - **City of Parsons to begin Dye Testing storm sewer system** [Em linha], atual. 2013. [Consult. 8 mar. 2016]. Disponível em WWW:<URL:http://www.koamtv.com/story/24183383/city-of-parsons-to-begin-dye-testing-storm-sewer-system>.

KRACHT, Oliver; GUJER, Willi - Quantification of infiltration into sewers based on time series of pollutant loads. Em WATER SCIENCE AND TECHNOLOGY (Ed.) - **Proceedings of the 4th International Conference on Sewer Processes and Networks**. Funchal, Madeira, Portugal : [s.n.]. ISBN 0273-1223

KRACHT, Oliver; GUJER, Willi - Tracer based quantification of sewer infiltration : experiences using natural isotopes ($\delta^{18}O$, δ^2H). Em SWISS FEDERAL INSTITUTE OF AQUATIC SCIENCE AND TECHNOLOGY (Ed.) - **Proceedings of the 4th Swiss Geoscience Meeting**. Berna, Suíça : [s.n.]

KRETSCHMER, F.; ERTL, T.; KOCH, F. - Discharge Monitoring and Determination of Infiltration Water in Sewer Systems. Em **11th International Conference on Urban Drainage**. Edinburgh : [s.n.]

LAI, Fu-Hsiung *et al.* - A Toolbox for Sanitary Sewer Overflow Analysis and Planning (SSOAP) and Applications. **Proceedings of the Water Environment Federation**. 2007:4 (2007) 92–107. doi: 10.2175/193864707787975156.

LOPES, Afonso - **Ligações Clandestinas nos Sistemas Públicos de Águas Residuais Domésticas Caso de Estudo em Vila Real** [Em linha]. [S.l.] : (Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil) Universidade de Trás-Os-Montes e Alto Douro, 2012 Disponível em WWW:<URL:http://hdl.handle.net/10348/5204>.

MARQUES, José Alfeu Sá; SOUSA, Joaquim José De Oliveira - **Hidráulica Urbana. Sistemas de Abastecimento de Água e de Drenagem de Águas Residuais** [Em linha]. 3ª Edição ed. Coimbra : Imprensa da Universidade de Coimbra, 2011 [Consult. 24 fev. 2016]. Disponível em WWW:<URL:https://books.google.pt/books/about/Hidr%C3%A1ulica_Urbana_Sistemas_de_Abastecim.html?id=26TL3-FUHLcC&pgis=1>. ISBN 978-989-26-0124-3.

MARQUES, Miguel Ângelo Ferreira - **Metodologia para Aplicação dos Princípios do Ciclo de Vida A Sistemas de Drenagem de Águas Residuais** [Em linha]. [S.l.] : (Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil) Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2010 Disponível em WWW:<URL:http://hdl.handle.net/10216/58806>.

MATOS, Rafaela *et al.* - **Indicadores de Desempenho para Serviços de Águas Residuais** GUIAS TÉCNICOS. [Em linha]. Lisboa : [s.n.] Disponível em

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

WWW:<URL:http://www.ersar.pt/website/ViewContent.aspx?SubFolderPath=\Root\Contents\Sitio\MenuPrincipal\Documentacao\PublicacoesIRAR&Section=MenuPrincipal&FolderPath=\Root\Contents\Sitio\MenuPrincipal\Documentacao&BookTypeID=1&BookCategoryID=1>. ISBN 9729935432.

MEIRELES, Maria De Fátima Rocha - **Optimização da Estação de Tratamento de Águas Residuais de Crestuma** [Em linha]. [S.l.] : (Dissertação de Mestrado em Engenharia Química) Instituto Superior de Engenharia do Porto, 2011 Disponível em WWW:<URL:http://hdl.handle.net/10400.22/2551>.

MERRILL, M.Steven *et al.* - **Reducing Peak RDII Flow Rates: Case Studies and Protocol - Werf Report Collection Systems (99-Wwf-8)** [Em linha]. Washington : IWA Publishing, 2003 [Consult. 15 mar. 2016]. Disponível em WWW:<URL:https://books.google.com/books?id=l-d0jdDOQvoC&pgis=1>. ISBN 1843396521.

Decreto Regulamentar n.º 23/95 de 23 de Agosto - Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais. **Diário da República : Série I-B**. 194 (95-08-23) 5319.

MOREIRA, Maria Madalena; RAMALHO, Luís - Calibração de um Modelo de Balanço Hidrológico Aplicado a uma Sub-Bacia Hidrográfica da Ribeira de Valverde. **7º Silusba**. [s.d.].

MORTINHO, Ana Filipa Mota - **Avaliação de Caudais de Infiltração em Sistemas de Drenagem de Águas Residuais** [Em linha]. [S.l.] : (Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil) Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, 2011 Disponível em WWW:<URL:http://files.isec.pt/DOCUMENTOS/SERVICOS/BIBLIO/teses/Tese_Mest_Ana-Mortinho.pdf>.

RAHMAN, Norhan Abd *et al.* - **Evaluation of Design Criteria For Inflow & Infiltration of Medium Scale Sewerage Catchment System (Penilaian Kriteria Rekabentuk Bagi Aliran Masuk & Penyusupan Sistem Pembentungan Berskala Sederhana)**. [S.l.] : Universiti Teknologi Malaysia, 2007

RODRIGUES, Vera De Almeida Trigueiros - **Avaliação de Infiltração em Drenagem Urbana Recorrendo a Métodos Convencionais e não Convencionais - Aplicação ao Caneiro de Alcântara, em Lisboa** [Em linha]. [S.l.] : (Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil) Universidade Técnica de Lisboa, 2013 Disponível em WWW:<URL:https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/395146000777/dissertacao_VeraRodrigues.pdf>.

ROMERO, Ana Rita Botto - **Medições Hidráulicas em Colectores Estratégias para Implementação de Campanhas em Tempo de Chuva** [Em linha]. [S.l.] : (Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil) Universidade Técnica de Lisboa, 2014 Disponível em WWW:<URL:https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/395146416978/Dissertacao Mestrado 55158.pdf>.

SALDANHA MATOS, José De - Aspectos Históricos a Actuais da Evolução da Drenagem de Águas Residuais em Meio Urbano. **Engenharia Civil-UM**. Lisboa. 16:2003) 13–24.

SANTOS, Miguel Ferreira - **Avaliação do impacto da infiltração na rede de drenagem de Vila Fernando com recurso a modelação matemática** [Em linha]. [S.l.] : (Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil não pública) Faculdade de Engenharia da Universidade da Beira Interior, 2011 Disponível em WWW:<URL:http://hdl.handle.net/10400.6/3468>.

SOMAGUE - **Hospital de Braga Somague no Porto de Valência**. Lisboa : [s.n.]

SUPERIOR® SMOKE - **Sewer Testing with Superior Smoke Generators and Blowers** [Em linha] [Consult. 7 mar. 2016]. Disponível em WWW:<URL:http://superiorsignal.com/your-smoke-application/sewer-testing>.

TCHOBANOGLIOUS, George *et al.* - **Wastewater Engineering: Treatment and Reuse** [Em linha]. 3. ed. Madison : McGraw-Hill Education, 1991 [Consult. 15 mar. 2016]. Disponível em WWW:<URL:https://books.google.com/books?id=L1MAXTAKL-QC&pgis=1>. ISBN 0070418780.

TCHOBANOGLIOUS, George *et al.* - **Wastewater Engineering: Treatment and Reuse** [Em linha]. [S.l.] : McGraw-Hill Education, 2003 [Consult. 2 ago. 2016]. Disponível em WWW:<URL:https://books.google.ca/books/about/Wastewater_Engineering_Treatment_and_Reu.html?id=L1MAXTAKL-QC&pgis=1>. ISBN 0070418780.

US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA) - **Sewer System Infrastructure Analysis and Rehabilitation** [Em linha]. Cincinnati, Ohio : [s.n.] Disponível em WWW:<URL:http://nepis.epa.gov/>.

US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA) - Guide for Estimating Infiltration and Inflow, June 2014. 2014).

US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA) - **Sanitary Sewer Overflow Analysis and Planning (SSOAP) Toolbox** [Em linha], atual. 2016. [Consult. 22 fev. 2016]. Disponível em WWW:<URL:http://www.epa.gov/water-research/sanitary-sewer-overflow-analysis-and-planning-ssoap-toolbox>.

VISSMAN, Warren; HAMMER, Mark J. - **Water Supply and Pollution Control** [Em linha]. New York : Pearson Prentice Hall, 2005 [Consult. 24 fev. 2016]. Disponível em WWW:<URL:https://books.google.com/books?id=TQISAAAAMAAJ&pgis=1>. ISBN 0131409700.

VISSMAN, Warren; HAMMER, Mark J.; CLARK, John William - **Water supply and pollution control** [Em linha]. New York : Harper & Row, 1985 [Consult. 24 fev. 2016]. Disponível em WWW:<URL:https://books.google.com/books?id=MA9SAAAAMAAJ&pgis=1>. ISBN 0060468211.

VIVAS, Eduardo Bruno De Freitas; OLIVEIRA, Maria Manuela - Apontamentos Hidráulica Urbana. 2014).

ANEXOS

Anexo I – Organograma da Águas de Gaia, EEM	99
Anexo II – Dados de Precipitação	101
Anexo III – Análises Temporais.....	109
Anexo IV – Dados do Método do Triângulo	115
Anexo V – Dados do Método da Decomposição do Hidrograma de Águas Residuais.....	125
Anexo VI – Dados do Método do Mínimo Móvel.....	127
Anexo V - Dados para Indicadores de Desempenho	137
Anexo VI – Tratamento de Dados de Consumo	139

ANEXO I – ORGANIGRAMA DA ÁGUAS DE GAIA, EEM

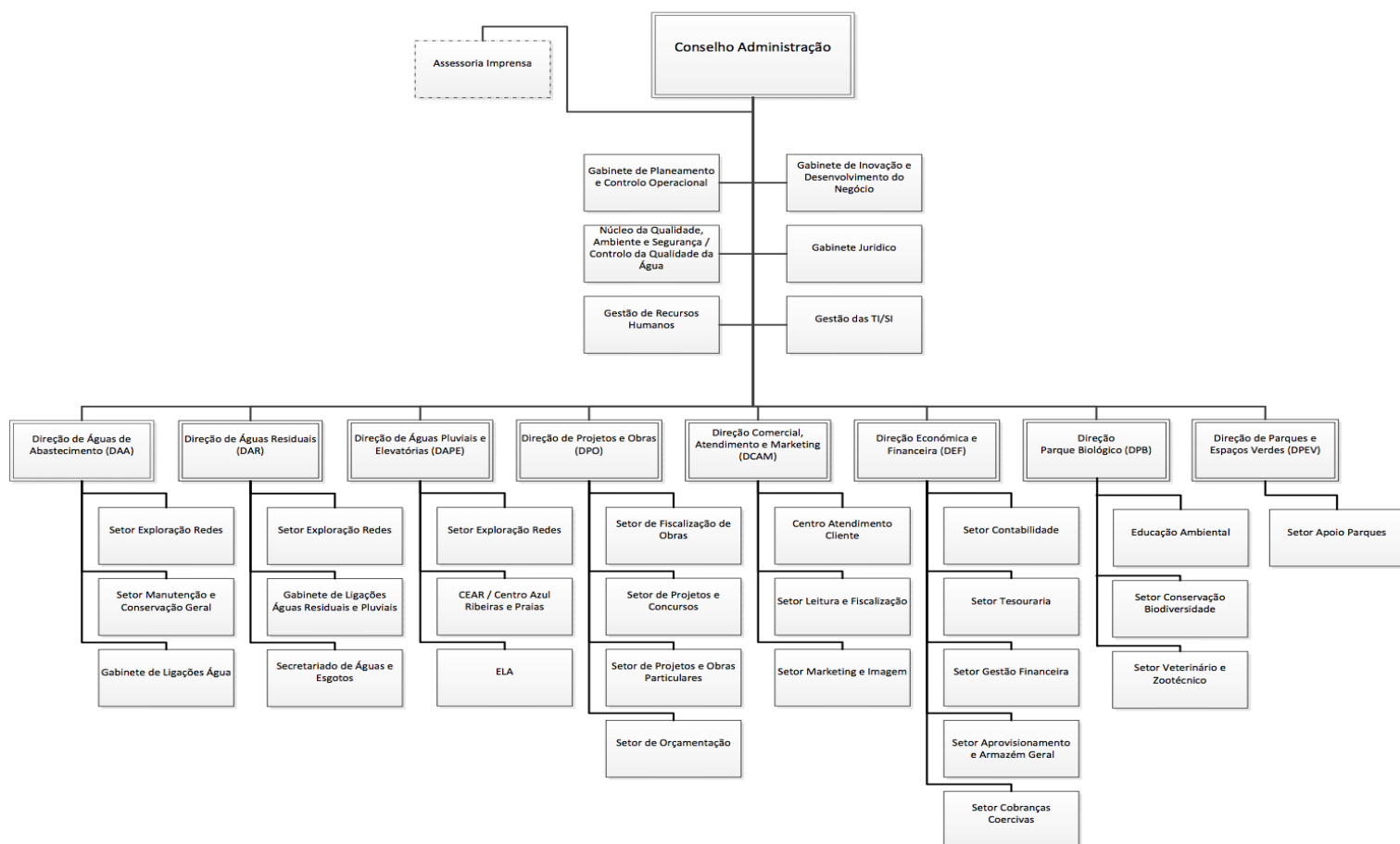


Figura I.1 – Organigrama da Águas de Gaia, EEM.

ANEXO II – DADOS DE PRECIPITAÇÃO

Neste anexo estão presentes todos os dados relativos à precipitação, os dados foram obtidos do sítio da internet WindGuru, obtidos de previsões baseadas no modelo GFS 27 km, este modelo meteorológico disponibiliza previsões acumuladas de 3 em 3 horas. São também apresentados os valores diários, obtidos pela soma dos valores correspondentes a cada dia, e os valores mensais de precipitação obtidos pela soma de todas as previsões de 3 em 3 horas correspondentes a esse mês. Como dias de chuva consideram-se apenas aqueles com precipitação acima de 0,5 mm. A percentagem de dias é calculada pelo número de dias com precipitação a dividir pelo número de dias considerado (neste caso 365 dias).

Tabela II.1 – Dados de precipitação de anuais de 2013.

GFS 27 km		
Nº dias	% dias	Precipitação total
128	35%	1704,7 mm/ano

Tabela II.2 – Dados de precipitação de janeiro e fevereiro de 2013.

jan-13	Precipitação (mm/3h)								Total mm/dia	fev-13	Precipitação (mm/3h)								Total mm/dia
	00h	03h	06h	09h	12h	15h	18h	21h			00h	03h	06h	09h	12h	15h	18h	21h	
1									0	1					0,6	7,9	2	10,5	
2									0	2	0,3							0,3	
3									0	3								0	
4									0	4								0	
5									0	5								0	
6									0	6								0	
7									0	7								0	
8							0,3	1	1,3	8								0	
9	0,3	0,9	1,4	1,1	2,3	1,1	0,4		7,5	9							0		
10	0,5			0,6	0,6				1,7	10			0,3	4	5,3	2,1	2,1	2,2	16
11								1,2	1,2	11	1,9	1,4	1	1,1	0,9	0,7	0,6	0,4	8
12	0,5	1,1	1	0,4	1,1	2	2,1	2	10,2	12								0	
13	1,4	0,9	1,2	0,8					4,3	13								0	
14									0	14								0	
15									0	15								0	
16	0,3	0,6	0,8	8,7	11,7	6	0,3		28,4	16								0	
17					0,6	1,8	3,3	6,2	11,9	17		0,4	0,5	3,1	4,2	5,5	0,8	0,7	15,2
18	6,5	1,5	2,5	6,4	8,1	6,5	10,8	17,4	59,7	18	0,4	0,7	0,3					1,4	
19	10,8	4,7	3,4	4,8	1,3	1,2	0,3		26,5	19					0,4	0,3		0,7	
20					2,5	8,7	1,9	0,4	13,5	20								0,9	0,9
21	0,4	1	0,4				0,5	1,2	3,5	21	1	1,5	0,9	0,9	0,5	1,1	3,8	4,4	14,1
22	3,5	8,5	3,8	2,5	2,1	3,1	4,2	2,4	30,1	22	1,4	1,1	1,4	3,5	5,9	4	3,2	3	23,5
23	0,6			1,1	2,7	5,6	2,3	1,3	13,6	23								0	
24	1,5	1,2	0,6						3,3	24								0	
25	2,1	5	3,7	1,5	0,8	0,8	0,6	0,4	14,9	25								0	
26									0	26								0	
27		1,6	2,7	2,3	4,4	5,7			16,7	27					0,5			0,5	
28									0	28								0	
29						0,4	0,3		0,7	Precipitação Total Mensal (mm/mês)								91,1	
30									0										
31									0										
Precipitação Total Mensal (mm/mês)									249										

Tabela II.3 – Dados de precipitação de março e abril de 2013.

mar-13	Precipitação (mm/3h)								Total mm/dia	abr-13	Precipitação (mm/3h)								Total mm/dia
	00h	03h	06h	09h	12h	15h	18h	21h			00h	03h	06h	09h	12h	15h	18h	21h	
1									0	1	1,7	1	1,9	2,7	3,1	4,2	3,1	4,1	21,8
2									0	2	5,7	3,7	2,3	1,2	0,6				13,5
3									0	3			0,5	1,9	1,6	2	1,7	1,4	9,1
4						0,7	1,5		2,2	4					0,3				0,3
5		0,3					1,5	1,6	0,3	5									3,7
6	0,8	0,8	1,5	2,1	1,9	2,5	8	8,5	26,1	6									0
7	1,8	0,8	2,4	6,8	8,3	4,3	1,9	1,2	27,5	7			0,6	2	1,9				4,5
8	0,7	0,9	4,6	5,2	1,8	0,6	0,3	1,1	15,2	8		0,7	1,4	0,7	0,4			0,4	3,6
9	4,4	5,4	2,1	1,7	4,5	5,3	3,7	5,9	33	9	1,6	2,3	2,2	0,3					6,4
10	3,6	3	4,5	4,3	2,5	3,1	4,2	4	29,2	10			0,6	1,4	2,1	1,1	1	1,8	8
11	1,4	2,9	4,1	3,1	2,2	2,2	2,1	1,7	19,7	11	2,9	7,4	15,5	14,4	2,1	0,5	0,3	0,5	43,6
12	0,3			0,6	1,8	3,1	0,8		6,6	12	0,5	0,6	0,5	0,9	0,9	0,9	0,5		4,8
13									0	13									0
14									0	14									0
15									0	15									0
16	0,9	2,3	2,8	0,3		0,5	4,4	4,3	15,5	16									0
17	3,2	1,5	0,4	0,7					5,8	17									0
18									0	18									0
19									0	19									0
20									0	20									0
21								1,2	1,2	21									0
22	3,8	2	2,9	3	2	2,1	1,3	1,3	18,4	22									0
23	2	2,7	2,3	2,1	0,5	1,3	0,5	1,6	13	23									0
24	2,1	3,5	3,2	3,1	1,6	1,2	0,6		15,3	24									0
25		3,8	11	16,4	13,1	9,2	5,1	0,8	59,4	25									0
26	0,9	3,3	5,2	7,2	8	7,5	2,8	2,3	37,2	26									0
27	1,1	0,9	0,4	2,6	3,1	1,3	1,7	0,6	11,7	27									0
28		1,7	0,5	0,5			2,8	9,7	15,2	28									0
29	11,2	6	6,7	10,8	10,8	5,3	2,3	1,3	54,4	29									0
30	1,1	1,2	1	0,7	0,3				4,3	30	0,4	0,7	1						2,1
31		0,3	0,6	0,8	0,6	6,9	8,9	2,2	20,3	Precipitação Total Mensal (mm/mês)								117,7	
Precipitação Total Mensal (mm/mês)									434,9										

Tabela II.4 – Dados de precipitação de maio e junho de 2013.

mai-13	Precipitação (mm/3h)								Total mm/dia	jun-13	Precipitação (mm/3h)								Total mm/dia
	00h	03h	06h	09h	12h	15h	18h	21h			00h	03h	06h	09h	12h	15h	18h	21h	
1									0	1								0	
2									0	2								0	
3									0	3								0	
4									0	4								0	
5									0	5								0	
6					0,4	0,7	2,2	1,2	4,5	6				0,3		0,3		0,6	
7	0,5	0,8	0,9	0,7				1,3	4,2	7		1,5	0,8	0,3		0,4		3	
8	1,6	1,3	1,1	1,5	0,3				5,8	8					0,5	0,7		1,2	
9	0,9	1,6	0,4						2,9	9	0,4		0,4					0,8	
10									0	10								0	
11									0	11	0,4	0,6	0,5	0,6				2,1	
12									0	12								0	
13									0	13								0	
14									0	14								0	
15	1,1	0,8							1,9	15								0	
16					0,4	2,2	3	1,5	7,1	16							1,1	1,1	
17	1,1	1,9	3,3	1,5	1,6	1,7	1,1		12,2	17	1,4	1,3		0,3	1,5	3,7	7,3	15,5	
18					0,5	1,1	1,4	0,9	3,9	18	4,8	1,7						6,5	
19	0,7	0,3							1	19								0	
20									0	20								0	
21									0	21								0	
22									0	22								0	
23									0	23								0	
24									0	24								0	
25									0	25								0	
26									0	26								0	
27								0,3	0,3	27								0	
28	1,8	0,7							2,5	28								0	
29				0,3	1,8	3,6	1,8		7,5	29								0	
30									0	30								0	
31									0									0	
Precipitação Total Mensal (mm/mês)									53,8	Precipitação Total Mensal (mm/mês)									30,8

Tabela II.5 – Dados de precipitação de julho e agosto de 2013.

jul-13	Precipitação (mm/3h)								Total mm/dia	ago-13	Precipitação (mm/3h)								Total mm/dia
	00h	03h	06h	09h	12h	15h	18h	21h			00h	03h	06h	09h	12h	15h	18h	21h	
1									0	1								0	
2									0	2	0,4		0,3	0,3				1	
3									0	3								0	
4									0	4								0	
5									0	5								0	
6									0	6								0	
7									0	7			0,3					0,3	
8									0	8								0	
9									0	9								0	
10									0	10								0	
11									0	11								0	
12									0	12								0	
13		0,3							0,3	13								0	
14									0	14								0	
15									0	15								0	
16									0	16								0	
17									0	17								0	
18									0	18								0	
19									0	19								0	
20									0	20								0	
21									0	21								0	
22									0	22								0	
23									0	23								0	
24									0	24								0	
25									0	25								0	
26									0	26								0	
27				0,6				1	1,6	27								0	
28	1,3	1,2	1	3,1	4,1	5,2	1,4		17,3	28								0	
29									0	29								0	
30									0	30								0	
31									0	31								0	
Precipitação Total Mensal (mm/mês)									19,2	Precipitação Total Mensal (mm/mês)									1,3

Tabela II.6 – Dados de precipitação de setembro e outubro de 2013.

set-13	Precipitação (mm/3h)								Total mm/dia
	00h	03h	06h	09h	12h	15h	18h	21h	
1									0
2									0
3									0
4								0,5	0,5
5	0,9	2,3	0,8	0,3					4,3
6									0
7									0
8									0
9									0
10									0
11									0
12									0
13									0
14									0
15									0
16									0
17									0
18									0
19									0
20									0
21									0
22									0
23									0
24								0,5	0,5
25		0,4	1,8	1,1					3,3
26									0
27	0,7	1,9	3,2	4,9	2,3	1,6	3,1	4,6	22,3
28	6,5	11,8	5,6	2,7	3,7	3,9	2,7	1,9	38,8
29	1,7	1,9	1,5	1	1,2	0,9	0,8	1,3	10,3
30	0,5	0,6			1,6	2,1	6,4	12,6	23,8
Precipitação Total Mensal (mm/mês)									103,8

out-13	Precipitação (mm/3h)								Total mm/dia
	00h	03h	06h	09h	12h	15h	18h	21h	
1	7,3	5,7	4,9	1,5	0,4				19,8
2					0,3		3,4	6,7	10,4
3	1,9	2,7	1,2	1,7	2	2,1	1,1	0,9	13,6
4	1,1	1			0,3				2,4
5									0
6									0
7									0
8									0
9									0
10									0
11									0
12									0
13					0,6	4,5	2	1,1	8,2
14	0,9	0,8	0,8	1,2	1,3	1,5	1,2	0,3	8
15		0,9	2,3	1,8	1	0,6			6,6
16				0,4	1,6	2,4	0,7		5,1
17									0
18					2,9	9,3	12	6,5	30,7
19	1,5	1,5	1	2,8	1,8	1,8	1,2	1	12,6
20	0,7	1,1	0,8	1,3	1,1	1,1	1,2	1	8,3
21	1,1	1,4	2	1,7	2,9	2,4	4,8	23,3	39,6
22	24,9	2,3	2	5,3	3	3	3,2	4,3	48
23	2,6	2	1,1	0,3	0,4	0,9	1,9	1,3	10,5
24	0,7	1,1	1,6	10,5	13,3	5,7	2	0,5	35,4
25	1,1	1,9	1,6	2,6	1		0,8		9
26									0
27									0
28			8,2	9,2					17,4
29		0,4							0,4
30									0
31									0
Precipitação Total Mensal (mm/mês)									286

Tabela II.7 – Dados de precipitação de novembro e dezembro de 2013.

nov-13	Precipitação (mm/3h)								Total mm/dia
	00h	03h	06h	09h	12h	15h	18h	21h	
1					0,3	1	1		2,3
2	0,8	2,2	3,9	3,2	3,9	2,7	1,6	0,6	18,9
3									0
4		0,8	0,9	2,5	5	1,7	1,1	0,7	12,7
5	0,8	0,7	1	0,6	0,3	0,6	1	0,5	5,5
6		0,3		0,3		0,3			0,9
7					0,3		0,9	1,2	2,4
8	3,3	5	0,4		0,7	0,5			9,9
9						1,2	1,1		2,3
10									0
11									0
12									0
13									0
14									0
15									0
16			0,8						0,8
17									0
18									0
19									0
20									0
21									0
22	0,3		0,6						0,9
23									0
24									0
25									0
26									0
27									0
28									0
29									0
30									0
Precipitação Total Mensal (mm/mês)									56,6

dez-13	Precipitação (mm/3h)								Total mm/dia	
	00h	03h	06h	09h	12h	15h	18h	21h		
1									0	
2									0	
3									0	
4									0	
5									0	
6									0	
7									0	
8									0	
9									0	
10									0	
11									0	
12							0,4	0,7	1,6	2,7
13	1,7	0,5	0,5		0,5	3,5	0,8		7,5	
14									0	
15									0	
16									0	
17		0,7	2,2	2,5	1				6,4	
18							3,1	8,7	9,2	21
19	15,1	7,7	1	2	3,4	2,5	1,6		33,3	
20									0	
21									0	
22	0,4		0,3	0,4					1,1	
23								1,1	1,1	
24	2,1	7,1	12,8	19,5	29,5	11,9	3,2	2,7	88,8	
25	4,1	4,4	3,6	3,7	3,1	2,5	2,1	1,8	25,3	
26	1,4	0,7				2,1	3,4	1,3	8,9	
27	2,8	2,3	2	2,5	2,6	2,9	4,6	8,7	28,4	
28	1,2	1,4	1,6	1,3	1,4	1,4	0,7	0,4	9,4	
29									0	
30					0,4	5,1	3,4	2,8	11,7	
Precipitação Total Mensal (mm/mês)									260,5	

ANEXO III – ANÁLISES TEMPORAIS

Seguidamente exhibe-se as análises temporais realizadas.

Tabela III.1 – Análise mensal caudal residual vs caudal afluente.

Mês	Fator de multiplicação	Consumo (m ³ /mês)	Água Residual (m ³ /mês)	Afluente (m ³ /mês)
Jan	1,1	19800,93	6296,81	15520
Fev	0,7	12600,59	4007,06	9715
Mar	1	18000,84	5724,38	17666
Abr	0,8	14400,67	4579,50	14205
Mai	0,95	17100,80	5438,16	7896
Jun	1,2	21601,01	6869,25	6329
Jul	1,15	20700,97	6583,03	5558
Ago	1,1	19800,93	6296,81	5199
Set	1,15	20700,97	6583,03	7090
Out	1,05	18900,88	6010,59	7742
Nov	1	18000,84	5724,38	7938
Dez	0,8	14400,67	4579,50	13588
TOTAL (m³/ano)		216010,10	68692,51	118446,00

Tabela III.2 – Análise mensal caudal residual vs precipitação.

Mês	Caudal Afluente (m ³ /mês)	Precipitação (mm/mês)
Jan	15520	249
Fev	9715	91,1
Mar	17666	434,9
Abr	14205	117,7
Mai	7896	53,8
Jun	6329	30,8
Jul	5558	19,2
Ago	5199	1,3
Set	7090	103,8
Out	7742	286
Nov	7938	56,6
Dez	13588	260,5

Tabela III.3 – Análise semanal caudal residual vs precipitação.

Semana	Caudal Afluente (m ³ /semana)	Precipitação (mm/semana)	Semana	Caudal Afluente (m ³ /semana)	Precipitação (mm/semana)
1	1323	0	28	1232	0,3
2	1842	21,9	29	1260	0
3	5400	130,8	30	1248	1,6
4	4214	78,9	31	1216	18,3
5	3743	28,2	32	1300	0,3
6	2313	0	33	1149	0
7	2387	24	34	1142	0
8	2635	55,8	35	1115	0
9	1919	0,5	36	1315	4,8
10	2128	107,7	37	1160	0
11	2195	71	38	1158	0
12	2395	38,4	39	2335	64,9
13	9837	197,5	40	2016	80,3
14	4614	65	41	1114	0
15	4452	70,9	42	1912	71,2
16	2666	0	43	2270	150,8
17	2298	0	44	2250	39
18	1818	2,1	45	2287	33,7
19	2044	17,4	46	2052	0,8
20	2044	25,1	47	1308	0,9
21	1429	1	48	1593	0
22	1554	10,3	49	1682	0
23	1452	4,8	50	1631	10,2
24	1285	2,9	51	2549	60,7
25	1944	23,1	52	5724	163
26	1241	0	53	2002	26,6
27	1254	0			

Tabela III.4 – Análise diária caudal residual vs precipitação dos meses de janeiro a março.

Data	Caudal Afluente (m³/dia)	Precipitação (mm/dia)	Data	Caudal Afluente (m³/dia)	Precipitação (mm/dia)	Data	Caudal Afluente (m³/dia)	Precipitação (mm/dia)
1-jan	202	0	1-fev	408	10,5	1-mar	268	0
2-jan	311	0	2-fev	594	0,3	2-mar	273	0
3-jan	288	0	3-fev	338	0	3-mar	238	0
4-jan	254	0	4-fev	298	0	4-mar	226	2,2
5-jan	268	0	5-fev	281	0	5-mar	276	3,7
6-jan	238	0	6-fev	361	0	6-mar	376	26,1
7-jan	235	0	7-fev	370	0	7-mar	407	27,5
8-jan	231	1,3	8-fev	312	0	8-mar	216	15,2
9-jan	302	7,5	9-fev	353	0	9-mar	389	33
10-jan	244	1,7	10-fev	548	16	10-mar	350	29,2
11-jan	176	1,2	11-fev	421	8	11-mar	253	19,7
12-jan	416	10,2	12-fev	348	0	12-mar	240	6,6
13-jan	311	4,3	13-fev	194	0	13-mar	262	0
14-jan	237	0	14-fev	241	0	14-mar	200	0
15-jan	257	0	15-fev	344	0	15-mar	304	0
16-jan	631	28,4	16-fev	291	0	16-mar	586	15,5
17-jan	418	11,9	17-fev	450	15,2	17-mar	307	5,8
18-jan	1.624	59,7	18-fev	371	1,4	18-mar	249	0
19-jan	1.922	26,5	19-fev	261	0,7	19-mar	181	0
20-jan	841	13,5	20-fev	345	0,9	20-mar	236	0
21-jan	386	3,5	21-fev	340	14,1	21-mar	392	1,2
22-jan	732	30,1	22-fev	552	23,5	22-mar	359	18,4
23-jan	893	13,6	23-fev	316	0	23-mar	671	13
24-jan	361	3,3	24-fev	277	0	24-mar	956	15,3
25-jan	691	14,9	25-fev	301	0	25-mar	1.331	59,4
26-jan	310	0	26-fev	267	0	26-mar	746	37,2
27-jan	994	16,7	27-fev	275	0,5	27-mar	799	11,7
28-jan	529	0	28-fev	258	0	28-mar	2.783	15,2
29-jan	399	0,7				29-mar	2.192	54,4
30-jan	407	0				30-mar	1.030	4,3
31-jan	412	0				31-mar	570	20,3

Tabela III.5 – Análise diária caudal residual vs precipitação dos meses de abril a junho.

Data	Caudal Afluente (m ³ /dia)	Precipitação (mm/dia)	Data	Caudal Afluente (m ³ /dia)	Precipitação (mm/dia)	Data	Caudal Afluente (m ³ /dia)	Precipitação (mm/dia)
1-abr	835	21,8	1-mai	238	0	1-jun	248	0
2-abr	835	13,5	2-mai	229	0	2-jun	199	0
3-abr	835	9,1	3-mai	281	0	3-jun	163	0
4-abr	560	0,3	4-mai	325	0	4-jun	178	0
5-abr	477	0	5-mai	275	0	5-jun	195	0
6-abr	502	0	6-mai	314	4,5	6-jun	219	0,6
7-abr	477	4,5	7-mai	280	4,2	7-jun	216	3
8-abr	439	3,6	8-mai	348	5,8	8-jun	282	1,2
9-abr	494	6,4	9-mai	275	2,9	9-jun	179	0,8
10-abr	1.009	8	10-mai	276	0	10-jun	180	0
11-abr	1.005	43,6	11-mai	276	0	11-jun	148	2,1
12-abr	515	4,8	12-mai	269	0	12-jun	128	0
13-abr	513	0	13-mai	231	0	13-jun	238	0
14-abr	455	0	14-mai	290	0	14-jun	211	0
15-abr	346	0	15-mai	208	1,9	15-jun	201	0
16-abr	335	0	16-mai	522	7,1	16-jun	305	1,1
17-abr	375	0	17-mai	248	12,2	17-jun	701	15,5
18-abr	384	0	18-mai	276	3,9	18-jun	175	6,5
19-abr	372	0	19-mai	229	1	19-jun	178	0
20-abr	399	0	20-mai	217	0	20-jun	163	0
21-abr	386	0	21-mai	214	0	21-jun	204	0
22-abr	325	0	22-mai	199	0	22-jun	218	0
23-abr	336	0	23-mai	191	0	23-jun	173	0
24-abr	294	0	24-mai	193	0	24-jun	192	0
25-abr	316	0	25-mai	186	0	25-jun	137	0
26-abr	329	0	26-mai	257	0	26-jun	212	0
27-abr	312	0	27-mai	197	0,3	27-jun	161	0
28-abr	294	0	28-mai	189	2,5	28-jun	192	0
29-abr	247	0	29-mai	275	7,5	29-jun	174	0
30-abr	204	2,1	30-mai	200	0	30-jun	159	0
			31-mai	188	0			

Tabela III.6 – Análise diária caudal residual vs precipitação dos meses de julho a setembro.

Data	Caudal Afluente (m ³ /dia)	Precipitação (mm/dia)	Data	Caudal Afluente (m ³ /dia)	Precipitação (mm/dia)	Data	Caudal Afluente (m ³ /dia)	Precipitação (mm/dia)
1-jul	167	0	1-ago	187	0	1-set	167	0
2-jul	170	0	2-ago	114	1	2-set	149	0
3-jul	171	0	3-ago	192	0	3-set	155	0
4-jul	182	0	4-ago	163	0	4-set	299	0,5
5-jul	219	0	5-ago	173	0	5-set	170	4,3
6-jul	186	0	6-ago	177	0	6-set	171	0
7-jul	180	0	7-ago	200	0,3	7-set	204	0
8-jul	171	0	8-ago	168	0	8-set	152	0
9-jul	181	0	9-ago	206	0	9-set	161	0
10-jul	171	0	10-ago	213	0	10-set	154	0
11-jul	184	0	11-ago	161	0	11-set	152	0
12-jul	151	0	12-ago	169	0	12-set	169	0
13-jul	194	0,3	13-ago	180	0	13-set	166	0
14-jul	169	0	14-ago	159	0	14-set	206	0
15-jul	169	0	15-ago	159	0	15-set	166	0
16-jul	173	0	16-ago	158	0	16-set	153	0
17-jul	140	0	17-ago	163	0	17-set	147	0
18-jul	180	0	18-ago	166	0	18-set	177	0
19-jul	174	0	19-ago	159	0	19-set	172	0
20-jul	255	0	20-ago	163	0	20-set	145	0
21-jul	175	0	21-ago	139	0	21-set	198	0
22-jul	166	0	22-ago	141	0	22-set	216	0
23-jul	157	0	23-ago	185	0	23-set	142	0
24-jul	162	0	24-ago	189	0	24-set	151	0,5
25-jul	320	0	25-ago	165	0	25-set	159	3,3
26-jul	108	0	26-ago	162	0	26-set	675	0
27-jul	160	1,6	27-ago	154	0	27-set	801	22,3
28-jul	202	17,3	28-ago	142	0	28-set	191	38,8
29-jul	170	0	29-ago	151	0	29-set	142	10,3
30-jul	170	0	30-ago	168	0	30-set	980	23,8
31-jul	181	0	31-ago	173	0			

Tabela III.7 – Análise diária caudal residual vs precipitação dos meses de outubro a dezembro.

Data	Caudal Afluente (m³/dia)	Precipitação (mm/dia)	Data	Caudal Afluente (m³/dia)	Precipitação (mm/dia)	Data	Caudal Afluente (m³/dia)	Precipitação (mm/dia)
1-out	281	19,8	1-nov	299	2,3	1-dez	243	0
2-out	262	10,4	2-nov	399	18,9	2-dez	204	0
3-out	125	13,6	3-nov	344	0	3-dez	233	0
4-out	116	2,4	4-nov	356	12,7	4-dez	283	0
5-out	110	0	5-nov	271	5,5	5-dez	216	0
6-out	152	0	6-nov	287	0,9	6-dez	209	0
7-out	186	0	7-nov	400	2,4	7-dez	294	0
8-out	182	0	8-nov	305	9,9	8-dez	237	0
9-out	194	0	9-nov	324	2,3	9-dez	198	0
10-out	138	0	10-nov	275	0	10-dez	199	0
11-out	112	0	11-nov	241	0	11-dez	223	0
12-out	150	0	12-nov	238	0	12-dez	206	2,7
13-out	192	8,2	13-nov	282	0	13-dez	307	7,5
14-out	328	8	14-nov	254	0	14-dez	261	0
15-out	206	6,6	15-nov	226	0	15-dez	218	0
16-out	161	5,1	16-nov	536	0,8	16-dez	235	0
17-out	182	0	17-nov	207	0	17-dez	206	6,4
18-out	566	30,7	18-nov	177	0	18-dez	1.068	21
19-out	277	12,6	19-nov	190	0	19-dez	368	33,3
20-out	252	8,3	20-nov	92	0	20-dez	220	0
21-out	406	39,6	21-nov	208	0	21-dez	234	0
22-out	180	48	22-nov	130	0,9	22-dez	204	1,1
23-out	411	10,5	23-nov	304	0	23-dez	688	1,1
24-out	410	35,4	24-nov	244	0	24-dez	1.371	88,8
25-out	325	9	25-nov	206	0	25-dez	460	25,3
26-out	286	0	26-nov	225	0	26-dez	700	8,9
27-out	500	0	27-nov	248	0	27-dez	1.569	28,4
28-out	250	17,4	28-nov	209	0	28-dez	732	9,4
29-out	284	0,4	29-nov	191	0	29-dez	526	0
30-out	264	0	30-nov	270	0	30-dez	862	11,7
31-out	254	0				31-dez	614	14,9

ANEXO IV – DADOS DO MÉTODO DO TRIÂNGULO

Tabela IV.1 – Dados para método do triângulo.

% dias	Data	Caudal (m ³ /dia)	% do max	BSF/Qmax
0%	20-11-2013	92	3,31%	7%
1%	26-07-2013	108	3,88%	7%
1%	05-10-2013	110	3,95%	7%
1%	11-10-2013	112	4,02%	7%
1%	02-08-2013	114	4,10%	7%
2%	04-10-2013	116	4,17%	7%
2%	03-10-2013	125	4,49%	7%
2%	12-06-2013	128	4,60%	7%
2%	22-11-2013	130	4,67%	7%
3%	25-06-2013	137	4,92%	7%
3%	10-10-2013	138	4,96%	7%
3%	21-08-2013	139	4,99%	7%
4%	17-07-2013	140	5,03%	7%
4%	22-08-2013	141	5,07%	7%
4%	28-08-2013	142	5,10%	7%
4%	23-09-2013	142	5,10%	7%
5%	29-09-2013	142	5,10%	7%
5%	20-09-2013	145	5,21%	7%
5%	17-09-2013	147	5,28%	7%
5%	11-06-2013	148	5,32%	7%
6%	02-09-2013	149	5,35%	7%
6%	12-10-2013	150	5,39%	7%
6%	12-07-2013	151	5,43%	7%
7%	29-08-2013	151	5,43%	7%
7%	24-09-2013	151	5,43%	7%
7%	08-09-2013	152	5,46%	7%
7%	11-09-2013	152	5,46%	7%
8%	06-10-2013	152	5,46%	7%
8%	16-09-2013	153	5,50%	7%
8%	27-08-2013	154	5,53%	7%
8%	10-09-2013	154	5,53%	7%
9%	03-09-2013	155	5,57%	7%
9%	23-07-2013	157	5,64%	7%
9%	16-08-2013	158	5,68%	7%

Tabela IV.2 – Dados para método do triângulo (continuação).

% dias	Data	Caudal (m ³ /dia)	% do max	BSF/Qmax
10%	30-06-2013	159	5,71%	7%
10%	14-08-2013	159	5,71%	7%
10%	15-08-2013	159	5,71%	7%
10%	19-08-2013	159	5,71%	7%
11%	25-09-2013	159	5,71%	7%
11%	27-07-2013	160	5,75%	7%
11%	27-06-2013	161	5,79%	7%
12%	11-08-2013	161	5,79%	7%
12%	09-09-2013	161	5,79%	7%
12%	16-10-2013	161	5,79%	7%
12%	24-07-2013	162	5,82%	7%
13%	26-08-2013	162	5,82%	7%
13%	03-06-2013	163	5,86%	7%
13%	20-06-2013	163	5,86%	7%
13%	04-08-2013	163	5,86%	7%
14%	17-08-2013	163	5,86%	7%
14%	20-08-2013	163	5,86%	7%
14%	25-08-2013	165	5,93%	7%
15%	22-07-2013	166	5,96%	7%
15%	18-08-2013	166	5,96%	7%
15%	13-09-2013	166	5,96%	7%
15%	15-09-2013	166	5,96%	7%
16%	01-07-2013	167	6,00%	7%
16%	01-09-2013	167	6,00%	7%
16%	08-08-2013	168	6,04%	7%
16%	30-08-2013	168	6,04%	7%
17%	14-07-2013	169	6,07%	7%
17%	15-07-2013	169	6,07%	7%
17%	12-08-2013	169	6,07%	7%
18%	12-09-2013	169	6,07%	7%
18%	02-07-2013	170	6,11%	7%
18%	29-07-2013	170	6,11%	7%
18%	30-07-2013	170	6,11%	7%
19%	05-09-2013	170	6,11%	7%
19%	03-07-2013	171	6,14%	7%
19%	08-07-2013	171	6,14%	7%
19%	10-07-2013	171	6,14%	7%
20%	06-09-2013	171	6,14%	7%
20%	19-09-2013	172	6,18%	7%
20%	23-06-2013	173	6,22%	7%
21%	16-07-2013	173	6,22%	7%
21%	05-08-2013	173	6,22%	7%

Tabela IV.3 – Dados para método do triângulo (continuação).

% dias	Data	Caudal (m³/dia)	% do max	BSF/Qmax
21%	31-08-2013	173	6,22%	7%
21%	29-06-2013	174	6,25%	7%
22%	19-07-2013	174	6,25%	7%
22%	18-06-2013	175	6,29%	7%
22%	21-07-2013	175	6,29%	7%
22%	11-01-2013	176	6,32%	7%
23%	06-08-2013	177	6,36%	7%
23%	18-09-2013	177	6,36%	7%
23%	18-11-2013	177	6,36%	7%
24%	04-06-2013	178	6,40%	7%
24%	19-06-2013	178	6,40%	7%
24%	09-06-2013	179	6,43%	7%
24%	10-06-2013	180	6,47%	7%
25%	07-07-2013	180	6,47%	7%
25%	18-07-2013	180	6,47%	7%
25%	13-08-2013	180	6,47%	7%
25%	22-10-2013	180	6,47%	7%
26%	19-03-2013	181	6,50%	7%
26%	09-07-2013	181	6,50%	7%
26%	31-07-2013	181	6,50%	7%
27%	04-07-2013	182	6,54%	7%
27%	08-10-2013	182	6,54%	7%
27%	17-10-2013	182	6,54%	7%
27%	11-07-2013	184	6,61%	7%
28%	23-08-2013	185	6,65%	7%
28%	25-05-2013	186	6,68%	7%
28%	06-07-2013	186	6,68%	7%
28%	07-10-2013	186	6,68%	7%
29%	01-08-2013	187	6,72%	7%
29%	31-05-2013	188	6,76%	7%
29%	28-05-2013	189	6,79%	7%
30%	24-08-2013	189	6,79%	7%
30%	19-11-2013	190	6,83%	7%
30%	23-05-2013	191	6,86%	7%
30%	28-09-2013	191	6,86%	7%
31%	29-11-2013	191	6,86%	7%
31%	24-06-2013	192	6,90%	7%
31%	28-06-2013	192	6,90%	7%
32%	03-08-2013	192	6,90%	7%
32%	13-10-2013	192	6,90%	7%
32%	24-05-2013	193	6,93%	7%
32%	13-02-2013	194	6,97%	7%

Tabela IV.4 – Dados para método do triângulo (continuação).

% dias	Data	Caudal (m ³ /dia)	% do max	BSF/Qmax
33%	13-07-2013	194	6,97%	7%
33%	09-10-2013	194	6,97%	7%
33%	05-06-2013	195	7,01%	7%
33%	27-05-2013	197	7,08%	7%
34%	21-09-2013	198	7,11%	7%
34%	09-12-2013	198	7,11%	7%
34%	22-05-2013	199	7,15%	7%
35%	02-06-2013	199	7,15%	7%
35%	10-12-2013	199	7,15%	7%
35%	14-03-2013	200	7,19%	7%
35%	30-05-2013	200	7,19%	7%
36%	07-08-2013	200	7,19%	7%
36%	15-06-2013	201	7,22%	7%
36%	01-01-2013	202	7,26%	7%
36%	28-07-2013	202	7,26%	7%
37%	30-04-2013	204	7,33%	7%
37%	21-06-2013	204	7,33%	7%
37%	07-09-2013	204	7,33%	7%
38%	02-12-2013	204	7,33%	7%
38%	22-12-2013	204	7,33%	7%
38%	09-08-2013	206	7,40%	7%
38%	14-09-2013	206	7,40%	7%
39%	15-10-2013	206	7,40%	7%
39%	25-11-2013	206	7,40%	7%
39%	12-12-2013	206	7,40%	7%
39%	17-12-2013	206	7,40%	7%
40%	17-11-2013	207	7,44%	7%
40%	15-05-2013	208	7,47%	7%
40%	21-11-2013	208	7,47%	7%
41%	28-11-2013	209	7,51%	7%
41%	06-12-2013	209	7,51%	7%
41%	14-06-2013	211	7,58%	7%
41%	26-06-2013	212	7,62%	7%
42%	10-08-2013	213	7,65%	7%
42%	21-05-2013	214	7,69%	7%
42%	08-03-2013	216	7,76%	7%
42%	07-06-2013	216	7,76%	7%
43%	22-09-2013	216	7,76%	7%
43%	05-12-2013	216	7,76%	7%
43%	20-05-2013	217	7,80%	7%

Tabela IV.5 – Dados para método do triângulo (continuação).

% dias	Data	Caudal (m³/dia)	% do max	BSF/Qmax
44%	22-06-2013	218	7,83%	7%
44%	15-12-2013	218	7,83%	7%
44%	06-06-2013	219	7,87%	7%
44%	05-07-2013	219	7,87%	7%
45%	20-12-2013	220	7,91%	7%
45%	11-12-2013	223	8,01%	7%
45%	26-11-2013	225	8,08%	7%
45%	04-03-2013	226	8,12%	7%
46%	15-11-2013	226	8,12%	7%
46%	02-05-2013	229	8,23%	7%
46%	19-05-2013	229	8,23%	7%
47%	08-01-2013	231	8,30%	7%
47%	13-05-2013	231	8,30%	7%
47%	03-12-2013	233	8,37%	7%
47%	21-12-2013	234	8,41%	7%
48%	07-01-2013	235	8,44%	7%
48%	16-12-2013	235	8,44%	7%
48%	20-03-2013	236	8,48%	7%
48%	14-01-2013	237	8,52%	7%
49%	08-12-2013	237	8,52%	7%
49%	06-01-2013	238	8,55%	7%
49%	03-03-2013	238	8,55%	7%
50%	01-05-2013	238	8,55%	7%
50%	13-06-2013	238	8,55%	7%
50%	12-11-2013	238	8,55%	7%
50%	12-03-2013	240	8,62%	7%
51%	14-02-2013	241	8,66%	7%
51%	11-11-2013	241	8,66%	7%
51%	01-12-2013	243	8,73%	7%
52%	10-01-2013	244	8,77%	7%
52%	24-11-2013	244	8,77%	7%
52%	29-04-2013	247	8,88%	7%
52%	17-05-2013	248	8,91%	7%
53%	01-06-2013	248	8,91%	7%
53%	27-11-2013	248	8,91%	7%
53%	18-03-2013	249	8,95%	7%
53%	28-10-2013	250	8,98%	7%
54%	20-10-2013	252	9,05%	7%
54%	11-03-2013	253	9,09%	7%
54%	04-01-2013	254	9,13%	7%

Tabela IV.6 – Dados para método do triângulo (continuação).

% dias	Data	Caudal (m ³ /dia)	% do max	BSF/Qmax
55%	31-10-2013	254	9,13%	7%
55%	14-11-2013	254	9,13%	7%
55%	20-07-2013	255	9,16%	7%
55%	15-01-2013	257	9,23%	7%
56%	26-05-2013	257	9,23%	7%
56%	28-02-2013	258	9,27%	7%
56%	19-02-2013	261	9,38%	7%
56%	14-12-2013	261	9,38%	7%
57%	13-03-2013	262	9,41%	7%
57%	02-10-2013	262	9,41%	7%
57%	30-10-2013	264	9,49%	7%
58%	26-02-2013	267	9,59%	7%
58%	05-01-2013	268	9,63%	7%
58%	01-03-2013	268	9,63%	7%
58%	12-05-2013	269	9,67%	7%
59%	30-11-2013	270	9,70%	7%
59%	05-11-2013	271	9,74%	7%
59%	02-03-2013	273	9,81%	7%
59%	27-02-2013	275	9,88%	7%
60%	05-05-2013	275	9,88%	7%
60%	09-05-2013	275	9,88%	7%
60%	29-05-2013	275	9,88%	7%
61%	10-11-2013	275	9,88%	7%
61%	05-03-2013	276	9,92%	7%
61%	10-05-2013	276	9,92%	7%
61%	11-05-2013	276	9,92%	7%
62%	18-05-2013	276	9,92%	7%
62%	24-02-2013	277	9,95%	7%
62%	19-10-2013	277	9,95%	7%
62%	07-05-2013	280	10,06%	7%
63%	05-02-2013	281	10,10%	7%
63%	03-05-2013	281	10,10%	7%
63%	01-10-2013	281	10,10%	7%
64%	08-06-2013	282	10,13%	7%
64%	13-11-2013	282	10,13%	7%
64%	04-12-2013	283	10,17%	7%
64%	29-10-2013	284	10,20%	7%
65%	26-10-2013	286	10,28%	7%
65%	06-11-2013	287	10,31%	7%
65%	03-01-2013	288	10,35%	7%
65%	14-05-2013	290	10,42%	7%

Tabela IV.7 – Dados para método do triângulo (continuação).

% dias	Data	Caudal (m³/dia)	% do max	BSF/Qmax
66%	16-02-2013	291	10,46%	7%
66%	24-04-2013	294	10,56%	7%
66%	28-04-2013	294	10,56%	7%
67%	07-12-2013	294	10,56%	7%
67%	04-02-2013	298	10,71%	7%
67%	04-09-2013	299	10,74%	7%
67%	01-11-2013	299	10,74%	7%
68%	25-02-2013	301	10,82%	7%
68%	09-01-2013	302	10,85%	7%
68%	15-03-2013	304	10,92%	7%
68%	23-11-2013	304	10,92%	7%
69%	16-06-2013	305	10,96%	7%
69%	08-11-2013	305	10,96%	7%
69%	17-03-2013	307	11,03%	7%
70%	13-12-2013	307	11,03%	7%
70%	26-01-2013	310	11,14%	7%
70%	02-01-2013	311	11,17%	7%
70%	13-01-2013	311	11,17%	7%
71%	08-02-2013	312	11,21%	7%
71%	27-04-2013	312	11,21%	7%
71%	06-05-2013	314	11,28%	7%
72%	23-02-2013	316	11,35%	7%
72%	25-04-2013	316	11,35%	7%
72%	25-07-2013	320	11,50%	7%
72%	09-11-2013	324	11,64%	7%
73%	22-04-2013	325	11,68%	7%
73%	04-05-2013	325	11,68%	7%
73%	25-10-2013	325	11,68%	7%
73%	14-10-2013	328	11,79%	7%
74%	26-04-2013	329	11,82%	7%
74%	16-04-2013	335	12,04%	7%
74%	23-04-2013	336	12,07%	7%
75%	03-02-2013	338	12,15%	7%
75%	21-02-2013	340	12,22%	7%
75%	15-02-2013	344	12,36%	7%
75%	03-11-2013	344	12,36%	7%
76%	20-02-2013	345	12,40%	7%
76%	15-04-2013	346	12,43%	7%
76%	12-02-2013	348	12,50%	7%
78%	22-03-2013	359	12,90%	7%
78%	24-01-2013	361	12,97%	7%

Tabela IV.8 – Dados para método do triângulo (continuação).

% dias	Data	Caudal (m ³ /dia)	% do max	BSF/Qmax
78%	06-02-2013	361	12,97%	7%
78%	19-12-2013	368	13,22%	7%
79%	07-02-2013	370	13,30%	7%
79%	18-02-2013	371	13,33%	7%
79%	19-04-2013	372	13,37%	7%
79%	17-04-2013	375	13,47%	7%
80%	06-03-2013	376	13,51%	7%
80%	18-04-2013	384	13,80%	7%
80%	21-01-2013	386	13,87%	7%
81%	21-04-2013	386	13,87%	7%
81%	09-03-2013	389	13,98%	7%
81%	21-03-2013	392	14,09%	7%
81%	29-01-2013	399	14,34%	7%
82%	20-04-2013	399	14,34%	7%
82%	02-11-2013	399	14,34%	7%
82%	07-11-2013	400	14,37%	7%
82%	21-10-2013	406	14,59%	7%
83%	30-01-2013	407	14,62%	7%
83%	07-03-2013	407	14,62%	7%
83%	01-02-2013	408	14,66%	7%
84%	24-10-2013	410	14,73%	7%
84%	23-10-2013	411	14,77%	7%
84%	31-01-2013	412	14,80%	7%
84%	12-01-2013	416	14,95%	7%
85%	17-01-2013	418	15,02%	7%
85%	11-02-2013	421	15,13%	7%
85%	08-04-2013	439	15,77%	7%
85%	17-02-2013	450	16,17%	7%
86%	14-04-2013	455	16,35%	7%
86%	25-12-2013	460	16,53%	7%
86%	05-04-2013	477	17,14%	7%
87%	07-04-2013	477	17,14%	7%
87%	09-04-2013	494	17,75%	7%
87%	27-10-2013	500	17,97%	7%
87%	06-04-2013	502	18,04%	7%
88%	13-04-2013	513	18,43%	7%
88%	12-04-2013	515	18,51%	7%
88%	16-05-2013	522	18,76%	7%
88%	29-12-2013	526	18,90%	7%
89%	28-01-2013	529	19,01%	7%
89%	16-11-2013	536	19,26%	7%
89%	10-02-2013	548	19,69%	7%

Tabela IV.9 – Dados para método do triângulo (continuação).

% dias	Data	Caudal (m³/dia)	% do max	BSF/Qmax
90%	22-02-2013	552	19,83%	7%
90%	04-04-2013	560	20,12%	7%
90%	18-10-2013	566	20,34%	7%
90%	31-03-2013	570	20,48%	7%
91%	16-03-2013	586	21,06%	7%
91%	02-02-2013	594	21,34%	7%
91%	31-12-2013	614	22,06%	7%
92%	16-01-2013	631	22,67%	7%
92%	23-03-2013	671	24,11%	7%
92%	26-09-2013	675	24,25%	7%
92%	23-12-2013	688	24,72%	7%
93%	25-01-2013	691	24,83%	7%
93%	26-12-2013	700	25,15%	7%
93%	17-06-2013	701	25,19%	7%
93%	22-01-2013	732	26,30%	7%
94%	28-12-2013	732	26,30%	7%
94%	26-03-2013	746	26,81%	7%
94%	27-03-2013	799	28,71%	7%
95%	27-09-2013	801	28,78%	7%
95%	01-04-2013	835	30,00%	7%
95%	02-04-2013	835	30,00%	7%
95%	03-04-2013	835	30,00%	7%
96%	20-01-2013	841	30,22%	7%
96%	30-12-2013	862	30,97%	7%
96%	23-01-2013	893	32,09%	7%
96%	24-03-2013	956	34,35%	7%
97%	30-09-2013	980	35,21%	7%
97%	27-01-2013	994	35,72%	7%
97%	11-04-2013	1.005	36,11%	7%
98%	10-04-2013	1.009	36,26%	7%
98%	30-03-2013	1.030	37,01%	7%
98%	18-12-2013	1.068	38,38%	7%
98%	25-03-2013	1.331	47,83%	7%
99%	24-12-2013	1.371	49,26%	7%
99%	27-12-2013	1.569	56,38%	7%
99%	18-01-2013	1.624	58,35%	7%
99%	19-01-2013	1.922	69,06%	7%
100%	29-03-2013	2.192	78,76%	7%
100%	28-03-2013	2.783	100,00%	7%

ANEXO V – DADOS DO MÉTODO DA DECOMPOSIÇÃO DO HIDROGRAMA DE ÁGUAS RESIDUAIS

Tabela V.1 – Períodos considerados para cálculo de caudal médio tempo seco com níveis freáticos baixos em m³/dia.

NF baixos	26-06-2013	212	NF baixos	11-08-2013	161
	27-06-2013	161		12-08-2013	169
	28-06-2013	192		13-08-2013	180
	29-06-2013	174		14-08-2013	159
	30-06-2013	159		15-08-2013	159
	01-07-2013	167		16-08-2013	158
	02-07-2013	170		17-08-2013	163
	03-07-2013	171		18-08-2013	166
	04-07-2013	182		19-08-2013	159
	05-07-2013	219		20-08-2013	163
	06-07-2013	186		21-08-2013	139
07-07-2013	180	22-08-2013	141		
08-07-2013	171	23-08-2013	185		
09-07-2013	181	24-08-2013	189		
10-07-2013	171	25-08-2013	165		
Média	180	Média	164		
NF baixos	13-09-2013	166	NF baixos	04-12-2013	283
	14-09-2013	206		05-12-2013	216
	15-09-2013	166		06-12-2013	209
	16-09-2013	153		07-12-2013	294
	17-09-2013	147		08-12-2013	237
	18-09-2013	177		09-12-2013	198
	19-09-2013	172		10-12-2013	199
Média	170	Média	234		

Tabela V.2 – Períodos considerados para cálculo de caudal médio tempo seco com níveis freáticos elevados em m³/dia.

NF elevados	20-04-2013	399
	21-04-2013	386
	22-04-2013	325
	23-04-2013	336
	24-04-2013	294
	25-04-2013	316
	26-04-2013	329
Média	341	

Tabela V.3 – Períodos considerados para cálculo de caudal médio tempo húmido em m³/dia.

17-01-2013	418	27-09-2013	801	22-12-2013	204
18-01-2013	1.624	28-09-2013	191	23-12-2013	688
19-01-2013	1.922	29-09-2013	142	24-12-2013	1.371
20-01-2013	841	30-09-2013	980	25-12-2013	460
21-01-2013	386	01-10-2013	281	26-12-2013	700
22-01-2013	732	02-10-2013	262	27-12-2013	1.569
23-01-2013	893	03-10-2013	125	28-12-2013	732
Média	974	Média	397	Média	818

06-02-2013	361	18-10-2013	566	05-03-2013	276
07-02-2013	370	19-10-2013	277	06-03-2013	376
08-02-2013	312	20-10-2013	252	07-03-2013	407
09-02-2013	353	21-10-2013	406	08-03-2013	216
10-02-2013	548	22-10-2013	180	09-03-2013	389
11-02-2013	421	23-10-2013	411	10-03-2013	350
12-02-2013	348	24-10-2013	410	11-03-2013	253
Média	388	Média	357	Média	324

22-02-2013	552
23-02-2013	316
24-02-2013	277
25-02-2013	301
26-02-2013	267
27-02-2013	275
28-02-2013	258
Média	321

ANEXO VI – DADOS DO MÉTODO DO MÍNIMO MÓVEL

Tabela VI.1 – Dados para método do mínimo móvel.

Data	Caudal (m ³ /dia)	Mínimo Móvel 8 dias	Média BSF	Média Mínimo Móvel
01-01-2013	202	202	188,2	200,7178
02-01-2013	311	202	188,2	200,7178
03-01-2013	288	202	188,2	200,7178
04-01-2013	254	202	188,2	200,7178
05-01-2013	268	202	188,2	200,7178
06-01-2013	238	202	188,2	200,7178
07-01-2013	235	202	188,2	200,7178
08-01-2013	231	202	188,2	200,7178
09-01-2013	302	202	188,2	200,7178
10-01-2013	244	231	188,2	200,7178
11-01-2013	176	176	188,2	200,7178
12-01-2013	416	176	188,2	200,7178
13-01-2013	311	176	188,2	200,7178
14-01-2013	237	176	188,2	200,7178
15-01-2013	257	176	188,2	200,7178
16-01-2013	631	176	188,2	200,7178
17-01-2013	418	176	188,2	200,7178
18-01-2013	1.624	176	188,2	200,7178
19-01-2013	1.922	176	188,2	200,7178
20-01-2013	841	237	188,2	200,7178
21-01-2013	386	237	188,2	200,7178
22-01-2013	732	237	188,2	200,7178
23-01-2013	893	257	188,2	200,7178
24-01-2013	361	361	188,2	200,7178
25-01-2013	691	361	188,2	200,7178
26-01-2013	310	310	188,2	200,7178
27-01-2013	994	310	188,2	200,7178
28-01-2013	529	310	188,2	200,7178
29-01-2013	399	310	188,2	200,7178
30-01-2013	407	310	188,2	200,7178
31-01-2013	412	310	188,2	200,7178
01-02-2013	408	310	188,2	200,7178
02-02-2013	594	310	188,2	200,7178
03-02-2013	338	310	188,2	200,7178

Tabela VI.2 – Dados para método do mínimo móvel (Continuação).

Data	Caudal (m³/dia)	Mínimo Móvel 8 dias	Média BSF	Média Mínimo Móvel
04-02-2013	298	298	188,2	200,7178
05-02-2013	281	281	188,2	200,7178
06-02-2013	361	281	188,2	200,7178
07-02-2013	370	281	188,2	200,7178
08-02-2013	312	281	188,2	200,7178
09-02-2013	353	281	188,2	200,7178
10-02-2013	548	281	188,2	200,7178
11-02-2013	421	281	188,2	200,7178
12-02-2013	348	281	188,2	200,7178
13-02-2013	194	194	188,2	200,7178
14-02-2013	241	194	188,2	200,7178
15-02-2013	344	194	188,2	200,7178
16-02-2013	291	194	188,2	200,7178
17-02-2013	450	194	188,2	200,7178
18-02-2013	371	194	188,2	200,7178
19-02-2013	261	194	188,2	200,7178
20-02-2013	345	194	188,2	200,7178
21-02-2013	340	194	188,2	200,7178
22-02-2013	552	241	188,2	200,7178
23-02-2013	316	261	188,2	200,7178
24-02-2013	277	261	188,2	200,7178
25-02-2013	301	261	188,2	200,7178
26-02-2013	267	261	188,2	200,7178
27-02-2013	275	261	188,2	200,7178
28-02-2013	258	258	188,2	200,7178
01-03-2013	268	258	188,2	200,7178
02-03-2013	273	258	188,2	200,7178
03-03-2013	238	238	188,2	200,7178
04-03-2013	226	226	188,2	200,7178
05-03-2013	276	226	188,2	200,7178
06-03-2013	376	226	188,2	200,7178
07-03-2013	407	226	188,2	200,7178
08-03-2013	216	216	188,2	200,7178
09-03-2013	389	216	188,2	200,7178
10-03-2013	350	216	188,2	200,7178
11-03-2013	253	216	188,2	200,7178
12-03-2013	240	216	188,2	200,7178
13-03-2013	262	216	188,2	200,7178
14-03-2013	200	200	188,2	200,7178
15-03-2013	304	200	188,2	200,7178
16-03-2013	586	200	188,2	200,7178
17-03-2013	307	200	188,2	200,7178
18-03-2013	249	200	188,2	200,7178
19-03-2013	181	181	188,2	200,7178
20-03-2013	236	181	188,2	200,7178

Tabela VI.3 – Dados para método do mínimo móvel (Continuação).

Data	Caudal (m ³ /dia)	Mínimo Móvel 8 dias	Média BSF	Média Mínimo Móvel
21-03-2013	392	181	188,2	200,7178
22-03-2013	359	181	188,2	200,7178
23-03-2013	671	181	188,2	200,7178
24-03-2013	956	181	188,2	200,7178
25-03-2013	1.331	181	188,2	200,7178
26-03-2013	746	181	188,2	200,7178
27-03-2013	799	181	188,2	200,7178
28-03-2013	2.783	236	188,2	200,7178
29-03-2013	2.192	359	188,2	200,7178
30-03-2013	1.030	359	188,2	200,7178
31-03-2013	570	570	188,2	200,7178
01-04-2013	835	570	188,2	200,7178
02-04-2013	835	570	188,2	200,7178
03-04-2013	835	570	188,2	200,7178
04-04-2013	560	560	188,2	200,7178
05-04-2013	477	477	188,2	200,7178
06-04-2013	502	477	188,2	200,7178
07-04-2013	477	477	188,2	200,7178
08-04-2013	439	439	188,2	200,7178
09-04-2013	494	439	188,2	200,7178
10-04-2013	1.009	439	188,2	200,7178
11-04-2013	1.005	439	188,2	200,7178
12-04-2013	515	439	188,2	200,7178
13-04-2013	513	439	188,2	200,7178
14-04-2013	455	439	188,2	200,7178
15-04-2013	346	346	188,2	200,7178
16-04-2013	335	335	188,2	200,7178
17-04-2013	375	335	188,2	200,7178
18-04-2013	384	335	188,2	200,7178
19-04-2013	372	335	188,2	200,7178
20-04-2013	399	335	188,2	200,7178
21-04-2013	386	335	188,2	200,7178
22-04-2013	325	325	188,2	200,7178
23-04-2013	336	325	188,2	200,7178
24-04-2013	294	294	188,2	200,7178
25-04-2013	316	294	188,2	200,7178
26-04-2013	329	294	188,2	200,7178
27-04-2013	312	294	188,2	200,7178
28-04-2013	294	294	188,2	200,7178
29-04-2013	247	247	188,2	200,7178
30-04-2013	204	204	188,2	200,7178
01-05-2013	238	204	188,2	200,7178
02-05-2013	229	204	188,2	200,7178
03-05-2013	281	204	188,2	200,7178
04-05-2013	325	204	188,2	200,7178

Tabela VI.4 – Dados para método do mínimo móvel (Continuação).

Data	Caudal (m ³ /dia)	Mínimo Móvel 8 dias	Média BSF	Média Mínimo Móvel
05-05-2013	275	204	188,2	200,7178
06-05-2013	314	204	188,2	200,7178
07-05-2013	280	204	188,2	200,7178
08-05-2013	348	204	188,2	200,7178
09-05-2013	275	229	188,2	200,7178
10-05-2013	276	229	188,2	200,7178
11-05-2013	276	275	188,2	200,7178
12-05-2013	269	269	188,2	200,7178
13-05-2013	231	231	188,2	200,7178
14-05-2013	290	231	188,2	200,7178
15-05-2013	208	208	188,2	200,7178
16-05-2013	522	208	188,2	200,7178
17-05-2013	248	208	188,2	200,7178
18-05-2013	276	208	188,2	200,7178
19-05-2013	229	208	188,2	200,7178
20-05-2013	217	208	188,2	200,7178
21-05-2013	214	208	188,2	200,7178
22-05-2013	199	199	188,2	200,7178
23-05-2013	191	191	188,2	200,7178
24-05-2013	193	191	188,2	200,7178
25-05-2013	186	186	188,2	200,7178
26-05-2013	257	186	188,2	200,7178
27-05-2013	197	186	188,2	200,7178
28-05-2013	189	186	188,2	200,7178
29-05-2013	275	186	188,2	200,7178
30-05-2013	200	186	188,2	200,7178
31-05-2013	188	186	188,2	200,7178
01-06-2013	248	186	188,2	200,7178
02-06-2013	199	186	188,2	200,7178
03-06-2013	163	163	188,2	200,7178
04-06-2013	178	163	188,2	200,7178
05-06-2013	195	163	188,2	200,7178
06-06-2013	219	163	188,2	200,7178
07-06-2013	216	163	188,2	200,7178
08-06-2013	282	163	188,2	200,7178
09-06-2013	179	163	188,2	200,7178
10-06-2013	180	163	188,2	200,7178
11-06-2013	148	148	188,2	200,7178
12-06-2013	128	128	188,2	200,7178
13-06-2013	238	128	188,2	200,7178
14-06-2013	211	128	188,2	200,7178
15-06-2013	201	128	188,2	200,7178
16-06-2013	305	128	188,2	200,7178
17-06-2013	701	128	188,2	200,7178
18-06-2013	175	128	188,2	200,7178

Tabela VI.5 – Dados para método do mínimo móvel (Continuação).

Data	Caudal (m ³ /dia)	Mínimo Móvel 8 dias	Média BSF	Média Mínimo Móvel
19-06-2013	178	128	188,2	200,7178
20-06-2013	163	128	188,2	200,7178
21-06-2013	204	163	188,2	200,7178
22-06-2013	218	163	188,2	200,7178
23-06-2013	173	163	188,2	200,7178
24-06-2013	192	163	188,2	200,7178
25-06-2013	137	137	188,2	200,7178
26-06-2013	212	137	188,2	200,7178
27-06-2013	161	137	188,2	200,7178
28-06-2013	192	137	188,2	200,7178
29-06-2013	174	137	188,2	200,7178
30-06-2013	159	137	188,2	200,7178
01-07-2013	167	137	188,2	200,7178
02-07-2013	170	137	188,2	200,7178
03-07-2013	171	137	188,2	200,7178
04-07-2013	182	159	188,2	200,7178
05-07-2013	219	159	188,2	200,7178
06-07-2013	186	159	188,2	200,7178
07-07-2013	180	159	188,2	200,7178
08-07-2013	171	159	188,2	200,7178
09-07-2013	181	167	188,2	200,7178
10-07-2013	171	170	188,2	200,7178
11-07-2013	184	171	188,2	200,7178
12-07-2013	151	151	188,2	200,7178
13-07-2013	194	151	188,2	200,7178
14-07-2013	169	151	188,2	200,7178
15-07-2013	169	151	188,2	200,7178
16-07-2013	173	151	188,2	200,7178
17-07-2013	140	140	188,2	200,7178
18-07-2013	180	140	188,2	200,7178
19-07-2013	174	140	188,2	200,7178
20-07-2013	255	140	188,2	200,7178
21-07-2013	175	140	188,2	200,7178
22-07-2013	166	140	188,2	200,7178
23-07-2013	157	140	188,2	200,7178
24-07-2013	162	140	188,2	200,7178
25-07-2013	320	140	188,2	200,7178
26-07-2013	108	108	188,2	200,7178
27-07-2013	160	108	188,2	200,7178
28-07-2013	202	108	188,2	200,7178
29-07-2013	170	108	188,2	200,7178
30-07-2013	170	108	188,2	200,7178

Tabela VI.6 – Dados para método do mínimo móvel (Continuação).

Data	Caudal (m³/dia)	Mínimo Móvel 8 dias	Média BSF	Média Mínimo Móvel
31-07-2013	181	108	188,2	200,7178
01-08-2013	187	108	188,2	200,7178
02-08-2013	114	108	188,2	200,7178
03-08-2013	192	108	188,2	200,7178
04-08-2013	163	114	188,2	200,7178
05-08-2013	173	114	188,2	200,7178
06-08-2013	177	114	188,2	200,7178
07-08-2013	200	114	188,2	200,7178
08-08-2013	168	114	188,2	200,7178
09-08-2013	206	114	188,2	200,7178
10-08-2013	213	114	188,2	200,7178
11-08-2013	161	161	188,2	200,7178
12-08-2013	169	161	188,2	200,7178
13-08-2013	180	161	188,2	200,7178
14-08-2013	159	159	188,2	200,7178
15-08-2013	159	159	188,2	200,7178
16-08-2013	158	158	188,2	200,7178
17-08-2013	163	158	188,2	200,7178
18-08-2013	166	158	188,2	200,7178
19-08-2013	159	158	188,2	200,7178
20-08-2013	163	158	188,2	200,7178
21-08-2013	139	139	188,2	200,7178
22-08-2013	141	139	188,2	200,7178
23-08-2013	185	139	188,2	200,7178
24-08-2013	189	139	188,2	200,7178
25-08-2013	165	139	188,2	200,7178
26-08-2013	162	139	188,2	200,7178
27-08-2013	154	139	188,2	200,7178
28-08-2013	142	139	188,2	200,7178
29-08-2013	151	139	188,2	200,7178
30-08-2013	168	141	188,2	200,7178
31-08-2013	173	142	188,2	200,7178
01-09-2013	167	142	188,2	200,7178
02-09-2013	149	142	188,2	200,7178
03-09-2013	155	142	188,2	200,7178
04-09-2013	299	142	188,2	200,7178
05-09-2013	170	142	188,2	200,7178
06-09-2013	171	149	188,2	200,7178
07-09-2013	204	149	188,2	200,7178
08-09-2013	152	149	188,2	200,7178
09-09-2013	161	149	188,2	200,7178
10-09-2013	154	149	188,2	200,7178
11-09-2013	152	152	188,2	200,7178
12-09-2013	169	152	188,2	200,7178
13-09-2013	166	152	188,2	200,7178

Tabela VI.7 – Dados para método do mínimo móvel (Continuação).

Data	Caudal (m³/dia)	Mínimo Móvel 8 dias	Média BSF	Média Mínimo Móvel
14-09-2013	206	152	188,2	200,7178
15-09-2013	166	152	188,2	200,7178
16-09-2013	153	152	188,2	200,7178
17-09-2013	147	147	188,2	200,7178
18-09-2013	177	147	188,2	200,7178
19-09-2013	172	147	188,2	200,7178
20-09-2013	145	145	188,2	200,7178
21-09-2013	198	145	188,2	200,7178
22-09-2013	216	145	188,2	200,7178
23-09-2013	142	142	188,2	200,7178
24-09-2013	151	142	188,2	200,7178
25-09-2013	159	142	188,2	200,7178
26-09-2013	675	142	188,2	200,7178
27-09-2013	801	142	188,2	200,7178
28-09-2013	191	142	188,2	200,7178
29-09-2013	142	142	188,2	200,7178
30-09-2013	980	142	188,2	200,7178
01-10-2013	281	142	188,2	200,7178
02-10-2013	262	142	188,2	200,7178
03-10-2013	125	125	188,2	200,7178
04-10-2013	116	116	188,2	200,7178
05-10-2013	110	110	188,2	200,7178
06-10-2013	152	110	188,2	200,7178
07-10-2013	186	110	188,2	200,7178
08-10-2013	182	110	188,2	200,7178
09-10-2013	194	110	188,2	200,7178
10-10-2013	138	110	188,2	200,7178
11-10-2013	112	110	188,2	200,7178
12-10-2013	150	110	188,2	200,7178
13-10-2013	192	110	188,2	200,7178
14-10-2013	328	112	188,2	200,7178
15-10-2013	206	112	188,2	200,7178
16-10-2013	161	112	188,2	200,7178
17-10-2013	182	112	188,2	200,7178
18-10-2013	566	112	188,2	200,7178
19-10-2013	277	112	188,2	200,7178
20-10-2013	252	150	188,2	200,7178
21-10-2013	406	161	188,2	200,7178
22-10-2013	180	161	188,2	200,7178
23-10-2013	411	161	188,2	200,7178
24-10-2013	410	161	188,2	200,7178
25-10-2013	325	180	188,2	200,7178
26-10-2013	286	180	188,2	200,7178
27-10-2013	500	180	188,2	200,7178
28-10-2013	250	180	188,2	200,7178

Tabela VI.8 – Dados para método do mínimo móvel (Continuação).

Data	Caudal (m³/dia)	Mínimo Móvel 8 dias	Média BSF	Média Mínimo Móvel
29-10-2013	284	180	188,2	200,7178
30-10-2013	264	180	188,2	200,7178
31-10-2013	254	250	188,2	200,7178
01-11-2013	299	250	188,2	200,7178
02-11-2013	399	250	188,2	200,7178
03-11-2013	344	250	188,2	200,7178
04-11-2013	356	250	188,2	200,7178
05-11-2013	271	250	188,2	200,7178
06-11-2013	287	254	188,2	200,7178
07-11-2013	400	254	188,2	200,7178
08-11-2013	305	254	188,2	200,7178
09-11-2013	324	271	188,2	200,7178
10-11-2013	275	271	188,2	200,7178
11-11-2013	241	241	188,2	200,7178
12-11-2013	238	238	188,2	200,7178
13-11-2013	282	238	188,2	200,7178
14-11-2013	254	238	188,2	200,7178
15-11-2013	226	226	188,2	200,7178
16-11-2013	536	226	188,2	200,7178
17-11-2013	207	207	188,2	200,7178
18-11-2013	177	177	188,2	200,7178
19-11-2013	190	177	188,2	200,7178
20-11-2013	92	92	188,2	200,7178
21-11-2013	208	92	188,2	200,7178
22-11-2013	130	92	188,2	200,7178
23-11-2013	304	92	188,2	200,7178
24-11-2013	244	92	188,2	200,7178
25-11-2013	206	92	188,2	200,7178
26-11-2013	225	92	188,2	200,7178
27-11-2013	248	92	188,2	200,7178
28-11-2013	209	92	188,2	200,7178
29-11-2013	191	130	188,2	200,7178
30-11-2013	270	130	188,2	200,7178
01-12-2013	243	191	188,2	200,7178
02-12-2013	204	191	188,2	200,7178
03-12-2013	233	191	188,2	200,7178
04-12-2013	283	191	188,2	200,7178
05-12-2013	216	191	188,2	200,7178
06-12-2013	209	191	188,2	200,7178
07-12-2013	294	191	188,2	200,7178
08-12-2013	237	204	188,2	200,7178
09-12-2013	198	198	188,2	200,7178
10-12-2013	199	198	188,2	200,7178
11-12-2013	223	198	188,2	200,7178
12-12-2013	206	198	188,2	200,7178

Tabela VI.9 – Dados para método do mínimo móvel (Continuação).

Data	Caudal (m³/dia)	Mínimo Móvel 8 dias	Média BSF	Média Mínimo Móvel
13-12-2013	307	198	188,2	200,7178
14-12-2013	261	198	188,2	200,7178
15-12-2013	218	198	188,2	200,7178
16-12-2013	235	198	188,2	200,7178
17-12-2013	206	198	188,2	200,7178
18-12-2013	1.068	199	188,2	200,7178
19-12-2013	368	206	188,2	200,7178
20-12-2013	220	206	188,2	200,7178
21-12-2013	234	206	188,2	200,7178
22-12-2013	204	204	188,2	200,7178
23-12-2013	688	204	188,2	200,7178
24-12-2013	1.371	204	188,2	200,7178
25-12-2013	460	204	188,2	200,7178
26-12-2013	700	204	188,2	200,7178
27-12-2013	1.569	204	188,2	200,7178
28-12-2013	732	204	188,2	200,7178
29-12-2013	526	204	188,2	200,7178
30-12-2013	862	204	188,2	200,7178
31-12-2013	614	460	188,2	200,7178

ANEXO V - DADOS PARA INDICADORES DE DESEMPENHO

Tabela V.1 – Limites para Indicadores de desempenho.

Indicador	Unidades	Prioridades				
		Baixa		Média		Elevada
ID1	%	0%	25%	25%	50%	50%
ID2	%	0%	25%	25%	50%	50%
ID3	m ³ /(dia.câmara)	2	2	2	4	4
ID4	m ³ /(dia.km)	0	40	40	80	80
ID5	m ³ /(dia.cm.km)	0	2	2	4	4
ID6	m ³ /(dia.ramal)	0	0,1	0,1	0,3	0,3
ID7	%	0%	25%	25%	75%	75%
ID8	%	0%	25%	25%	50%	50%
ID9	%	0%	5%	5%	10%	10%
ID10	m ³ /(dia.ramal)	0	50	50	100	100

Tabela V.2 –Variáveis utilizadas nos cálculos.

Variável	Valor	Unidades
Qinf	136,3	m ³ /dia
Qmd ts	217,5	m ³ /dia
n.º de Caixas de Visita	422	unidades
Comprimento dos coletores	29391,3	metros
Nº ramais domésticos	139	unidades
Vpluv	102,4	m ³
Vmd ts	217,5	m ³
Comprimento x perímetro	1717,7	Km.cm

Tabela V.3 – Cálculo do perímetro e comprimento das tubagens.

DN	Comprimento	Perímetro	Área de Perímetro
0 ² mm	1512,83 m	0 cm	0 km.cm
100 mm	2792,93 m	31,4 cm	87,7 km.cm
150 mm	310,47 m	47,1 cm	14,6 km.cm
160 mm	46,35 m	50,3 cm	2,3 km.cm
200 mm	22382,38 m	62,8 cm	1406,3 km.cm
250 mm	1251,03 m	78,5 cm	98,3 km.cm
315 mm	1095,32 m	99,0 cm	108,4 km.cm
Soma	29391,3 m	Soma	1717,7 km.cm

² DN 0 mm significa que não há informação sobre o diâmetro desses tubos, são por isso deixados de fora do estudo.

ANEXO VI – TRATAMENTO DE DADOS DE CONSUMO

Tabela VI.1 – Pressupostos considerados.

Ano	fator de afluência	% de cobertura da rede	População
2013	0,70	93,0%	3067 hab

Tabela VI.2 – Cálculo do número de habitantes de Lever e Olival servidos incluídos na bacia de Lever.

Localidade	Habitantes totais	Porcentagem da area total	Habitantes considerados
Lever	2794	9%	241
Olival	5812	4%	205

Tabela VI.3 – Cálculo de fatores de afluência considerados.

Tipo de Consumo	Volume (m ³)	Fator de afluência considerado
Consumo não habitacional	128911,9	0,10
Consumo total	216010,1	0,35
Consumo habitacional	87098,2	0,70

Tabela VI.4 – Cálculo de caudais habitacionais e não habitacionais e de agua residual.

	Consumo habi	Consumo não hab	Água residual
Caudal de Abastecimento Médio Anual	87098,2 m ³ /ano	128911,9 m ³ /ano	68692,5 m ³ /ano
Caudal de Abastecimento Médio Mensal	7258,2 m ³ /mês	10742,7 m ³ /mês	5724,4 m ³ /ano
Caudal de Abastecimento médio Diário	238,6 m ³ /dia	353,2 m ³ /dia	188,2 m ³ /ano
Capitação	83,7 l/(hab.dia)		66,0 l/(hab.dia)

Tabela VI.5 – Fatores de multiplicação considerados

Mês	Fator de multiplicação	Consumo (m ³ /mês)	Água residual (m ³ /mês)
Janeiro	1,1	19800,93	6296,81
Fevereiro	0,7	12600,59	4007,06
Março	1,0	18000,84	5724,38
Abril	0,8	14400,67	4579,50
Maio	1,0	17100,80	5438,16
Junho	1,2	21601,01	6869,25
Julho	1,2	20700,97	6583,03
Agosto	1,1	19800,93	6296,81
Setembro	1,2	20700,97	6583,03
Outubro	1,1	18900,88	6010,59
Novembro	1,0	18000,84	5724,38
Dezembro	0,8	14400,67	4579,50
TOTAL (m³/ano)		216010,10	68692,51