

INFILTRAÇÕES EM REDES DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS. CASO DE ESTUDO DA BACIA DE DRENAGEM DE LANHESES Inflow and infiltration into wastewater systems. Case study of the Lanheses's watershed.

ANTÓNIO BONITO ⁽¹⁾, FRANCISCO PIQUEIRO ⁽²⁾ e JOSÉ TENTÚGAL-VALENTE ⁽³⁾

⁽¹⁾ Mestre em Engenharia Civil, FEUP,
Rua do Dr. Roberto Frias s/nº, 4200-465 Paranhos, Porto, tozebonito@hotmail.com

⁽²⁾ Professor Auxiliar, FEUP,
Rua do Dr. Roberto Frias s/nº, 4200-465, Paranhos, Porto, piqueiro@fe.up.pt

⁽³⁾ Professor Associado, FEUP,
Rua do Dr. Roberto Frias s/nº, 4200-465, Paranhos, Porto, tentugal.valente@adnoroeste.pt

Resumo

A problemática das aflúências indevidas em redes de drenagem de águas residuais do tipo separativo, acarreta graves consequências de cariz ambiental, estrutural e económico. As entidades gestoras destas redes têm-se apercebido, aos poucos, da real nefasta magnitude deste fenómeno. Além de diminuir a eficiência do tratamento das águas residuais, as águas indevidas provocam impactos estruturais e ambientais. Contudo, o impacto mais importante é o económico, porque obriga a entidade gestora a encetar medidas de mitigação globais para este problema, ao invés de reparações locais e pontuais, quando se verifica um dos outros dois impactos.

Este estudo teve como objeto a análise quantitativa deste fenómeno, recorrendo a um caso de estudo: a bacia de drenagem de águas residuais de Lanheses. Inicialmente verificou-se um elevado volume excedentário, porque o valor de volume afluente à estação de tratamento é bastante superior ao volume mensal faturado, revelando assim indícios de infiltração de águas indevidas na rede. Pelo estudo dos dados disponibilizados pela entidade gestora, foi possível compreender as taxas de adesão e cobertura do sistema de saneamento naquela bacia de drenagem. Foi ainda possível entender a parcela das aflúências indevidas, diretamente ligadas à ocorrência de fenómenos pluviométricos, analisando a topografia, geologia, densidade urbana, entre outros aspetos locais influentes nesta temática. Numa ótica geral de mitigação de infiltrações, propõe-se uma sequência de procedimentos a adotar, visando o combate a esta problemática, analisando as causas e apresentando medidas para as controlar.

Toda a informação referente à rede em “baixa” foi disponibilizada pelos Serviços Municipalizados de Saneamento Básico de Viana do Castelo, responsável por toda a gestão, manutenção, controlo e monitorização da bacia de drenagem de Lanheses. Os dados referentes à estação elevatória, e rede de elevação, foram fornecidos pela Águas do Noroeste, SA.

Palavras-chave: Redes de drenagem, infiltrações, mitigação de aflúências indevidas, precipitação.

Abstract

The issue “inflow and infiltration” into the sewage drainage networks leads to serious consequences of environmental, structural and economic nature. Managers of these networks have been gradually realizing the real magnitude of this harmful phenomenon. In addition to reducing the efficiency of wastewater treatment, water parasitic effects cause structural and environmental impacts. Nevertheless the most important impact is economic, because it forces the management entity to engage a global mitigation of this problem, instead of local spot repairs when other impacts occur.

This study aims for a quantitative analysis of this phenomenon, using a case study: the drainage basin wastewater of Lanheses. Initially it was verified a high excess of wastewater analyzing the difference between the effluent's volume number and the volume charged monthly, thus revealing signs of inflow and infiltration in this wastewater system. Through the database study it was possible to understand the adherence rates and coverage of sanitation system in that watershed. It was also possible to understand the plot of undue inflows related to the occurrence of rainfall events, adding information such as topography, geology, urban density, and other influential local aspects. From a general perspective of infiltration mitigation, we suggest a sequence of procedures to be adopted, aiming to combat this problem, analyzing the causes and presenting measures to control them.

All data and information referring to the "low" network were made available by the Municipal Services Basic Sanitation of Viana do Castelo, responsible for all management, maintenance and monitoring of Lanheses's sewage system. Information concerning the lift station and network elevation was provided by Águas do Noroeste, SA.

Keywords: drainage basins, infiltration, mitigate undue inflows, rainfall.

1. Enquadramento

Tradicionalmente, a problemática das aflúências indevidas aos sistemas de águas residuais tem sido negligenciada. As entidades gestoras destes sistemas têm-se focado essencialmente na expansão e, conseqüentemente, no aumento de cobertura do serviço. No entanto, a maturação da infraestrutura e sua natural deterioração têm conduzido a um aumento significativo dos volumes infiltrados, refletindo-se negativamente no desempenho do sistema.

As infiltrações são o principal impedimento de uma correta eficiência e eficácia dos sistemas de saneamento. A nível estrutural, além do acréscimo da deterioração da infraestrutura, estas águas indevidas podem transformar o regular escoamento em superfície livre, em escoamento sob pressão, levando à entrada em carga das condutas. Noutra vertente, a necessidade de descarregar um caudal excedentário, através de descarregadores de tempestade ou ligações *bypass*, é ambientalmente prejudicial, porque estes caudais fomentam a poluição no meio ambiente receptor. Já a nível económico, pelo simples facto das aflúências não serem faturadas, mas serem transportadas e tratadas, tal qual águas residuais, conduzem a um natural acréscimo dos custos operacionais. Nesta lógica, a correta definição e estimativa dos caudais excedentários a afluir ao sistema de drenagem é extremamente importante. Este facto permite, além da estimativa dos custos monetários, decidir estratégias de operacionalidade, monitorização e manutenção, com o intuito de assegurar o bom funcionamento do sistema e procurar prorrogar a vida útil da infraestrutura. Porém, nunca se pode descurar um certo grau de incerteza no cálculo destes volumes excedentários.

Antes da separação entre sistemas em “alta” e sistemas em “baixa”, os volumes excedentários não representavam problema para as entidades gestoras, porque a gestão processava-se de forma interna, conduzindo a uma flexibilização na gestão do défice criado pelas aflúências indevidas e permitindo que o balanço, entre os proveitos e os encargos, fosse ajustável. Contudo, quando foram criadas as empresas privadas dos sistemas em “alta”, levou a que todo o volume afluente à estação de tratamento tivesse de ser pago à entidade gestora desse equipamento, evidenciando as deficiências das redes de saneamento e incrementando os custos dos sistemas em “baixa”.

Naturalmente, a impossibilidade de atingir a completa estanquidade da rede promove a entrada de águas indevidas. Contudo, para além de identificar a sua presença, é necessário quantificar o seu volume para se poder estudar, não só as implicações estruturais, como também a sua vertente económica.

2. Aflúências Indevidas

Atualmente, os sistemas de drenagem urbana constituem um património urbano muito significativo, principalmente nas cidades que já possuem uma rede implantada em toda a sua extensão. Contudo, a gestão a longo prazo, sustentável, das águas urbanas, acarreta muitos problemas, alguns deles críticos.

A infiltração em sistemas de drenagem de águas residuais, do tipo separativo, é uma matéria da engenharia hidráulica ainda pouco explorada e detalhada.

Neste trabalho pretendeu-se analisar o fenómeno das aflúências indevidas em redes de drenagem urbana, desde as suas origens, causas, impactos e legislação vigente, bem como métodos analíticos com o propósito de quantificar e avaliar os seus efeitos negativos, tal como possíveis soluções com vista a minimizar o impacto negativo das infiltrações. O seu carácter multidimensional torna esta matéria complexa, na medida em que não só interferem ao nível técnico, mas também, na gestão e sustentabilidade da rede. Aliado a este facto, há que agregar a preponderância das condicionantes topográficas e geológicas locais, e a discrepância dos volumes afluentes, assim como o seu desfasamento temporal (Zhang, 2005).

Genericamente, infiltração é a água que se infiltra na rede de drenagem de águas residuais, do tipo separativo, entrando na rede de forma ilícita. Os caudais provêm da infiltração das águas pluviais e das águas subterrâneas. Porém, na realidade, os tipos de aflúências são bem mais complexos e confusos do que estas proveniências. Sinteticamente, a infiltração em sistemas de drenagem de águas residuais depende dos seguintes quatro fatores (Amorim, 2007):

- Pluviosidade;
- Existência de ligações indevidas;
- Proximidade de aquíferos;
- Estado de conservação da rede.

Seguindo a classificação tradicionalmente utilizada, as aflúências indevidas podem ser divididas em (Almeida e Coelho, 2002):

- Infiltrações diretas, de origem pluvial, devido à ocorrência de precipitação e resultantes do escoamento direto;
- Infiltrações indiretas, de origem subterrânea, com base em duas causas primordiais, o nível freático acima da soleira dos coletores e a fraca estanquidade da infraestrutura.

Para a quantificação dos volumes de águas indevidas, há que separar, o antes e o depois, da entrada em operação do sistema. Se numa primeira fase tem que se prever o caudal de infiltração à rede, posteriormente é necessário medir a componente de caudal de infiltração, do total do caudal drenado (Coelho, 2013):

- Fase de projeto: aquando do cálculo dos caudais de dimensionamento;
- Fase de exploração: desempenho do sistema em termos técnicos e económicos.

Em fase de projeto o seu dimensionamento é realizado de acordo com o regulamento geral dos sistemas públicos e prediais de distribuição de água e de drenagem de águas residuais, onde, apesar de omitir as características locais possíveis de influenciar o seu valor, se contabiliza a presença de infiltrações indesejáveis no caudal de projeto (Decreto Regulamentar nº 23/95, 1995).

No que se refere à fase de exploração, existem quatro orientações possíveis de quantificação de aflúências indevidas:

- Balanços hídricos: metodologia baseada na subtração dos volumes de montante, aos volumes de jusante, em que, usualmente, este último é a água que aflui à ETAR;
- Hidrogramas: procedimento matemático similar ao usado nos hidrogramas de cheia, em hidrologia e recursos hídricos;
- Marcadores: processo no qual se quantifica o volume indevido em função de uma característica distintiva das águas sépticas;
- Modelos de simulação: modelos computacionais, empregando algoritmos idênticos aos modelos de percolação, e *inputs* característicos da bacia a simular.

De forma a localizar as anomalias que causam infiltrações, os métodos mais utilizados são os seguintes (Rodrigues, 2013):

- Teste com recurso a marcadores;
- Injeção de fumo;
- Inspeções visuais por *Close Circuit Television*;
- Injeção de jatos de água na rede;
- Isolamento de pequenos troços da rede.

3. Caso de Estudo: Rede de drenagem de águas residuais de Lanheses

3.1. Bacia de drenagem de águas residuais de Lanheses

Lanheses, ou Santa Eulália de Lanheses, é uma freguesia do concelho de Viana do Castelo. Tem uma área de 10.04 km², com 1645 habitantes. Está localizada a leste do concelho, na fronteira com o concelho de Ponte de Lima, junto à margem direita do rio Lima.

A bacia de drenagem de águas residuais de Lanheses é uma rede recente, do tipo separativo. Entrou em funcionamento em julho de 2006. Segundo a entidade gestora do sistema, os Serviços Municipalizados de Saneamento Básico de Viana do Castelo (SMSBVC), na construção da rede foram utilizados materiais de qualidade (PEAD) e técnicas construtivas modernas e as juntas foram realizadas com cuidado.

Com vista a averiguar possíveis ligações indevidas nos ramais domiciliários, tubos de queda ou de drenagem de caves, foram realizados testes de fumo.

Antes da sua entrada em funcionamento, foram efetuados testes de estanquidade e CCTV em toda a sua extensão, além da fiscalização *in loco* da construção da rede por parte da entidade gestora.

Admitindo que houve todo o cuidado na construção, na fiscalização da obra e nos testes realizados, pode-se afirmar que, aquando da entrada em operação deste sistema, ele tinha todas as valências necessárias para evitar infiltrações de águas indevidas que, obviamente, são impossíveis de evitar.

Pretendeu-se assim analisar globalmente esta bacia, com o intuito de entender a dimensão e o porquê da haver aflúências indevidas, num sistema tão simples e recente. Se a sua quantificação é simplesmente a diferença entre o volume faturado e o volume afluído à Estação de Tratamento de Águas Residuais (ETAR), a separação das suas diferentes parcelas e a perceção das suas causas, é um trabalho subjetivo e complexo.

3.2. Análise de dados

A primeira análise realizada foi sobre a taxa de cobertura da rede, em termos de consumidores do sistema. Verificou-se que $\frac{3}{4}$ do total de consumidores cobertos pela rede de drenagem de águas residuais já se encontravam ligados, contudo $\frac{1}{4}$ não estavam, apesar de o poderem fazer.

Com base nos dados disponibilizados pelos SMSBVC, relativos aos anos entre 2009 e 2013, de consumos de abastecimento de água faturados, os consumos faturados de saneamento básico, os volumes afluídos à ETAR, juntamente com os dados disponibilizados pelas Águas do Noroeste, relativos ao caudal bombado na EE, foi possível analisar este caso de estudo. Sobrepondo as características locais de precipitação e tipo de solo, pretendeu-se averiguar a real dimensão das aflúências indevidas nesta bacia de drenagem, e avaliar o peso financeiro para a entidade gestora em “baixa”.

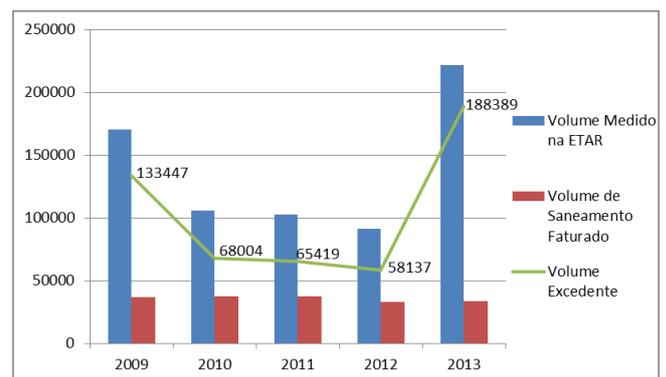


Figura 1. Análise dos volumes anuais e a sua diferença, em m³ (dados disponibilizados pelos SMSBVC).

No intuito de analisar o peso da precipitação na infiltração de águas indevidas, é necessário dividir a infiltrações em função da ocorrência de fenómenos pluviométricos, em tempo seco e tempo húmido.

Por não haver bibliografia portuguesa sobre esta distinção, optou-se por manter a terminologia anglo-saxónica dos termos utilizados, (Pawlowski *et al.*, 2014):

- Tempo seco: DryWeather inflow e GroundWater infiltration;
- Tempo húmido: StormWater inflow e Rainfall Induced infiltration.

Do volume anualmente afluído à ETAR, conclui-se que 25% corresponde a infiltrações em tempo seco e 50% é imputado às infiltrações em tempo húmido. Portanto, somente 25% do caudal que chega à ETAR é verdadeiramente água residual produzida na bacia de drenagem de Lanheses.

As causas principais das aflúências indevidas em Lanheses são:

- Elevada precipitação;
- Proximidade ao rio Lima;
- Características do solo;
- Escassa rede de drenagem pluvial;
- Reduzida adesão ao serviço.

Idealizaram-se soluções específicas para a bacia de Lanheses:

- Delimitação de sub-bacias;
- Medição do caudal mínimo noturno;
- Monitorização das águas subterrâneas;
- Instalação de um caudalímetro independente a montante da ETAR;
- Sinergias entre EG em “alta” e em “baixa”.

3.3. Plano de mitigação de aflúências indevidas

Seguidamente apresenta-se uma proposta de orientação geral na mitigação de aflúências indevidas:

1. Impulso Mobilizador;
2. Compreender a real magnitude das infiltrações;
3. Consolidar a base de dados da rede;
4. Trabalho de campo e agregação de informação diversa;
5. Sobreposição espacial e temporal de todos os dados;
6. Avaliação do sistema;
7. Localização dos focos principais;
8. Análise custo-benefício da intervenção a realizar.

Após a intervenção física na rede, no intuito de mitigar as aflúências indevidas, a tarefa continua. Ocasionalmente, as operações de melhoria da rede não surtem o efeito pretendido, devido a inúmeras razões, sendo a mais comum a migração de águas subterrâneas, que ao encontrarem um obstáculo no seu percurso, procuram novos caminhos através de outras anomalias nos coletores, para entrarem nestes.

De forma a verificar o melhoramento obtido pela intervenção é ainda necessário monitorizar, para se quantificar a possível redução.

Seguidamente deve-se converter o valor da redução de volume afluído para o seu valor económico, percebendo assim as mais-valias financeiras conquistadas. Considera-se que este valor de redução deve ser reinvestido em novo processo de mitigação de infiltrações.

4. Conclusões

A mitigação das aflúências indevidas deve ser a prioridade número um das entidades gestoras de águas residuais. Identicamente às perdas nos sistemas de abastecimento de água, estas são fonte de elevados encargos económicos e uma causa da redução significativa da eficiência e eficácia na gestão do sistema de drenagem. Contudo, os custos das intervenções para a minimização das infiltrações indevidas podem ser suportados pelos proveitos obtidos por tal redução.

Da análise realizada, estimou-se que, do total de volume excedentário, ente 20% a 30% são independentes da ocorrência de precipitação, mas que, 70% a 80% advêm diretamente desse mesmo fenómeno.

A única solução assertiva para esta problemática passa pela reabilitação da rede. No entanto, é necessária uma avaliação coerente e sistemática da infraestrutura, para se determinar o custo-benefício de qualquer programa de reabilitação visando a mitigação das aflúências indevidas.

Com base nas medidas propostas, visando a mitigação de aflúências indevidas nesta rede, é notória a preponderância da monitorização dos caudais drenados na resolução deste problema. Esta temática exhibe um carácter multidisciplinar complicado de gerir, dificultando a possível implementação da sequência mitigadora exposta anteriormente.

O estudo de aflúências indevidas em sistemas de drenagem de águas residuais, do tipo separativo, passa primeiro pela quantificação das infiltrações, distinguindo as suas diferentes parcelas, visto que já existem técnicas de reabilitação de rede de saneamento, suficientemente desenvolvidas que são uma resposta eficiente às infiltrações. Contudo, o conhecimento dos caudais infiltrados, em toda a sua extensão, será sempre difícil, pois persiste a dificuldade da sua localização.

Agradecimentos

Aos Serviços Municipalizados de Saneamento Básico de Viana do Castelo, em particular ao Eng.º Garcez, pelos dados facultados.

Referências

- Amorim, H. (2007). "Aflúências Indevidas aos Sistemas de drenagem de Águas Residuais", Tese de Mestrado em Engenharia do Ambiente (Ramo Tratamento de Águas e Águas Residuais). Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto e Instituto Superior Técnico. Universidade Técnica de Lisboa
- Cardoso, Almeida, M. e Coelho, S. (2002). "Evaluation of the infiltration impact on the performance of urban sewer systems". 9º Encontro Nacional de Saneamento Básico (ENaSB), 16 a 19 Setembro, Braga. Pp- 17.
- Coelho, I. (2013). "Variabilidade de aflúências às redes de drenagem de águas residuais. Causas e efeitos versus sustentabilidade económica: Um caso de estudo Tese de Mestrado Integrado em Engenharia Civil (Área de Especialização de Hidráulica). Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Decreto Regulamentar nº 23/95. (1995). "Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água", Diário da República, Lisboa.
- Rodrigues, V. (2013). "Avaliação de Infiltração em Drenagem Urbana Recorrendo a Métodos Convencionais e não Convencionais", Instituto Superior Técnico, Lisboa.

Pawlowski, C., Rhea, L., Shuster, W., eBarden, G. (2014). *“Some Factors Affecting Inflow and Infiltration from Residential Sources in a Core Urban Area: Case Study in a Columbus, Ohio, Neighborhood.”* Journal of Hydraulic Engineering. Vol. 140. n° 1. p. 105-114.

Zhang, Z. (2005). *“Flow data, inflow/infiltration ratio, and autoregressive error models”*. Journal of Environmental Engineering, Vol. 131, n° 3, p. 343-349.