

## MINIMIZAÇÃO DE AFLUÊNCIAS INDEVIDAS EM SISTEMAS MUNICIPAIS DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS DOMÉSTICAS

### Aplicação à área de concessão da Águas do Noroeste

Bruno MACHADO<sup>(1)</sup>; Maria do Céu ALMEIDA<sup>(2)</sup>; Maria Adriana CARDOSO<sup>(3)</sup>; André F. PINTO<sup>(4)</sup>; Luís MAMOUROS<sup>(5)</sup>; Nuno BRÔCO<sup>(6)</sup>

#### RESUMO

As afluições indevidas aos sistemas de coletores separativos são insuficientemente caracterizadas em Portugal. Nos sistemas separativos domésticos podem consistir em infiltração excessiva, afluições pluviais ou ligações industriais não autorizadas. Estas afluições contribuem para a ineficiência e redução do desempenho dos sistemas de águas residuais e pluviais, para o aumento dos custos de operação e manutenção, potenciam a degradação das infraestruturas e têm consequências sociais e ambientais, como as associadas a inundações e descargas de água residual sem o devido tratamento.

A Águas do Noroeste, S.A. promoveu projetos para o desenvolvimento de planos de minimização de afluições indevidas nos sistemas municipais na sua área de concessão, com o objetivo de avaliar as afluições indevidas aos sistemas de drenagem de águas residuais e identificar medidas de atuação prioritárias. A metodologia adotada tem três fases, incluindo: caracterização da situação de referência; programa de monitorização de caudal e de precipitação, sendo as medições usadas na avaliação dos sistemas de drenagem em termos de afluições indevidas com recurso a indicadores de desempenho; desenvolvimento de planos de minimização de afluições indevidas, tendo em conta a avaliação, a análise de custo-benefício e propostas recomendações para apoiar a decisão.

Nesta comunicação apresenta-se uma reflexão sobre a metodologia utilizada e os resultados obtidos, sistematizando-se as principais vantagens e dificuldades e apresentando sugestões de melhoria.

**Palavras-chave:** Afluições indevidas, indicadores de desempenho, sistemas municipais, sistemas de drenagem, águas residuais

<sup>(1)</sup> Engenheiro Civil, Técnico Superior da Direção de Engenharia, Águas do Noroeste, Av. S. Gonçalo 682, 4810-525 Guimarães, Portugal, [b.machado@aguasdonoroeste.pt](mailto:b.machado@aguasdonoroeste.pt).

<sup>(2)</sup> Engenheira Civil, PhD em Engenharia Civil e do Ambiente, Investigadora Principal, LNEC, Avenida do Brasil, 101, 1700-066 Lisboa, [mcalmeida@lnec.pt](mailto:mcalmeida@lnec.pt).

<sup>(3)</sup> Engenheira Civil, Doutora em Engenharia Civil, Investigadora Auxiliar, LNEC, [macardoso@lnec.pt](mailto:macardoso@lnec.pt).

<sup>(4)</sup> Engenheiro do Ambiente, Mestre em Engenharia do Ambiente, Técnico do Núcleo de Infraestruturas e Modelação de Sistemas da Direção de Engenharia, Águas de Portugal Serviços, Rua Visconde de Seabra, 3, 1700-421 Lisboa, [a.pinto@adp.pt](mailto:a.pinto@adp.pt).

<sup>(5)</sup> Engenheiro Civil, Coordenador do Núcleo de Infraestruturas e Modelação de Sistemas da Direção de Engenharia, Águas de Portugal Serviços, [l.mamouros@adp.pt](mailto:l.mamouros@adp.pt).

<sup>(6)</sup> Engenheiro Químico, Mestre em Engenharia Bioquímica, Diretor de Engenharia, Águas de Portugal Serviços, [n.broco@adp.pt](mailto:n.broco@adp.pt).

## INTRODUÇÃO

As afluições indevidas contribuem para a deterioração do desempenho dos sistemas de coletores separativos, sendo insuficientemente caracterizadas em Portugal. De modo geral, para os sistemas de coletores separativos domésticos estas afluições indevidas, podem ser classificadas em (Almeida e Cardoso, 2010):

- afluições pluviais diretas, resultantes de ligação ilícita de ramais pluviais de edificações ou outras instalações, de ligação indevida de ramais de sumidouros, por falta de estanquidade de componentes do sistema (e.g. tampas de câmaras de visita), ligação de coletores pluviais a sistemas domésticos ou interligação entre as redes pluviais e domésticas;
- afluições pluviais retardadas, resultantes da infiltração através do solo a pequena profundidade e entrada através de anomalias dos componentes (e.g. fissuras, juntas sem vedação);
- afluições da rede natural de drenagem através da entrada de caudal pelos coletores de descarga não providos de válvula antirretorno (e.g. válvula de maré ou bico de pato);
- afluição de água proveniente de fugas de redes de distribuição de água, drenagem de caves, etc.;
- infiltração com origem em águas subterrâneas através de anomalias dos componentes (e.g. fissuras, juntas sem vedação), em virtude de os coletores estarem assentes abaixo do nível freático, sendo que a infiltração apresentará flutuações consoante a variação sazonal do nível freático;
- afluições de águas residuais industriais com características inadequadas ou não autorizadas, por não cumprimento do disposto na licença de descarga, por falta de pré-tratamento adequado ou por falta de licenciamento.

As suas consequências ao nível do desempenho dos sistemas separativos de coletores incluem (White et al., 1997; Ainger et al., 1998; Heaney et al., 1999; Weiss et al., 2002):

- redução do desempenho hidráulico dos sistemas de coletores, resultante do aumento não previsto dos caudais, podendo originar a entrada em carga dos coletores e o extravasamento dos sistemas, provocando descargas de caudais não tratados ou inundações;
- redução do desempenho ambiental, pelo aumento das cargas de poluentes descarregadas para os meios recetores, nomeadamente devido a descarga de caudais não tratados (e.g. por bypass à ETAR (estação de tratamento de águas residuais) ou por existência de afluições residuais a sistemas separativos pluviais), a redução da eficiência dos processos de tratamento (e.g. devido a efeitos de diluição da água residual ou por sobrecarga hidráulica da ETAR que pode levar ao arrastamento de biomassa de tanques de arejamento) e a exfiltração de águas residuais ou unitárias através de anomalias dos componentes (e.g. fissuras, juntas não vedadas);
- degradação do desempenho estrutural, resultante da deterioração dos sistemas e seus componentes;
- impactos socioeconómicos, quer em termos de perturbação para as populações e atividades económicas, quer no aumento dos custos de operação (e.g. devido a aumento

dos caudais bombeados e ao incremento dos volumes tratados) e de manutenção (e.g. por efeito de desgaste prematuro dos componentes).

Nos casos em que coexistem sistemas “em alta” e “em baixa”, as consequências em termos de desempenho técnico verificam-se principalmente a jusante nos sistemas “em alta”, embora em termos de custos o impacto possa ser distribuído, mais ou menos equitativamente, pelas diferentes entidades envolvidas, dependendo, dos aspetos contratuais estabelecidos. Nesta situação, e sendo genericamente reconhecido que os problemas são mais gravosos nas redes “em baixa” e nos ramais de ligação, as entidades gestoras de sistemas “em alta” estão limitadas em termos da aplicação de medidas corretivas, sendo recomendável a colaboração estreita entre as entidades, de modo a garantir uma atuação tão eficaz quanto possível, acautelando as preocupações de cada interveniente e contribuindo para melhorar o desempenho global.

Embora seja inevitavelmente aceitável a existência de algumas aflúncias indevidas, dado não ser viável ou possível proceder à sua erradicação total, em muitos sistemas é recomendável e até imperativo atuar em face das consequências mais evidentes da sua presença, para repor estas aflúncias em níveis admissíveis. Assim, é necessário adotar abordagens metodológicas adequadas e selecionar mecanismos e ações apropriados para promover a redução gradual de aflúncias indevidas, de modo a aumentar a eficiência e eficácia dos sistemas em termos económico, ambiental e operacional. Todavia, a minimização das aflúncias indevidas até um nível residual aceitável, carece da caracterização das causas predominantes e da identificação dos locais prioritários para atuação. Almeida e Cardoso (2010) recomendam uma metodologia geral para controlo de aflúncias indevidas a sistemas de águas residuais e pluviais pelas próprias entidades gestoras numa perspetiva de atuação continuada, não só no curto prazo mas também a médio e longo prazo.

Confrontada com esta problemática, a Águas do Noroeste, S.A. promoveu a elaboração de projetos para o desenvolvimento de Planos de Minimização de Aflúncias Indevidas nos Sistemas Municipais de Drenagem de Águas Residuais Domésticas e Pluviais na sua área de concessão com o objetivo de avaliar a magnitude das aflúncias indevidas aos sistemas de drenagem de águas residuais e identificar medidas e áreas de atuação prioritárias.

## **METODOLOGIA**

Dado que estes projetos foram promovidos por uma entidade em “alta”, com um prazo de execução limitado (de Dezembro de 2008 a Maio de 2010), foi necessário adaptar a metodologia geral tipicamente adotada (Almeida e Cardoso, 2010). Assim, a metodologia utilizada nestes estudos a desenvolver num período de cerca de dois anos, é composta por três fases.

Na primeira fase, de caracterização da situação de referência, incluindo a recolha da informação necessária junto das entidades gestoras, incluindo as seguintes tarefas:

- análise global do cadastro existente com deteção de erros e lacunas e a sua atualização, recorrendo a trabalho de campo;
- caracterização da operação e manutenção dos sistemas e levantamento da ocorrência de diversos problemas, incluindo informação relativa a: descargas observadas; locais de entrada em carga dos coletores; registos de operações de desobstrução ou limpeza de

coletores; ocorrência de maus odores; inundações; histórico de reclamações de utentes e registos de manutenção.

- caracterização da produção de águas residuais em cada município e realização de diagnóstico preliminar de cada um dos sistemas de drenagem tendo em vista a redução de aflúncias indevidas.

Na segunda fase foi definido e implementado um programa de monitorização de curta duração, com medições de caudal e precipitação. A seleção dos locais e os requisitos de condições de instalação e manutenção a garantir para a medição de caudal variam consoante o método e o tipo de equipamento utilizado. O número total de medidores também era limitado sendo também um critério relevante na conceção do programa de monitorização.

O processo de seleção dos locais de medição pode ser considerado em duas fases. Numa primeira fase, define-se o nível de informação pretendido e os locais genéricos de localização e, numa segunda fase, procede-se à seleção do local específico para cada equipamento. Em Almeida e Cardoso (2010) são apresentados critérios e recomendações para a seleção dos locais genéricos de medição e requisitos específicos para a seleção dos locais de medição e de instalação dos medidores de caudal e de precipitação.

No presente trabalho, foram utilizados medidores multissensoriais tipo ADS e medidores eletromagnéticos, para secção cheia, tipo cachimbo. Em coletores com altura de escoamento significativa e condições compatíveis com os requisitos do fabricante foram instalados medidores tipo ADS; nos coletores com altura de escoamento baixa, onde a fiabilidade de medição com estes medidores não era garantida, foram utilizados medidores electromagnéticos tipo cachimbo, tipicamente em coletores de menores diâmetros. Em casos pontuais foram utilizados medidores de radar. Foram ainda utilizados alguns medidores permanentes existentes nos sistemas.

No que diz respeito aos udómetros, a escolha dos locais para instalação teve em conta o seu raio de influência, a segurança do aparelho, a obtenção de autorizações, as regras de boa instalação do equipamento e outras condicionantes locais.

As especificações para o programa de monitorização previam que, a medição de caudal em cada local deveria decorrer durante um período representativo abrangendo no mínimo uma leitura continuada durante 15 dias em tempo seco (entendendo-se por tempo seco um período sem ocorrência de precipitação e em que sejam negligenciáveis as aflúncias induzidas pela precipitação) e a ocorrência de 5 eventos de precipitação com intensidade e frequência diferenciadas (volume total precipitado e intensidade de precipitação).

Após o processamento das medições efetuadas, foi elaborado o diagnóstico dos sistemas municipais em “baixa” associados a cada ponto de medição, incluindo o cálculo do conjunto de indicadores de desempenho pré-definidos, quer para a componente de infiltração, quer para as aflúncias indevidas de origem pluvial, apresentado no Quadro 1. Para cada indicador foram estabelecidas gamas para a definição de prioridades de atuação, tendo em conta as características dos tipos de sistema em estudo.

As variáveis constantes do Quadro 1 têm as seguintes definições:

$L_{\text{colector}}$  - Comprimento total de coletor a montante do ponto de medição (km);

$Q_{\text{mindts}}$  - Caudal mínimo diário de tempo seco ( $\text{m}^3/\text{s}$ );

$Q_{\text{mindts}}$  - Caudal médio diário de tempo seco ( $\text{m}^3/\text{s}$ );

- $Q_{\max dts}$  - Caudal máximo diário de tempo seco ( $m^3/s$ );  
 $Q_{\max tc}$  - Caudal máximo ocorrido no evento de precipitação ( $m^3/s$ );  
 $Q_{mts}$  - Caudal médio de tempo seco ( $m^3/s$ );  
 $Q_{sc}$  - Caudal de secção cheia ( $m^3/s$ );  
 $V_{tc}$  - Volume de água no evento de precipitação ( $m^3$ );  
 $V_{mts}$  - Volume médio de águas residuais de tempo seco ( $m^3$ );  
 $V_{pu}$  - Volume de precipitação útil na bacia ( $m^3$ ).  $V_{pu}$  é calculado considerando o produto da área impermeável da bacia pela precipitação útil nessa bacia.

Quadro 1. Indicadores de desempenho relativos a aflúências indevidas aplicáveis a sistemas separativos domésticos (AdNw, 2010a)

Designação	Indicador (unidade)	Definição	Classificação da prioridade		
			Baixa	Média	Alta
<i>Caudal mínimo = f (Infiltração)</i>					
ID <sub>1</sub>	$\frac{Q_{\min dts}}{Q_{sc}}$ (%)	Utilização da capacidade da secção cheia pelo valor do caudal mínimo diário de tempo seco	<25	25-50	>50
ID <sub>2</sub>	$\frac{Q_{\max dts}}{Q_{sc}}$ (%)	Utilização da capacidade da secção cheia	<75	75-100	>100
ID <sub>3</sub>	$\frac{Q_{\min dts}}{Q_{mts}}$ (%)	Proporção do caudal mínimo diário de tempo seco no caudal médio de tempo seco	<25	25-50	>50
ID <sub>4</sub>	$\frac{Q_{\max dts}}{Q_{mts}}$ (-)	Relação entre o caudal máximo diário de tempo seco e o caudal médio de tempo seco	<3	3-5	>5
Quando aplicável					
ID <sub>5</sub>	$\frac{Q_{\min dts}}{L_{colector}}$ ( $m^3/dia/km$ )	Caudal mínimo diário de tempo seco por unidade de comprimento do coletor	<40	40-80	>80
<i>Propriedade do Sistema – Ligações indevidas de origem pluvial à rede doméstica (todos os eventos registados)</i>					
ID <sub>6</sub>	$\frac{Q_{\max tc}}{Q_{sc}}$ (%)	Utilização da capacidade da secção cheia em tempo de chuva	<75	75-100	>100
ID <sub>7</sub>	$\frac{V_{tc}}{V_{mts}}$ (-)	Proporção do volume de escoamento em tempo de chuva relativamente ao de tempo seco	<3	3-6	>6
Quando aplicável					
ID <sub>8</sub>	$\frac{V_{tc} - V_{mts}}{V_{pu}}$ (%)	Proporção do volume de escoamento que indevidamente aflui ao sistema relativamente à precipitação útil	0-1	1-3	>3

Nota: O código de cores utilizado para identificar as prioridades é utilizado nos quadros seguintes: Baixa – Sem prioridade de intervenção; Média – Intervenção, caso haja oportunidade; Elevada – Necessidade de intervenção prioritária.

Finalmente, na terceira fase, foram desenvolvidos planos, tendo em conta a avaliação do conjunto dos indicadores calculados, sendo efetuada uma análise de custo-benefício e propostas recomendações para apoiar a decisão.

Os municípios alvo do estudo foram agrupados em dois lotes trabalhados por consórcios diferentes. A aplicação da metodologia ao lote I, constituído pelos municípios de Amares, Esposende, Póvoa do Varzim, Terras de Bouro, Vila do Conde e Vila Verde, foi feita pelo consórcio Engidro – Estudos de Engenharia, Lda./Hidra – Hidráulica e Ambiente, Lda. A aplicação da metodologia ao lote II, constituído pelos municípios de Amarante, Celorico de Basto, Felgueiras, Lousada e Mondim de Basto foi feita pelo consórcio António Gaspar – Consultores de Engenharia Sanitária, Lda. A definição da metodologia e dos critérios e especificações das diferentes fases do trabalho, bem como o acompanhamento e avaliação de resultados foi feita por uma comissão técnica de acompanhamento constituída por elementos da Águas do Noroeste (AdNw), do LNEC e da Águas de Portugal Serviços.

## **DISCUSSÃO DE RESULTADOS**

### **Considerações gerais**

No sentido de mostrar as potencialidades da metodologia utilizada nestes projetos, optou-se por apresentar exemplos de resultados obtidos, para ilustrar benefícios decorrentes destes projetos e algumas oportunidades de melhoria identificadas.

Uma das principais dificuldades destes estudos é a obtenção da informação necessária para desenvolver a fase de caracterização. Desde logo o cadastro deste tipo de redes é insuficiente em muitos municípios para proceder a este tipo de estudos, particularmente fora dos principais centros urbanos e para as redes de drenagem pluvial. Dada a dispersão territorial e ruralidade acentuada da região, é necessário um esforço significativo para melhorar esta situação mas que terá benefícios muito para além dos objetivos deste projeto e é essencial para desenvolver um sistema de gestão patrimonial de infraestruturas que as entidades gestoras que sirvam mais de 30 000 habitantes são obrigadas a desenvolver para responder ao estipulado no Decreto-lei n.º 194/2009, de 20 de agosto. A disponibilidade limitada e desatualização dos cadastros tiveram implicações significativas no desenvolvimento do projeto.

As campanhas de medição de curta duração requerem um esforço significativo e apresentam várias limitações decorrentes do elevado número de locais de medição (191 locais de medição de caudal e 37 locais de medição de precipitação), dos requisitos de simultaneidade de instalação em grupos de locais, a abrangência espacial da área servida e as condicionantes meteorológicas não permitiram cumprir os requisitos mínimos em todos os locais. No entanto, com estas campanhas obteve-se um conhecimento importante sobre a situação existente, a magnitude dos diferentes tipos de problemas e especificidades em diferentes áreas. Na Figura 1 é apresentado um exemplo de registos simultâneos de caudais e da precipitação medidos, onde se pode observar que os eventos de precipitação registados durante o período da campanha têm clara influência sobre o caudal medido.

Com base nestas campanhas é possível melhorar o sistema de medição permanente associado ao sistema de águas residuais em “alta” e em “baixa” e sustentar, de imediato, um primeiro conjunto de ações para controlo das afluências indevidas, tendo também permitido despistar algumas situações de atuação prioritária. De facto, o número de medidores permanentes instalados é reduzido. De entre o conjunto de medidas perspetivado neste âmbito, surge como um dos objetivos essenciais o reforço da rede de medidores tendo em consideração diferentes objetivos atualmente exigidos às entidades gestoras, como sejam faturação, responder às exigências da ERSAR, controlo operacional e

naturalmente avaliação da magnitude das afluições indevidas de forma continuada nas principais bacias. Para este efeito, o sistema de medição deve incluir na sua conceção aspetos como um intervalo de registo adequado, na ordem de poucos minutos, um sistema de armazenamento dos registos digital, procedimentos de verificação e manutenção periódicos dos medidores e procedimentos de processamento das medições tendo por base os diferentes usos desses dados. Uma lacuna particularmente importante é a inexistência de udómetros instalados para permitir a caracterização da precipitação a uma escala temporal e espacial adequada de modo apropriado à realização de estudos e à operação de sistemas de drenagem urbana.

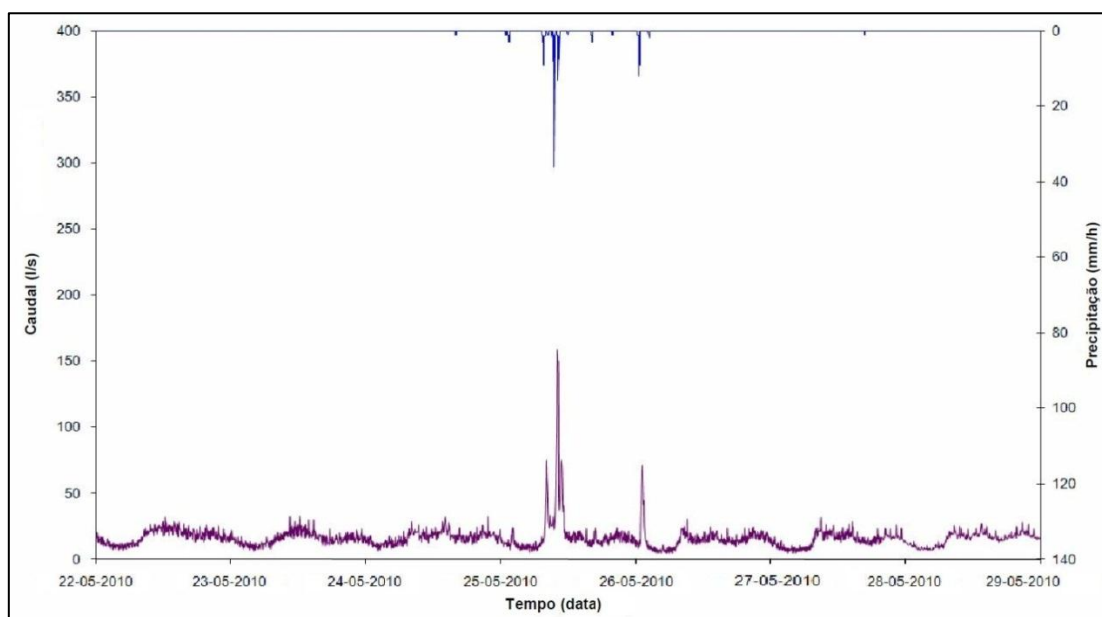


Figura 1. Exemplo de registo de caudais e intensidades de precipitação registados (AdNw, 2010b)

Uma área cujo conhecimento se mantém limitado é a relativa aos sistemas separativos pluviais que, no âmbito do desenvolvimento destes estudos, deveriam de ser analisados em paralelo com os domésticos. As carências de informação sobre esses sistemas são significativamente superiores às dos sistemas separativos domésticos, sendo esta uma oportunidade para a melhoria deste tipo de estudos.

### **Utilidade dos indicadores de desempenho específicos**

A utilização de indicadores específicos para avaliar o desempenho nas secções em que foram instalados medidores revelou-se de grande valia, sendo necessário ter em atenção que os indicadores devem ser analisados em conjunto para evitar conclusões enviesadas. Adicionalmente, deve ainda ser feita a avaliação global de todos os medidores para aferir a relevância dos problemas na sub-bacia à escala do sistema como um todo.

As gamas definidas no Quadro 1 pretendem traduzir o ponto de vista de uma entidade gestora que só terá justificação para proceder a investimentos corretivos significativos se o desempenho tiver implicações efetivas na qualidade de serviço e no comportamento global do sistema, sendo assim menos exigentes do que, por exemplo, os critérios regulamentares correspondentes.

Seguidamente ilustra-se a aplicação dos indicadores para dois exemplos de medidores associados a sub-bacias separativas domésticas:

- O medidor 1 é um caso em que se constatou que a infiltração é considerável mas não provocando impacto significativo ao nível do desempenho hidráulico do sistema;
- O medidor 2 corresponde a uma situação em que se observaram afluições de origem pluvial elevadas e que provocam impacto significativo ao nível do desempenho hidráulico do sistema.

Os resultados obtidos para o medidor 1 para os indicadores relativos à infiltração são apresentados no Quadro 2 e na Figura 2. Como se pode observar, o indicador ID<sub>3</sub>, que corresponde à razão entre o caudal mínimo diário de tempo seco (que reflete o caudal de infiltração) e o caudal médio de tempo, seco atinge valores entre cerca de 29% e 61%, sendo a mediana aproximadamente de 46%, o que implica a consideração de prioridade média em termos de problemas de infiltração para a sub-bacia associada a este medidor. Estes problemas estão essencialmente relacionados com aspetos económicos resultantes de encargos adicionais de transporte e tratamento.

Quadro 2. Resultados do medidor 1 relativos à infiltração (AdNw, 2010b)

Data	ID <sub>1</sub> $Q_{\text{mindts}}/Q_{\text{sc}}$ (%)	ID <sub>2</sub> $Q_{\text{maxdts}}/Q_{\text{sc}}$ (%)	ID <sub>3</sub> $Q_{\text{mindts}}/Q_{\text{mts}}$ (%)	ID <sub>4</sub> $Q_{\text{maxdts}}/Q_{\text{mts}}$ (-)	ID <sub>5</sub> $Q_{\text{mindts}}/L_{\text{colector}}$ (m <sup>3</sup> /dia/km)
21-09-2009	3,26	13,93	51,14	2,18	26,66
22-09-2009	1,87	13,04	31,00	2,16	15,28
23-09-2009	2,38	11,15	39,35	1,84	19,48
24-09-2009	1,72	14,75	28,89	2,48	14,07
25-09-2009	2,85	13,17	44,66	2,06	23,29
26-09-2009	3,57	13,85	48,70	1,89	29,17
27-09-2009	3,41	14,79	51,68	2,24	27,87
28-09-2009	3,22	14,36	53,33	2,38	26,29
29-09-2009	1,92	10,77	33,19	1,86	15,71
30-09-2009	2,11	11,34	36,55	1,96	17,27
01-10-2009	2,64	10,47	45,58	1,81	21,55
02-10-2009	2,79	12,11	46,63	2,02	22,83
09-10-2009	4,29	12,39	60,66	1,75	35,09
Mínimo	1,72	10,47	28,89	1,75	14,07
Percentil 25%	2,11	11,34	36,55	1,86	17,27
Mediana	2,79	13,04	45,58	2,02	22,83
Percentil 75%	3,26	13,93	51,14	2,18	26,66
Máximo	4,29	14,79	60,66	2,48	35,09
Média	2,77	12,78	43,95	2,05	22,66

A análise do conjunto dos indicadores mostra que o facto de ter sido identificada uma componente considerável de infiltração não implica que esta tenha consequências significativas ao nível do desempenho hidráulico do coletor mas previsivelmente terá ao nível dos custos de exploração. Por exemplo, os resultados do indicador ID<sub>2</sub>, que corresponde à razão entre o caudal máximo diário em tempo seco e o caudal de secção de cheia do coletor, em nenhum caso atingiram valores superiores a 75%. Deste modo, considera-se que o coletor mantém a sua capacidade de drenagem mesmo tendo em conta a componente de infiltração identificada durante o período da campanha de medição.

No Quadro 3 e na Figura 2 são apresentados os resultados no medidor 1 para os indicadores relativos às afluições pluviais indevidas. Como se pode observar, para um total de 12 eventos pluviométricos independentes medidos, de intensidades de precipitação



média que variam entre 1,20 e 4,31 mm/h, o indicador ID<sub>7</sub>, que corresponde à razão entre o volume afluente ao coletor de águas residuais por ocorrência de determinado evento de precipitação e o volume médio de tempo seco, não atingiu os 3%. Deste modo, não são expetáveis impactos significativos nos custos de exploração.

Quadro 3. Resultados do medidor 1 relativos a afluições indevidas de origem pluvial (AdNw, 2010b)

Evento pluviométrico	Data de início do evento	Data de fim do evento	Duração do evento (min)	Intensidade média de precipitação do evento (mm/h)	ID <sub>6</sub> Q <sub>maxtc</sub> /Q <sub>sc</sub> (%)	ID <sub>7</sub> V <sub>tc</sub> /V <sub>mts</sub> (-)
1	19-09-2009	19-09-2009	16	2,00	3,51	0,88
2	03-10-2009	03-10-2009	18	4,20	6,79	1,03
3	04-10-2009	04-10-2009	158	1,65	16,49	1,75
4	05-10-2009	05-10-2009	24	3,69	8,32	1,07
5	05-10-2009	06-10-2009	556	2,30	17,70	1,39
6	06-10-2009	06-10-2009	122	1,45	20,55	2,44
7	06-10-2009	06-10-2009	38	1,20	18,56	1,78
8	06-10-2009	07-10-2009	552	3,83	59,56	2,50
9	07-10-2009	07-10-2009	126	4,31	38,51	1,52
10	07-10-2009	07-10-2009	400	1,64	38,09	1,82
11	07-10-2009	08-10-2009	224	1,70	27,23	1,46
12	08-10-2009	08-10-2009	146	1,22	13,23	1,29
Mínimo			16	1,20	3,51	0,88
Percentil 25%			35	1,59	12,00	1,24
Mediana			136	1,85	18,13	1,49
Percentil 75%			268	3,73	29,94	1,79
Máximo			556	4,31	59,56	2,50
Média			198	2,43	22,38	1,58

Tendo em conta que o indicador ID<sub>6</sub>, que reporta a razão entre o caudal máximo que ocorre em tempo de chuva e o caudal de secção de cheia do coletor, não atingiu 75%, considera-se que o desempenho hidráulico do coletor associado ao medidor 1 não é afetado por afluições indevidas de origem pluvial.

Os resultados obtidos para o medidor 2 para os indicadores relativos à infiltração são apresentados no Quadro 4 e na Figura 3. Como se pode observar, o indicador ID<sub>3</sub> atinge valores entre cerca de 9% e 31%, sendo a mediana de aproximadamente 15%, o que implica a consideração de prioridade baixa em termos de problemas de infiltração para a sub-bacia associada a este medidor.

Note-se que o facto de se obterem alguns valores superiores a 3 para do indicador ID<sub>4</sub>, que corresponde à razão entre o caudal máximo diário de tempo seco e o caudal médio de tempo seco, apenas se deve aos períodos de maior rejeição de águas residuais no sistema.

Relativamente aos indicadores associados às afluições indevidas de origem pluvial calculados para o medidor 2 e apresentados no Quadro 5 e na Figura 3, verifica-se que estas últimas têm um impacto significativo no desempenho do sistema de drenagem de águas residuais.

Nomeadamente, para o indicador ID<sub>7</sub>, obteve-se um valor médio superior a 3, o que indica que em média, no conjunto dos 10 eventos pluviométricos independentes medidos durante a campanha de medição, o volume afluente ao coletor por ocorrência dos eventos de precipitação é significativamente superior ao volume médio de tempo seco, com impacto ao nível dos custos de exploração.

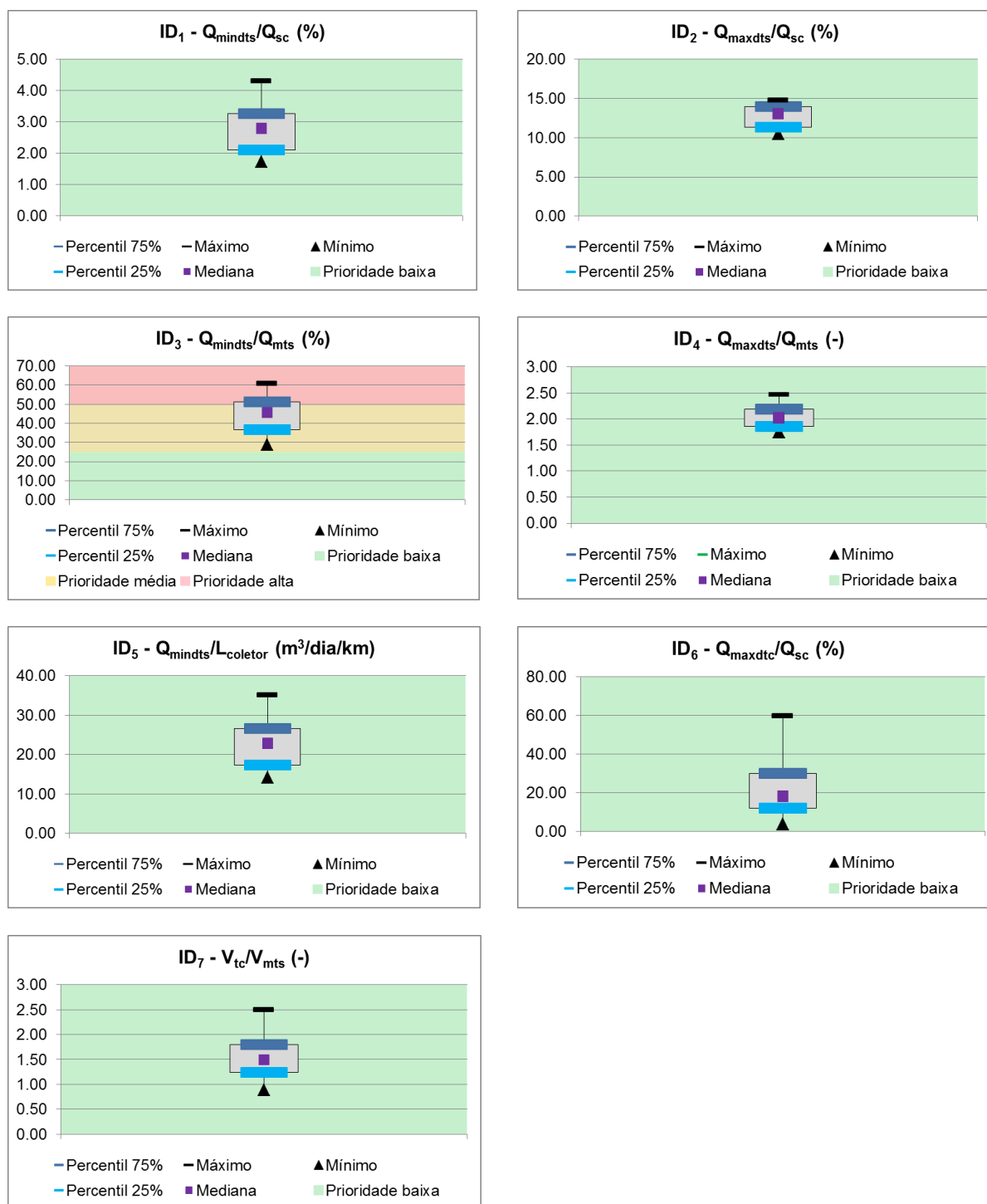


Figura 2. Resultados do medidor 1: indicadores de desempenho (Fonte de dados: AdNw, 2010b)

Quadro 4. Resultados do medidor 2 relativos à infiltração (AdNw, 2010a)

Data	ID <sub>1</sub> $Q_{\text{mindts}}/Q_{\text{sc}}$ (%)	ID <sub>2</sub> $Q_{\text{maxdts}}/Q_{\text{sc}}$ (%)	ID <sub>3</sub> $Q_{\text{mindts}}/Q_{\text{mts}}$ (%)	ID <sub>4</sub> $Q_{\text{maxdts}}/Q_{\text{mts}}$ (-)	ID <sub>5</sub> $Q_{\text{mindts}}/L_{\text{colector}}$ (m <sup>3</sup> /dia/km)
01-10-2009	1,60	19,20	14,20	1,70	16,00
09-10-2009	3,20	24,30	29,20	2,20	32,80
10-10-2009	3,40	28,70	30,80	2,60	34,60
12-10-2009	1,20	24,60	11,10	2,20	12,50
13-10-2009	1,80	23,20	16,20	2,10	18,20
15-10-2009	1,20	33,30	10,70	3,00	12,10
16-10-2009	2,00	23,00	18,30	2,10	20,50
17-10-2009	2,00	24,60	18,50	2,20	20,80
18-10-2009	1,40	24,00	12,60	2,20	14,10
19-10-2009	1,00	40,10	8,80	3,60	9,90
Mínimo	1,00	19,20	8,80	1,70	9,90
Percentil 25%	1,25	23,40	11,48	2,13	12,90
Mediana	1,70	24,45	15,20	2,20	17,10
Percentil 75%	2,00	27,68	18,45	2,50	20,73
Máximo	3,40	40,10	30,80	3,60	34,60
Média	1,88	26,50	17,04	2,39	19,15

Por outro lado, o indicador ID<sub>6</sub>, que corresponde à razão entre o caudal máximo que ocorre em tempo de chuva e o caudal de secção de cheia do coletor, atinge valores superiores a 75%, o que indica a entrada em carga do coletor, ou seja uma redução muito significativa do desempenho hidráulico do coletor.

Também para o indicador ID<sub>8</sub>, que reporta a percentagem do volume de água pluvial proveniente de ligações indevidas relativamente ao volume resultante de escoamento direto (precipitação útil) na totalidade da bacia drenada, durante o período do evento de precipitação, obtiveram-se valores superiores a 3%, o que reforça a importância que as aflúncias indevidas de origem pluvial têm no desempenho do sistema.

Quadro 5. Resultados do medidor 2 relativos a aflúncias indevidas de origem pluvial (AdNw, 2010a)

Evento	Data de início do evento	Data de fim do evento	Duração do evento (min)	Intensidade média de precipitação do evento (mm/h)	ID <sub>6</sub> $Q_{\text{maxtc}}/Q_{\text{sc}}$ (%)	ID <sub>7</sub> $V_{\text{tc}}/V_{\text{mts}}$ (-)	ID <sub>8</sub> $(V_{\text{tc}}-V_{\text{mts}})/V_{\text{pu}}$ (%)
1	03-10-2009	03-10-2009	28	1,29	31,10	1,40	7,80
2	04-10-2009	04-10-2009	210	1,89	76,50	2,50	9,00
3	05-10-2009	05-10-2009	542	2,90	151,80	3,70	11,60
4	06-10-2009	06-10-2009	250	1,92	130,30	3,20	15,60
5	07-10-2009	07-10-2009	144	4,75	162,70	8,40	15,60
6	07-10-2009	07-10-2009	20	7,80	46,80	1,90	9,00
7	20-10-2009	20-10-2009	232	3,41	99,90	5,00	16,90
8	20-10-2009	21-10-2009	276	0,91	27,90	1,80	5,20
9	21-10-2009	21-10-2009	68	3,18	39,70	1,70	4,20
10	21-10-2009	22-10-2009	340	4,59	69,10	2,90	4,40
Mínimo			20	0,91	27,90	1,40	4,20
Percentil 25%			87	1,90	41,48	1,83	5,85
Mediana			221	3,04	72,80	2,70	9,00
Percentil 75%			269,5	4,30	122,70	3,58	14,60
Máximo			542	7,80	162,70	8,40	16,90
Média			211	3,26	83,58	3,25	9,93

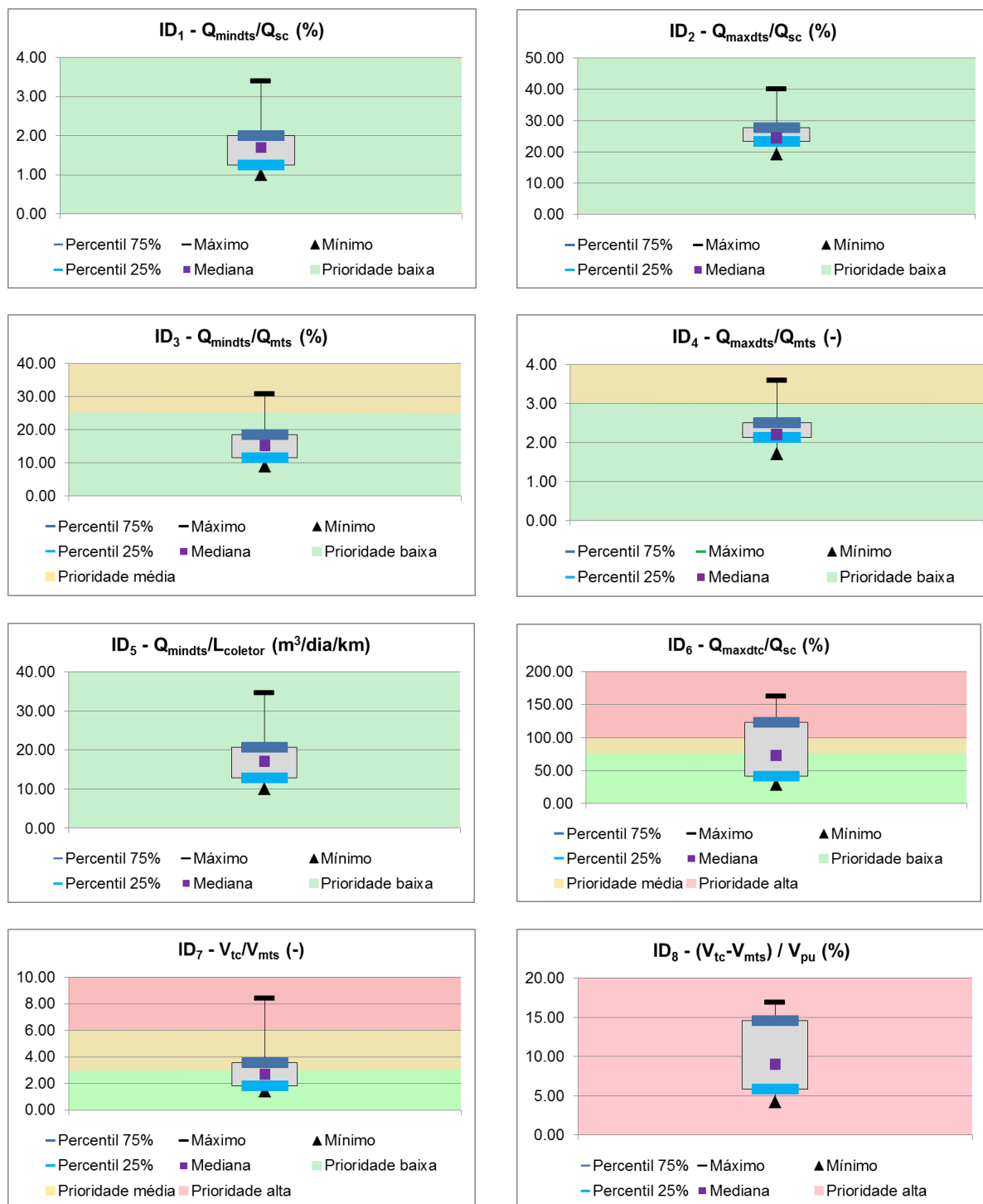


Figura 4. Resultados do medidor 2: indicadores de desempenho (Fonte de dados: AdNw, 2010a)

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo permitiu melhorar o conhecimento existente acerca da problemática das aflúências indevidas aos sistemas separativos de coletores municipais da área de concessão da Águas do Noroeste, S.A. Foram identificadas zonas prioritárias de atuação relativamente à necessidade de minimização de aflúências indevidas ao nível das sub-bacias de drenagem de águas residuais.

O desenvolvimento de planos permite a consideração de potenciais medidas específicas e ações de intervenção nos sistemas, diferenciando entre o que são problemas devidos a infiltração de problemas associados a ligações indevidas, em especial aflúências de origem pluvial. A metodologia utilizada permitiu a identificação de sub-bacias para as quais os problemas relativos às aflúências indevidas são claramente distintos. Dos resultados exemplificados neste artigo, para o medidor 1, a componente de infiltração é a mais relevante. Embora não tenha impactos significativos no desempenho hidráulico do sistema, deve sempre ser considerado o impacto que estas aflúências podem ter nos custos de operação da ETAR do sistema. Relativamente ao medidor 2, verificou-se que os problemas de aflúências indevidas estão sobretudo relacionados com aflúências de origem pluvial. Deste modo, tendo em conta as consequências que estas aflúências têm no desempenho dos sistemas, não só ao nível hidráulico, mas também ambiental e nos custos de tratamento a jusante dos locais de medição, torna-se necessário identificar soluções para minimizar as aflúências indevidas. Neste caso, as soluções são direcionadas para o controle das aflúências de origem pluvial, através, por exemplo, da identificação e correção de ligações indevidas, ou da implementação de soluções na origem, como as bacias de retenção.

Este tipo de estudos insere-se numa abordagem geral de gestão patrimonial das infraestruturas de águas residuais e pluviais, neste caso, aplicada sobretudo a sistemas separativos.

Por outro lado, foram identificadas várias dificuldades na elaboração destes estudos, das quais se destacam as seguintes:

- O levantamento do cadastro das infraestruturas de águas residuais e pluviais continua a ser pouco completo, existindo à partida muitas lacunas de informação que só podem ser supridas com trabalho de campo anterior ao planeamento de uma campanha de monitorização de caudais e de precipitação. Sobretudo, no que diz respeito aos sistemas de drenagem de águas pluviais, cuja gestão pode não estar a cargo da entidade gestora dos sistemas de drenagem de águas residuais, e que são uma peça muito importante para a compreensão da problemática das aflúências indevidas. Neste âmbito também se inclui a dificuldade de identificação da potencial componente industrial das aflúências indevidas.
- A qualidade da componente de medição é essencial para que este tipo de estudos possa ser realizado com sucesso. Referem-se as dificuldades associadas a campanhas de monitorização de curta duração, tendo em conta a necessidade de se obterem dados suficientes para que os resultados sejam estatisticamente relevantes, quer na medição de caudais de tempo seco, quer na obtenção de registos de eventos pluviométricos independentes.
- Por vezes, mesmo considerando critérios válidos de seleção de locais de medição, as exigências dos equipamentos de monitorização de caudais para se obterem resultados de qualidade podem levar a que seja necessário procurar locais alternativos que não

sejam representativos da totalidade da bacia ou sub-bacia a estudar, ou em último caso, não permitir a medição de todo.

- Por outro lado, devem ser consideradas as vantagens e desvantagens de recorrer a medidores de instalação temporária ou permanente, tendo em conta um potencial controlo progressivamente mais sistematizado das aflúncias indevidas aos sistemas, a qualidade da medição e os respetivos custos.
- Relativamente a uma eventual inclusão neste tipo de estudos de uma componente de modelação dos sistemas, salienta-se que a informação necessária para a desenvolver é significativa, nomeadamente ao nível do cadastro dos sistemas de drenagem de águas residuais e de águas pluviais. Quando essa informação não está disponível, a modelação ao nível dos sistemas em casos piloto pode envolver a necessidade de compromisso recorrendo a simplificações que não permitem obter resultados na quantificação das aflúncias indevidas.
- Embora não tenha sido utilizada de forma significativa nestes estudos, recorreu-se à inspeção por CCTV (closed circuit television) para efetuar o diagnóstico de algumas zonas das sub-bacias de drenagem de águas residuais. No entanto, considera-se que esta componente pode ser utilizada com maior sucesso numa fase posterior à avaliação do desempenho dos sistemas, nomeadamente para analisar e validar os resultados obtidos para as sub-bacias prioritárias.
- É recomendável analisar de uma forma integrada e articulada a informação existente, tanto a proveniente de cadastro, como a resultante de inspeções dos sistemas, monitorização e avaliação de desempenho.
- Existe a necessidade de colaboração estreita entre as entidades gestoras das infraestruturas para o desenvolvimento destes planos para que no seu conjunto os sistemas tenham um melhor desempenho e possam ser geridos com maior eficiência. Neste âmbito refere-se a necessidade de envolvimento das equipas das várias entidades gestoras no acompanhamento das campanhas de medição, por exemplo, para assegurar a devida manutenção periódica do equipamento de monitorização que permite contribuir para a qualidade de medição.

## **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem aos técnicos dos municípios de Amarante, Amares, Celorico de Basto, Esposende, Felgueiras, Lousada, Mondim de Basto, Póvoa do Varzim, Terras de Bouro, Vila do Conde e Vila Verde a sua colaboração no desenvolvimento destes projetos.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

AdNw (2010a) Planos de minimização de aflúncias indevidas nos sistemas municipais de drenagem de águas residuais domésticas e pluviais na área de concessão da Águas do Noroeste - Lote I. Fase II - Definição e implementação do programa de monitorização. Sistema Multimunicipal de abastecimento de água e de saneamento do vale do Ave. Águas do Noroeste, S. A., dezembro de 2010.

AdNw (2010b) Planos de minimização de aflúncias indevidas nos sistemas municipais de drenagem de águas residuais domésticas e pluviais na área de concessão da Águas do

Noroeste - Lote II. Fase II - Definição e implementação do programa de monitorização. Sistema Multimunicipal de abastecimento de água e de saneamento do vale do Ave. Águas do Noroeste, S. A., dezembro de 2010.

Almeida, M. C. e Cardoso, M. A. (2010). Gestão patrimonial de infraestruturas de águas residuais e pluviais – Uma abordagem centrada na reabilitação. Série Guias Técnicos 17 – Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos, Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

White, M., Johnson, H., Anderson, G., Misstear, B. (1997). Control of infiltration to sewers. CIRIA Report 175, Reino Unido. ISBN 0-86017-474-3.

Ainger, C. M., Armstrong, R. A. Butler, D. (1998). Dry weather flow in sewers. CIRIA Report R 177, Construction Industry Research and Information Association, Londres, Reino Unido.

Heaney, J. P., Pitt, R., Field, R. (1999). Innovative urban wet-weather flow management systems. US EPA/600/R-99/029.

Weiss, G., Brombach, H., Haller, B. (2002). Infiltration and inflow in combined sewer systems. Water Science and Technology 45 (7), 11-19.