

CONTROLO DE AFLUÊNCIAS INDEVIDAS EM PORTUGAL Oportunidades e desafios

Maria do Céu ALMEIDA¹; Rita BRITO²; Catarina JORGE³

RESUMO

As afluências indevidas aos sistemas de drenagem representam um problema global que compromete a eficiência e a sustentabilidade dos serviços. Em Portugal, a última década foi marcada por crescente reconhecimento político, regulatório e operacional desta questão, dado os impactos ambientais, sociais e económicos associados. Os dados de monitorização das entidades gestoras (EG) evidenciam a magnitude das afluências indevidas nos sistemas. Os desafios intensificam-se com as alterações climáticas, o crescimento urbano e o envelhecimento das infraestruturas, exigindo modernização, monitorização avançada e controlo das afluências.

A ERSAR reforçou, em 2022, a necessidade de planos de ação e de informação sobre a sazonalidade das afluências. Em 2024, o PENSAARP 2030 destacou a importância da sua identificação e redução. A Diretiva Europeia DARU impõe, até 2028, maior controlo das descargas urbanas. Neste contexto, exige-se a implementação de uma abordagem integrada e estruturada por parte das EG.

Desde 2015, a iniciativa nacional para o controlo das afluências indevidas, iAFLUI, promove a melhoria do conhecimento, capacitação das EG, generalização de uma abordagem integrada e criação de uma rede nacional para a partilha de desafios e soluções inovadoras. Encontra-se em preparação no LNEC a 3.ª edição da iAFLUI, a implementar em 2026, para atender a estas questões.

Palavras-chave: afluências indevidas, drenagem, gestão de infraestruturas, monitorização, sistemas de água urbanos

1 - Doutoramento em Engenharia Civil e do Ambiente, Núcleo de Engenharia Sanitária, Departamento de Hidráulica e Ambiente, mc Almeida@Inec.pt

2 - Doutoramento em Engenharia Civil, Núcleo de Engenharia Sanitária, Departamento de Hidráulica e Ambiente, rs Brito@Inec.pt

3 - Doutoramento em Engenharia Civil, Núcleo de Engenharia Sanitária, Departamento de Hidráulica e Ambiente, cn Jorge@Inec.pt

1. INTRODUÇÃO

As aflúências indevidas (AI) aos sistemas de drenagem constituem um problema global de grande magnitude, que afeta a eficiência e a sustentabilidade dos serviços de drenagem em todo o mundo (ALMEIDA e CARDOSO, 2010; BRITO *et al.*, 2017; ELLIS e BUTLER, 2015; SALETTI, 2023). Em Portugal, na última década, o setor da água tem vindo a reconhecer cada vez mais a importância desta questão, tendo sido diversos os sinais de consciencialização por parte do poder político, do regulador e das entidades gestoras (EG) quanto aos seus impactos ambientais, sociais, operacionais e económicos. A maioria das entidades gestoras de sistemas de drenagem e tratamento enfrenta desafios significativos relacionados com a variabilidade espacial e temporal dos volumes de água afluentes às redes, bem como com a sua matriz de qualidade. Estes desafios tornam-se mais críticos à medida que fatores como as alterações climáticas, o crescimento urbano e a deterioração das infraestruturas exercem uma pressão crescente sobre o desempenho dos sistemas de drenagem.

Apesar de as AI serem reconhecidas pelas EG como uma causa importante para a deterioração do desempenho funcional dos sistemas, com reflexos na qualidade do serviço prestado, frequentemente não é conhecida a dimensão real do problema. As AI podem resultar de: **(i)** causas internas, como degradação de materiais ou condições do escoamento; **(ii)** causas externas, como infiltração de águas subterrâneas ou danos por terceiros; **(iii)** falhas de projeto, construção, manutenção ou operação, incluindo ligações indevidas; ou **(iv)** outras causas, como obsolescência ou ausência de equipamentos (e.g., válvulas anti-retorno) ou variações na quantidade ou qualidade do afluente. As consequências derivadas destas aflúências manifestam-se em várias dimensões: **hidráulica** (redução de capacidade de transporte ou tratamento), **estrutural** (degradação de materiais), **operacional** (e.g., constrangimento à reutilização da água, perda de eficiência de tratamento), **ambiental** (descargas de água não tratada ou sem tratamento adequado, uso de recursos (JORGE *et al.*, 2022), **saúde e segurança pública** (maior risco de inundações e contato com águas poluídas), **económica e financeira** (custos adicionais) e **regulatória** (não conformidades e perda de desempenho da EG).

As EG nacionais estão a enfrentar este problema através da avaliação da condição das redes, da modernização das infraestruturas, da monitorização avançada e de modelos de previsão, tendo por objetivos melhorar o conhecimento, assegurar a qualidade do serviço e minimizar os custos. Algumas entidades têm vindo a desenvolver os seus planos de controlo de AI, em linha com o crescente reconhecimento político, regulatório e operacional desta questão. No entanto, para ser eficaz, a atuação para controlo de AI tem de ser sistemática e baseada em informação fiável e a atuação em cada tipo de aflúência tem de ser feita de acordo com as causas respetivas.

Os sistemas urbanos e as suas componentes não funcionam isoladamente; as falhas podem ter causas e efeitos não coincidentes no espaço ou no tempo como, por exemplo, extravasamentos a montante devido a insuficiência de capacidade de transporte a jusante, ou podem existir ligações indevidas entre sistemas de águas residuais e pluviais ou naturais. A abordagem iAFLUI incorpora interações entre sistemas nas áreas de atuação na EG, tipificando as aflúências, as suas causas e consequências, promovendo o alinhamento entre níveis de decisão. Um sistema de avaliação de desempenho (SAD) específico é essencial para o diagnóstico, monitorização e seleção da atuação mais eficaz. O artigo apresenta uma síntese da metodologia adotada e resultados da avaliação da magnitude do problema, apresentando-se uma reflexão sobre os desafios e oportunidades no controlo das AI, bem como sobre a quantificação possível destas aflúências e suas limitações.

2. ENQUADRAMENTO DA PROBLEMÁTICA DAS AFLUÊNCIAS INDEVIDAS

2.1. Nacional

Ao nível da estratégia para o setor, as necessidades de intervenção nesta temática têm sido reforçadas pelo enquadramento numa abordagem integrada no ciclo da água, ambiente e objetivos de desenvolvimento sustentável. Entre 2022 e 2024, intensificou-se a atenção ao controlo das AI. A ERSAR, na 4ª geração do *Guia de avaliação da qualidade dos serviços de águas e resíduos prestados aos utilizadores* de 2022 (ERSAR, 2022), reforça a preocupação com a temática, por exemplo, reiterando o pedido de identificação da existência de um plano de ação para o controlo de AI e solicitando informação sobre a sazonalidade das afluências. É dada especial atenção às consequências das AI, sendo novamente questionada, nesta geração do guia, qual a percentagem de descarregadores de emergência e de tempestade com descarga direta para o meio recetor monitorizados e com funcionamento satisfatório, no caso do serviço de gestão de águas residuais. Este indicador apresenta resultados maioritariamente insatisfatórios a nível nacional, quer devido à falta de monitorização ou ao não cumprimento do critério de descarga nos descarregadores monitorizados. É também questionada qual a sazonalidade das afluências, como sendo o rácio entre as afluências nos três meses de maiores volumes e nos três meses de menores volumes de água residual tratada. No relatório de indicadores e de dados mais recente, apenas ao Relatório Anual dos Serviços de Águas e Resíduos em Portugal (RASARP, 2024) é referido que a sazonalidade varia entre 1 e 13, sendo que a larga maioria das respostas (78%) se situa entre 1 e 2.

O PENSAARP 2030 (2024), o Plano Estratégico para o Abastecimento de Água e Gestão de Águas Residuais e Pluviais, foi recentemente publicado em Diário da República. Este documento estratégico destaca a importância de identificar, monitorizar e reduzir as afluências indevidas. Ainda em 2024, foi constituído o GAG 2030 (Grupo de Apoio à Gestão do PENSAARP 2030), responsável por elaborar relatórios anuais sobre a execução das medidas.

Ciente da relevância desta temática, desde 2015, que o LNEC tem vindo a desenvolver uma abordagem sistemática e integrada, assente em projetos colaborativos envolvendo diversas entidades gestoras através de iniciativas nacionais designadas por iAFLUI, especificamente orientadas para o controlo das AI. Estas iniciativas têm mobilizado diversas entidades do setor e promovido o conhecimento especializado, a capacitação e a implementação de soluções técnicas e organizacionais. Na 1ª edição da iAFLUI, em 2016-2017, participaram 13 EG (BRITO *et al.*, 2017). Em 2019-2021, na 2ª edição da iniciativa, envolveu 9 EG para o desenvolvimento ou revisão do seu PCAI, contribuindo para a implementação do PENSAAR 2020 e das políticas públicas associadas ao POSEUR (ALMEIDA *et al.*, 2022). Atualmente, encontra-se em lançamento a iAFLUI + 2026|2028, dando continuidade a este modelo de apoio ao setor. Esta 3ª edição, para além de objetivos mais abrangentes e de novos conteúdos no formato colaborativo, inclui também um programa autónomo de formação complementar.

2.2. Internacional

No contexto europeu, a alteração mais relevante para esta temática é a revisão da diretiva europeia sobre o tratamento de águas residuais - DARU - (UE, 2024), que coloca grandes desafios às EG passando a ser exigido um controlo mais rigoroso das descargas provenientes dos sistemas de drenagem, tanto unitários como separativos. Para responder à DARU é necessário melhorar o conhecimento e o controlo das descargas provenientes das redes de drenagem para o meio recetor nestes sistemas. Esta diretiva obriga à monitorização e controlo de descargas de águas residuais não tratadas, o que implica a identificação de

áreas em risco, a monitorização da carga poluente das descargas e a implementação de planos integrados de gestão das águas urbanas. Alguns destes aspetos devem ser cumpridos já em 2028.

A diretiva exige a monitorização e controlo das descargas de águas residuais não tratadas entre 2028 e 2039, abrangendo progressivamente aglomerações mais pequenas (superiores a 10.000 habitantes equivalente, h_{eq}). Até 2028, os Estados Membro devem identificar as áreas de risco e medir a carga poluente das descargas. Os planos integrados devem ser implementados até 2033 para aglomerados acima de 100.000 h_{eq} e até 2039, acima de 10.000 h_{eq} .

A identificação de áreas de risco deve considerar dados históricos, modelação, projeções climáticas (incluindo sazonalidade), pressões humanas e prioridades dos Planos de Gestão de Bacias Hidrográficas. Devem ser incluídos os aglomerados para os quais se verifique o seguinte:

- i. as descargas de sistemas unitários representem risco para o ambiente ou saúde humana;
- ii. a carga poluente dessas descargas exceda 2% da carga anual de águas residuais (em tempo seco, para CBO5, CQO, COT e SST);
- iii. as descargas de sistemas unitários impeçam os usos previstos para a água da linha de água; ou
- iv. as descargas dos sistemas separativos representem risco ambiental, de saúde pública ou qualquer um dos usos referidos em iii).

Os usos da água acima evocados remetem para várias diretivas Europeias que protegem a sua qualidade em diversos contextos: consumo humano (Diretiva 2020/2184), usos balneares (Diretiva 2006/7/CE), qualidade ambiental no domínio da política da água (Diretiva 2008/105/CE), ambiente marinho (Diretiva 2008/56/CE), águas subterrâneas (Diretiva 2006/118/CE) e a Lei-Quadro da Água (Diretiva 2000/60/CE).

Estes vários diplomas estabelecem limite quanto a, por exemplo, microrganismos e parasitas, agentes patogénicos (como a *E. coli* e os enterococos intestinais), substâncias prioritárias como pesticidas, metais pesados e produtos químicos industriais), condutividade, nitratos, pesticidas, metais e químicos industriais. Em 2022, a Comissão Europeia propôs rever estas diretivas para atualizar o quadro regulatório.

3. METODOLOGIA iAFLUI

3.1. Abordagem global

A abordagem geral proposta e validada em duas edições de projeto colaborativo iAFLUI – iniciativa nacional para o controlo de AI com EG é apresentada na figura 1 (ALMEIDA *et al.*, 2022). Em termos deste projeto, os objetivos são a capacitação da equipa das EG com competências em controlo de AI e de apoio ao seu controlo, a internalização de um processo estruturado para as AI na EG e a elaboração ou revisão de diagnóstico e de plano para controlo de AI.

Embora se proponha um procedimento padrão, procede-se à sua adaptação à realidade de cada EG, para criar um processo estruturado que contribua para a adoção gradual de boas práticas e para a focalização em investimentos que contribuam para a redução progressiva das AI. O controlo de AI é um objetivo de médio a longo prazo, não sendo expectável uma redução significativa no curto prazo. Em paralelo com algumas atuações corretivas, é essencial investir no melhor conhecimento sobre o sistema e seu acompanhamento de forma continuada, que também é de interesse para as diferentes áreas de atuação

da EG. Nesta metodologia foram desenvolvidas diversas áreas de atuação específicas, a par com a oferta de ações de formação, para responder às necessidades identificadas em cada fase da sua aplicação.



Figura 1 - Fases principais da metodologia iAFLUI

Com o enquadramento do PENSAARP2030 e da nova DARU, é reforçada a perspetiva de análise integrada dos diferentes sistemas, da monitorização de descargas não tratadas, da avaliação do desempenho energético e de emissões de gases com efeito de estufa (GEE), bem como das descargas industriais. São integradas: as interações entre sistemas unitários, separativos de águas residuais, separativos de águas pluviais, linhas de água urbanas ou a águas costeiras; a relação entre sistema público e predial; a interligação entre municípios e entre os sistemas em “alta” e em “baixa”. Embora o controlo das AI constitua uma análise focada ao nível tático, é garantido o alinhamento com os níveis estratégico e operacional da EG.

Desde logo, identificam-se as principais afluências consideradas indevidas ou excessivas aos sistemas atrás referidos. Para os sistemas separativos de águas residuais, estas incluem as indicadas na Figura 2 onde se indicam as causas ou mecanismos potenciais associados à sua génese, sendo a dimensão dos círculos proporcional à relevância da causa para a AI.

Causas / mecanismos de afluência	Tipo de afluência indevida										
	Pluvial direta	Infiltração	Fluvial	Perdas de água	Drenagem caves	Piscinas	Doméstica	Industrial	Outras AR	Salinas	Resíduos sólidos
Ligação de ramais pluviais (propriedades/sumidouros)	●	●			●			●	●		●
Ligação de outros ramais	●	●			●	●		●	●		●
Ligação entre redes	●	●	●								
Falta estanquidade redes	●	●		●						●	●
Despejos líquidos indevidos					●	●	●	●	●		
Lamas de fossas sépticas							●				●
Resíduos urbanos (sanitários, superficiais, comerciais)							●		●		●
Entrada de água salina										●	
Entrada de água fluvial			●								
Despejos autorizados indesejáveis					●	●	●	●	●		●

Figura 2 - Tipo de AI vs causas e mecanismos (caso dos sistemas de águas residuais)

Na metodologia iAFLUI, destacam-se três objetivos principais:

- (i) controlar ou gerir a magnitude dos diferentes tipos de AI;
- (ii) abordar as respetivas causas e mecanismos;
- (iii) garantir que os impactos não comprometem a prestação do serviço, a eficiência no uso de recursos ou a utilização do espaço público.

Este artigo foca o primeiro objetivo, estabelecendo critérios e métricas para a sua avaliação das AI em termos de magnitude. Para diagnosticar a existência e a relevância das diferentes afluências, é necessário atribuir-lhes uma ordem de grandeza, qualitativa ou quantitativa, tarefa que pode ser realizada através da aplicação de um sistema de avaliação de desempenho específico.

3.2. Sistema de avaliação de desempenho iAFLUI

A estrutura do sistema de avaliação de desempenho desenvolvido, centrada na definição de objetivos, critérios e métricas (O-C-M), está alinhada com modelos previamente propostos na literatura (ALMEIDA *et al.*, 2021; JORGE *et al.*, 2021). No âmbito da iAFLUI, o sistema de avaliação de desempenho ao nível tático, especificamente desenvolvido para o controlo de AI, tem os seguintes objetivos:

- OT1 Controlo da magnitude das afluências aos sistemas
- OT2 Prevenção de AI e indesejadas
- OT3 Fornecimento de serviço eficaz em condições normais e em excedência
- OT4 Eficiência no uso de recursos (e.g. água, energia, RH)
- OT5 Sustentabilidade da comunidade

Estes objetivos refletem as diferentes perspetivas que permitem avaliar o efeito das AI.

Este sistema foi testado e consolidado nas duas edições anteriores desta iniciativa, estando alinhado com

as orientações da diretiva referida, sendo que a 4ª geração do sistema de avaliação da qualidade de serviço da ERSAR já incorpora algumas das variáveis que permitem calcular algumas métricas relevantes. Este SAD tem, para os cinco objetivos acima referidos, 24 critérios e 100 métricas (Figura 3).

Objetivos táticos da EG		Total: 5
ID_O	Objetivo	Descrição objetivo
OT1	Controlo da magnitude das afluições aos sistemas	Controlar as afluições aos sistemas de modo a atuar na redução das indevidas e
OT2		Prevenção de afluições indevidas e indesejadas
OT3		Fornecimento de serviço eficaz em condições normais e em excedência
OT4		Eficiência no uso de recursos
OT5		Sustentabilidade da comunidade

Critérios táticos		Total: 97
ID_C	Critério	Descrição critério
CT11	Afluições excedentes	Águas afluentes a sistemas de águas residuais (afluência indevida) e unitários (afluência excessiva). Aspectos essencialmente de quantidade.
CT12	Afluições pluviais	
CT13	Afluições de infiltração	
CT14	Afluições fluviais ou similares	
CT15	Afluições domésticas ou similares	
CT16	Afluições industriais	
CT17	Afluições de outras águas residuais	
CT18	Afluições salinas	

Métricas básicas		Total: 100
ID_M	Métrica	Descrição métrica
M111	Sazonalidade das afluições (-)	Relação entre as afluições máximas e mínimas em períodos de tempo definidos.
M112	Sazonalidade das afluições relacionada com o consumo de água (-)	Relação entre o quociente das afluições e o consumo de água nos meses com maiores volumes de consumo.
M113	Afluições excessivas (-)	Relação entre o quociente das afluições e o consumo de água nos meses com maiores volumes de consumo.
M121	Afluições em períodos com precipitação (-)	Relação entre as afluições (comissão dos volumes) nos meses com maiores precipitações e as das três meses de menores precipitações.
M122	Afluições excessivas associadas à precipitação (-)	Relação entre as afluições (comissão dos volumes) nos meses com maiores precipitações e as das três meses de menores precipitações.
M131	Caudal mínimo (-)	Relação entre as afluições (comissão dos volumes) nos meses com maiores precipitações e as das três meses de menores precipitações.
M132	Caudal de infiltração (-)	Relação entre as afluições (comissão dos volumes) nos meses com maiores precipitações e as das três meses de menores precipitações.
M14	Afluições fluviais ou similares	Relação entre as afluições (comissão dos volumes) nos meses com maiores precipitações e as das três meses de menores precipitações.
M15	Afluições residuais domésticas ou similares	Relação entre as afluições (comissão dos volumes) nos meses com maiores precipitações e as das três meses de menores precipitações.
M16	Afluições industriais	Relação entre as afluições (comissão dos volumes) nos meses com maiores precipitações e as das três meses de menores precipitações.
M17	Afluições de outras águas residuais	Relação entre as afluições (comissão dos volumes) nos meses com maiores precipitações e as das três meses de menores precipitações.
M18	Afluições salinas	Relação entre as afluições (comissão dos volumes) nos meses com maiores precipitações e as das três meses de menores precipitações.

Figura 3 - Ilustração da estrutura do SAD iAFLUI: objetivos, critérios e métricas

O SAD foi inicialmente estruturado a partir de metodologias semelhantes (JORGE *et al.*, 2021; ALMEIDA *et al.*, 2021) e posteriormente aperfeiçoado e validado em colaboração gradual com equipas de entidades gestoras, incorporando ajustamentos de acordo com as necessidades e a disponibilidade de dados. Os critérios (Cxy, no Quadro 1) refletem diferentes perspetivas de análise: alguns relacionados com quantidade de água, outros com qualidade, e alguns com ambas. A aplicabilidade dos critérios depende do tipo de sistema e do contexto. Apenas se incluem neste quadro as métricas (Mxyz, no Quadro 1) associadas aos três primeiros critérios.

Quadro 1 - SAD iAFLUI: Critérios para o objetivo (OT1) - Controlo da magnitude das afluições aos sistemas

Métrica	Aplicável a	Tipo de dados
C11: Afluições excedentes	SAR, SU	
M111: Sazonalidade das afluições (-)		Mensais
M112: Sazonalidade das afluições relacionada com o consumo de água (-)		Mensais
M113: Afluições excessivas (-)		Detalhados*
C12: Águas pluviais	SAR, SU	
M121: Afluições em períodos com precipitação (-)		Detalhados*
M122: Afluições excessivas associadas à precipitação (-)		Detalhados*
C13: Infiltração	SAR, SU	
M131: Caudal mínimo (-)		Detalhados*
M132: Caudal de infiltração (-)		Detalhados*
C14: Afluições fluviais ou similares	SAR, SU	
C15: Afluições residuais domésticas ou similares	SAP, SN, AC	
C16: Afluições industriais	SAR, SU, SAP, SN, AC	
C17: Afluições de outras águas residuais	SAR, SU, SAP, SN, AC	
C18: Afluições salinas	SAR, SU, SAP	
C19: Afluições de material sólido	SAR, SU, SAP	

SAR: Sistema de águas residuais; SU: Sistema unitário; SAP: Sistema de águas pluviais; SN: Sistema fluvial; AC: Águas costeiras; *Dados detalhados incluem, por exemplo, dados com intervalo horário ou inferior

Neste quadro indicam-se também os sistemas para os quais se aplicam os critérios e as métricas correspondentes. Por exemplo, o critério C15 avalia a magnitude das afluições domésticas ou similares a

sistemas separativos pluviais, a linhas de água e a águas costeiras, não sendo aplicável a sistemas separativos residuais. No caso das afluições salinas (C18) aplica-se a sistemas separativos residuais, unitários ou separativos pluviais, aplicável em áreas costeiras. Alguns critérios são específicos para um tipo de afluição (como o C18 relativo a afluições salinas, BRITO *et al.*, 2022a), enquanto outros abrangem várias tipologias. Por exemplo, C11 fornece a magnitude global das AI ou excessivas, C12 quantifica as afluições de origem pluvial (diretas ou retardadas), cuja distinção exige análises de dados de caudal mais avançadas. Aprofundando a avaliação com os critérios C13 a C18 é possível desagregar os tipos de afluições ou analisar os diferentes sistemas. O número de métricas por critério varia entre 2 e 6, totalizando 31 métricas propostas para este objetivo, mas a EG deverá selecionar quais utiliza em função dos dados de que dispõe. Os dados necessários dependem da métrica e incluem dados mensais e horários (ou inferior) de caudal e precipitação, dados de análises de qualidade da água, dados de inspeções de campo ou até dados qualitativos, de acordo com níveis de confirmação: (i) não existe, confirmado em campo; (ii) existe, confirmado em campo; (iii) não existe, segundo conhecimento da EG, sem confirmação total; (iv) existe, segundo conhecimento da EG, sem confirmação total; (v) informação insuficiente. Os detalhes sobre requisitos de dados encontram-se em BRITO *et al.* (2022b). Este sistema fornece assim informação sobre os dados que podem ser obtidos no futuro orientando assim as táticas e ações para melhoria do conhecimento sobre o funcionamento do sistema.

Nesta comunicação o foco é nos critérios C11, C12 e C13 do objetivo OT1 (Controlo da magnitude das afluições aos sistemas) para ilustrar como diferentes métricas nos permitem distintos pontos de vista sobre as AI, usando dados diferenciados, o que permite que as entidades gestoras possam avançar com um planeamento suportado neste sistema de avaliação, conforme aplicável.

3.3. Definição das métricas para os critérios C11, C12 e C13

A sazonalidade das afluições (M111) pode ser obtida pelo quociente entre os volumes mensais de água residual recolhida ou tratada nos três meses com maiores volumes, VAR_{3M} , e os três meses com menores volumes, VAR_{3m} , (Equação (1)). Esta métrica foi adotada pela ERSAR na 4ª Geração do sistema de avaliação da qualidade dos serviços (ERSAR, 2022):

$$M111 = \frac{\sum VAR_{3M}}{\sum VAR_{3m}} \quad (1)$$

Esta métrica permite destacar as variações sazonais ao longo de cada ano. Esta métrica também permite ter uma estimativa da magnitude das AI. Esta estimativa seria mais aproximada se estivessem incluídos os volumes de água residual ou unitária descarregados pelos descarregadores de tempestade e de emergência. Mesmo nesta situação mais favorável, existem incertezas relativamente a volumes que não entram ou que saem do sistema (por exemplo, de inundação) quando existe excedência por capacidade insuficiente. A sua avaliação deve sempre considerar estas condicionantes, que resultam numa subestimativa das AI, mas que constitui uma primeira aproximação de interesse para entidades que tenham estes dados mensais. Em sistemas unitários, esta métrica tem maiores limitações dado que, neste caso, as afluições pluviais e outras que afetem a sazonalidade são devidamente afluentes ao sistema. No entanto, é útil para avaliar os caudais afluentes a ETAR e a estações elevatórias.

A métrica da sazonalidade das afluições em relação ao consumo de água (M112) permite ter em conta alguma sazonalidade devida à variação da população presente ao longo do ano, que pode ser muito significativa, por exemplo, se existir muito turismo na época seca (Equação 2), sendo VAA_{3M} o volume de abastecimento de água na mesma área e para os mesmos meses com maiores volumes de água residual e sendo VAA_{3m} o volume de abastecimento de água na mesma área e para os mesmos meses com menores

volumes de água residual. Assim, esta métrica complementa a anterior, e representa a sazonalidade dos fatores de afluência.

$$M112 = \frac{\sum VAR_{3M} / \sum VAA_{3M}}{\sum VAR_{3m} / \sum VAA_{3m}} \quad (2)$$

A métrica M113, relativa a afluências excessivas, avalia as afluências acima do caudal do padrão de tempo seco em época seca (Equação 3), onde VAR é o caudal recolhido ou tratado e $VAR_{p75-p25}$ é o caudal que resulta da diferença entre o padrão de tempo seco e época seca para o percentil 75 e o percentil 25 da amostra de dias utilizada, ou seja uma estimativa do caudal residencial e outros usos urbanos. ALMEIDA *et al.* (2025) apresenta a explicação detalhada da determinação de padrões de tempo seco a partir dos quais se calculam os valores dos percentis.

$$M113 = \frac{VAR - VAR_{p75-p25}}{VAR_{p75-p25}} \quad (3)$$

Relativamente às afluências derivadas da precipitação, M121 e M122, aplica-se uma abordagem semelhante à anterior, sendo especialmente útil quando não está disponível informação detalhada. A métrica M121, AI em períodos de precipitação, permite estimar a sazonalidade derivada da precipitação ao longo do ano. Esta métrica compara as afluências nos três meses com maior precipitação, ou seja, volume recolhido ou tratado $VAR_{prec\ 3M}$, e os três meses com menor precipitação, ou seja, volume recolhido ou tratado $VAR_{prec\ 3m}$, ao longo do ano (Equação 4).

$$M121 = \frac{\sum VAR_{prec\ 3M}}{\sum VAR_{prec\ 3m}} \quad (4)$$

A métrica M122, relativa a AI com origem na precipitação, complementa a M121. Também requer dados detalhados como para a métrica M113, e permite estimar as afluências diretas ou retardadas derivadas da precipitação; a decomposição dos hidrogramas e o cálculo dos valores respetivos é feita deduzindo o padrão de tempo seco em época seca aos caudais registados nos períodos de precipitação. Esta métrica é calculada pela Equação 5, ou seja, o rácio entre o volume excedente ao volume de tempo seco em época seca e o volume de tempo seco em época seca nos mesmos períodos, sendo VAR_{prec} o volume de água recolhida ou tratada quando ocorre precipitação e até recessão completa da componente do hidrograma induzida pela precipitação.

$$M122 = \frac{VAR_{prec} - VAR_{p75-p25}}{VAR_{p75-p25}} \quad (5)$$

As métricas M131 e M132 permitem obter informação adicional sobre os caudais mínimos. A M131 determina o rácio entre o caudal mínimo diário, Q_{min} , (dado pelo mínimo do percentil 25 do padrão de tempo seco diário) e o caudal médio de tempo seco, Q_{med} , para um número representativo de dias selecionados (Equação 6). Em qualquer período do ano, o caudal mínimo diário resulta, não apenas de descargas noturnas e da infiltração, mas também da atenuação dos hidrogramas durante o transporte ao longo das redes, de montante para jusante.

$$M131 = \frac{Q_{min}}{Q_{med}} \quad (6)$$

Quando estão disponíveis dados detalhados para as épocas seca e húmida, a métrica M132 permite obter um proxy da infiltração calculado pela diferença entre os percentis 25 do padrão de tempo seco em época húmida ($VAR_{min\ época\ húmida}$) e em época seca ($VAR_{min\ época\ seca}$). A comparação dos dois padrões para dias sem precipitação em épocas do ano distintas resulta numa estimativa do acréscimo das aflúências no escoamento de base. Esta métrica calcula o rácio entre esta estimativa da infiltração e o volume médio diário de tempo seco em época seca (Equação 7).

$$M132 = \frac{VAR_{min\ época\ húmida} - VAR_{min\ época\ seca}}{VAR_{médio\ de\ época\ seca}} \quad (7)$$

Os valores de referências validados com as EG participantes na iAFLUI são apresentados no Quadro 2.

Quadro 2 - Valores de referência para as métricas seleccionadas

Métrica	Valores de referência (Bom; Mediano; Insatisfatório)
C11: Afluências excedentes	
M111: Sazonalidade das aflúências (-)	[1, 1.25]; [1.25, 2]; [2, +∞]
M112: Sazonalidade das aflúências relacionada com o consumo de água (-)	[1, 1.5]; [1.5, 3]; [3, +∞]
M113: Afluências excessivas (-)	[0, 2]; [2, 5]; [5, +∞]
C12: Águas pluviais	
M121: Afluências em períodos com precipitação (-)	[0, 1.25]; [1.25, 2]; [2, +∞]
M122: Afluências excessivas associadas à precipitação (-)	[0, 2]; [2, 5]; [5, +∞]
C13: Infiltração	
M131: Caudal mínimo (-)	[0, 0.25]; [0.25, 0.5]; [0.5, 1]
M132: Caudal de infiltração (-)	[0, 0.1]; [0.1, 0.25]; [0.25, 1]

4. RESULTADOS

4.1. Resultados nacionais

A 4ª geração do *Guia de avaliação da qualidade dos serviços de águas e resíduos prestados aos utilizadores* de 2022 (ERSAR, 2022) permite ter mais dados a nível nacional para algumas entidades gestoras, por exemplo, valores sobre a sazonalidade das aflúências de águas residuais e de consumo de água. A partir do relatório anual da ERSAR RASARP 2024 (ERSAR, 2025), que já inclui os valores para esta métrica nos casos em que a EG os forneceu, foi possível analisar a métrica M111 para os sistemas de águas residuais e também o seu equivalente para o abastecimento de água (Quadro 3 e Figura 4), para os sistemas em alta e em baixa.

Quadro 3 - Sazonalidade: estatísticas para a métrica M111 (SAR) e o seu equivalente para SAA

Métrica ou indicador	Amostra	Média	Mínimo	P ₂₅	Mediana	P ₇₅	Máximo
M111 SAR alta	12	1.65	1.25	1.38	1.56	1.83	2.24
Sazonalidade SAA alta	9	1.65	1.14	1.27	1.41	1.57	3.60
M111 SAR baixa	66	2.54	1.05	1.68	2.05	2.63	12.97
Sazonalidade SAA baixa	33	2.79	1.0	1.0	2.0	2.0	28.0

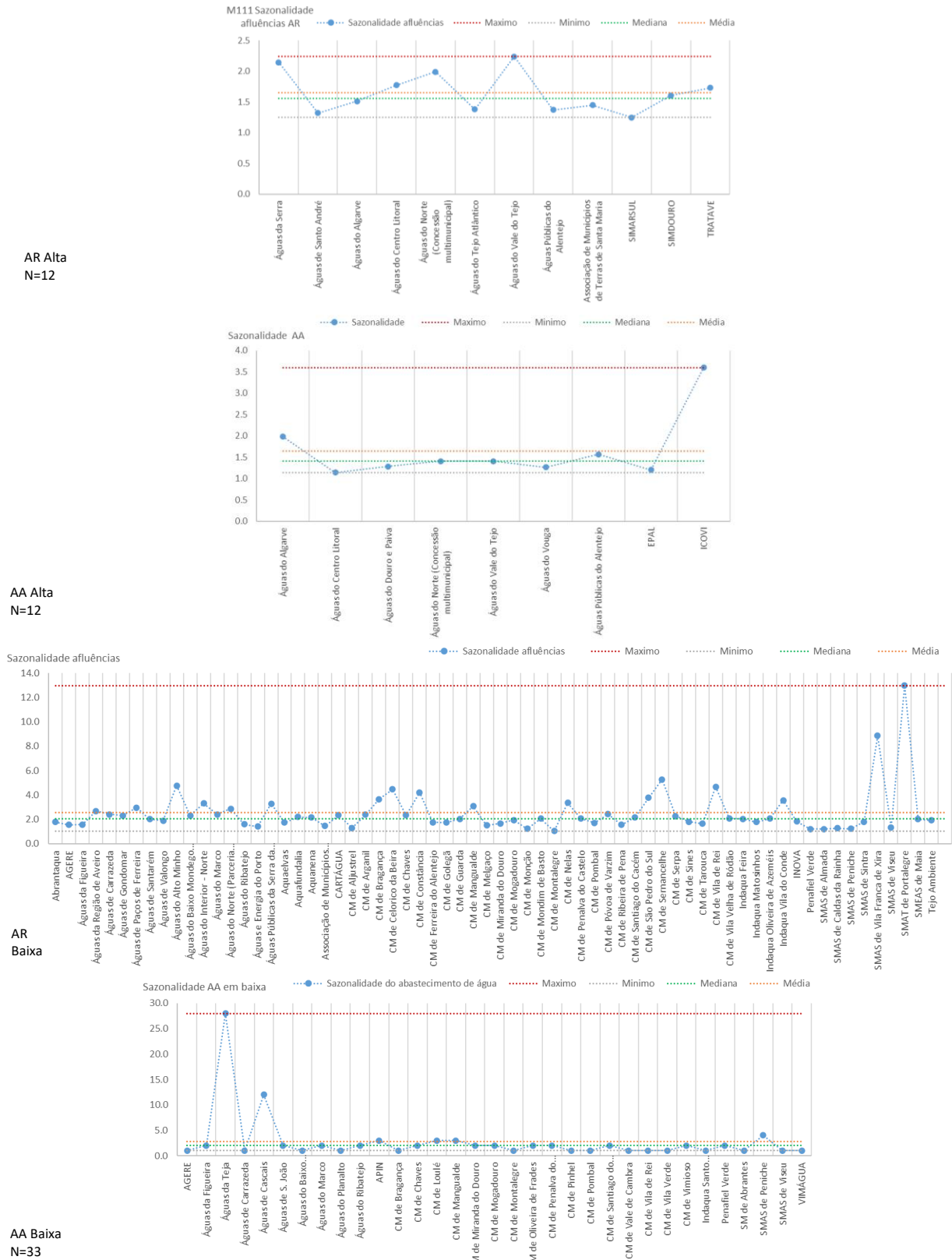


Figura 4 - Sazonalidade das afluências de AR (M111) e do abastecimento de água com dados ERSAR de 2023

Os valores de sazonalidade do Quadro 3 mostram que esta tende a ser mais acentuada nos sistemas de águas residuais do que nos sistemas de abastecimento de água, embora em média e em mediana não tenham grandes desvios. Caso a variação anual nos sistemas de água residual se devesse unicamente à variação no consumo de água, ao longo do ano, seria expectável que as sazonalidades destes serviços fossem idênticas. Naturalmente que esta amostra é limitada e existem alguns valores mais elevados nas baixas que poderão resultar de ocorrências específicas (e.g., uma rotura importante no SAA). Nos sistemas de águas residuais, a sazonalidade é significativamente amortecida por apenas serem contabilizados os volumes recolhidos ou tratados, que estarão limitados pela capacidade dos sistemas de transporte, estações elevatórias e ETAR existentes, não sendo contabilizados os volumes que saem do sistema de drenagem.

Embora as métricas de sazonalidade entre sistemas de águas residuais e de abastecimento sejam ambos relativos aos 3 meses de maiores volumes e 3 meses de menores volumes, tendencialmente, para a maioria das entidades, estes meses não coincidem nestes dois serviços. Nesta situação os meses de maiores volumes para águas residuais serão os meses de época húmida, normalmente com temperaturas menores e com aflúências de caudais pluviais, e os meses com maiores volumes de abastecimento de água serão os de época seca, com maiores temperaturas e por vezes com maior sazonalidade na população presente. Assim, é possível calcular a métrica M111 (no sistema ERSAR, respetivamente, PAR03a e PAR03b para águas residuais em alta e em baixa) e a equivalente para as entidades de abastecimento de água (no sistema ERSAR, respetivamente, PAA05a e PAA05b para águas residuais em alta e em baixa).

Para calcular a métrica M112, sazonalidade das aflúências relacionada com o consumo de água, os dados disponíveis no sistema ERSAR não são suficientes, uma vez que os meses a associar aos volumes de abastecimento de água teriam de coincidir com os respetivos meses de cálculo das águas residuais. No entanto, este cálculo será viável ao nível das entidades gestoras que tenham acesso aos dados mensais dos dois serviços (ver secção 4.2). A avaliação da sazonalidade beneficia da colaboração entre entidades gestoras na partilha de dados e no combate às ineficiências tanto associadas às AI como às perdas reais dos sistemas de abastecimento.

4.2. Resultados iAFLUI

Na iAFLUI 2019|2021 foi testada e validada a versão atual do sistema de avaliação de desempenho para controlo de aflúências indevidas, tendo todas as entidades participantes elaborado um plano específico para esse efeito.

Apesar das limitações existentes ao nível dos dados, todas as EG aplicaram um conjunto relevante de métricas, abrangendo o sistema global ou apenas subsistemas, conforme a disponibilidade de informação em cada caso. A Figura 5 apresenta os resultados das métricas selecionadas para o OT1, indicando para cada métrica o número de casos em que foi utilizada. As cores dos gráficos de bigodes correspondem aos valores de referência definidos no Quadro 2.

A sazonalidade das aflúências, MT111, revela-se relevante para a maioria dos locais analisados, apresentando em alguns casos valores bastante elevados. A sazonalidade com base na evolução do consumo de água, MT112, apenas foi avaliada para cinco locais. Os resultados relativos à magnitude das aflúências excessivas, MT113, que é determinada com base em dados pormenorizados, de resolução horária ou inferior, indicam que estas têm relevância significativa na maioria dos locais e são particularmente acentuadas em alguns deles.

Quando considerados apenas os períodos com precipitação, verifica-se que as aflúências associadas a estes eventos explicam parcialmente a sazonalidade observada, por exemplo, por comparação entre MT121 e MT111. Com dados mais pormenorizados, torna-se possível identificar de forma mais precisa o impacto dos eventos de precipitação, MT122, evidenciando a importância destas AI, em linha com os resultados de MT113.

No que respeita aos caudais mínimos, MT131, estas AI não se destacam em termos de magnitude nos locais em estudo, situação semelhante à observada para os caudais de infiltração, MT132. Contudo, este facto não permite concluir que o fenómeno esteja ausente nos casos analisados.

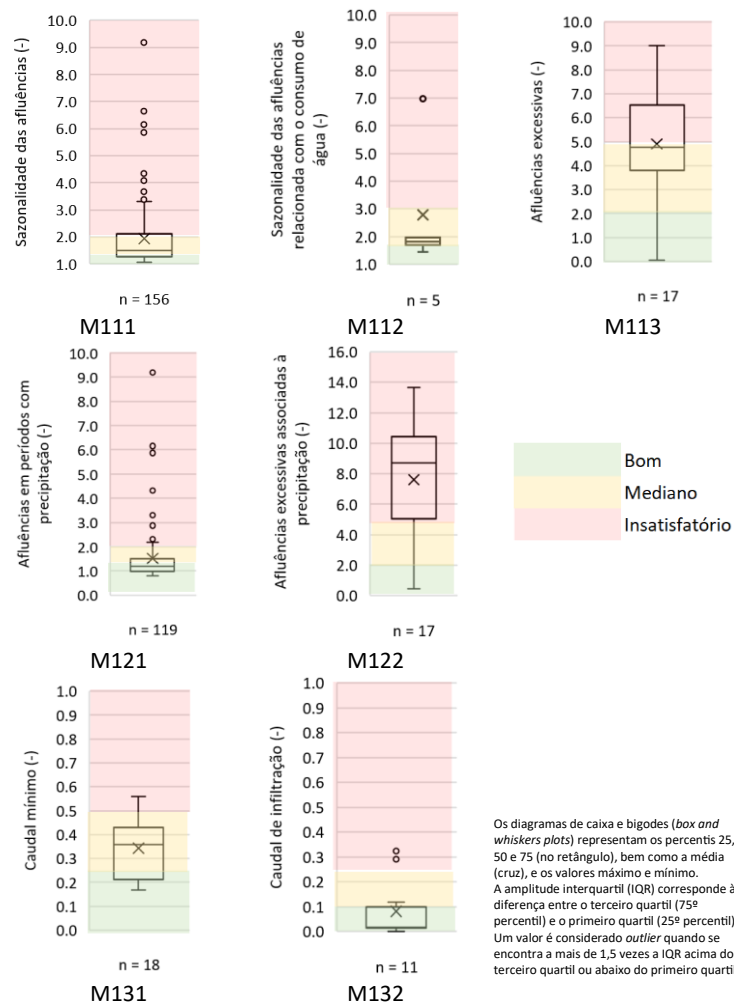


Figura 5 - Resultados das métricas para C11, C12 e C13.

Para uma compreensão mais aprofundada será necessário aplicar o sistema de avaliação na sua totalidade, incluindo as métricas associadas aos restantes critérios, bem como a diferentes setores do sistema, de modo a avaliar a relevância efetiva das consequências e a identificar as zonas mais expostas a cada tipo de AI.

Em todos os resultados analisados, é relevante salientar que a ausência de dados relativos a caudais descarregados ou a episódios de inundação — para os quais não existem medições disponíveis — conduz

inevitavelmente a uma subestimação da magnitude efetiva das AI. De igual modo, a utilização de séries temporais agregadas à escala mensal atenua a variabilidade, amortecendo os picos diários e originando, igualmente numa subestimação.

Estas limitações metodológicas e condicionantes de base devem ser claramente explicitadas na interpretação dos resultados, de forma a garantir a sua correta contextualização. O impacto destas restrições será tanto menos significativo quanto maior for a robustez e a fiabilidade dos sistemas de monitorização dos caudais afluentes e efluentes.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora a eliminação total das AI seja impraticável, é fundamental estabelecer um plano de atuação alinhado com os objetivos de cada entidade gestora (EG), orientado para o seu controlo. Para isso, recomenda-se a adoção de uma abordagem metodológica estruturada, que permita identificar as causas, os mecanismos e as consequências associadas, como base para a seleção criteriosa de medidas que assegurem a sua redução progressiva. Tal redução, até níveis residuais aceitáveis, exige a caracterização rigorosa das causas predominantes e a identificação de locais críticos de intervenção prioritária, promovendo ganhos de eficiência e eficácia nos domínios económico, ambiental e operacional.

A aplicação da de algumas métricas da metodologia iAFLUI a várias entidades gestoras nacionais evidencia que a sazonalidade das aflúências aos sistemas de águas residuais é manifestamente superior à dos sistemas de abastecimento correspondente, sendo evidente, nos casos em que está disponível informação relativa a precipitação e a dados pormenorizados de caudal, que uma parcela relevante dessa diferença ocorre na sequência de eventos de precipitação.

Neste contexto, é imperativo e urgente assegurar o controlo efetivo das AI, dada a sua relevância crítica para a sustentabilidade ambiental, operacional e económica dos sistemas. Considera-se que é fundamental uma abordagem estruturada, do nível estratégico ao operacional, por parte das EG. É essencial que estas procedam, de forma sistemática, ao reconhecimento das tipologias de AI existentes em cada setor do sistema, estimem a sua magnitude e identifiquem com rigor os mecanismos de causa-efeito associados. Só assim será possível localizar a origem das aflúências indevida mais relevantes e conceber e implementar planos de ação integrados, transversais e tecnicamente fundamentados, que permitam mitigar de forma eficaz este problema persistente e complexo.

A iAFLUI é um projeto colaborativo que apoia as entidades gestoras de drenagem urbana na gestão das AI, promovendo diagnósticos, planos de controlo e a aplicação de metodologias atualizadas. O programa fomenta a partilha de experiências entre EG, dissemina boas práticas e capacita técnicos, fortalecendo a eficiência e a sustentabilidade do setor. Encontra-se em preparação a 3.ª edição da iAFLUI, a implementar em 2026.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos participantes no projeto iAFLUI, e às respetivas EG, toda a colaboração e dedicação ao longo do projeto, nas suas duas edições.

BIBLIOGRAFIA

ALMEIDA, M.C.; BRITO, R.S. ; JORGE, C. ; RIBEIRO, A.S. ; SIMÕES, C. – “Afluências indevidas: abordagem iAFLUI de planeamento integrado”, in 20.ª ENASB, Carcavelos, 2022.

ALMEIDA, M.C.; BRITO, R.S.; JORGE, C.; CARDOSO, M.A. – “Performance assessment system to wastewater utilities strategic planning”. *Water*,13(18), 2021b. <https://doi.org/10.3390/w13182489>.

ALMEIDA, M.C.; BRITO, R.S.; JORGE, C.; RIBEIRO, A.S.; SIMÕES, C. – “Afluências indevidas a sistemas de drenagem urbana: uma abordagem integrada”, in ENEG 2021, Vilamoura, 2021a.

BRITO, R.S.; ALMEIDA, M.C.; RIBEIRO, A.S. – “Enhancing hydraulic data reliability in sewers”. *Water Practice and Technology*, IWA Publishing, 17 (1): 431–444, 2022b. <https://doi.org/10.2166/wpt.2021.093>

BRITO, R.S.; ALMEIDA, M.C.; SILVA, N.; BARRETO, S.; VERÍSSIMO, F. – “Assessing intermittent saline inflows in urban water systems”. *Water Science and Technology*, 85 (1): 90–103, 2022a. <https://doi.org/10.2166/wst.2021.622>

ELLIS, J.B.; BUTLER, D. – “Surface water sewer misconnections in England and Wales: Pollution sources and impacts”. *Sci. Total Environ.* 526, 98–109, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.04.042>.

ERSAR (2025) – RASARP - Relatório anual dos serviços de águas e resíduos em Portugal. Volume 1. Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos.

JORGE, C.; ALMEIDA, M.C.; BRITO, R.S.; COVAS, D. – “Water, energy, and emissions nexus: Effect of inflows in urban drainage systems”. *Water* 14, 868, 2022. <https://doi.org/10.3390/w14060868>.

PENSAARP2030 – “Plano Estratégico para o Abastecimento de Água e Gestão de Águas Residuais e Pluviais 2030”. Resolução do Conselho de Ministros n.º 23/2024, 2024, Diário da República n.º 25/2024, Série I de 2024-02-05.

SALETTI, A.O.; LINDHE, A.; SÖDERQVIST, T.; ROSÉN, L. – “Costs to society from infiltration and inflow to wastewater systems”. *Water Res.*, 229, 2320, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2022.119505>.

UE – “Diretiva (UE) 2024/3019 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 27 de novembro de 2024, relativa ao tratamento de águas residuais urbanas (reformulação)”. Publicada no Jornal Oficial da União Europeia, Série L, n.º 328, 2024, de 12 de dezembro de 2024.