

## **ADAPTAÇÃO ÀS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS DE SISTEMAS DE DRENAGEM URBANA: MEDIDAS PARA O EFEITO COMBINADO DA PRECIPITAÇÃO E DA SUBIDA DO NÍVEL DO MAR**

Luís Mesquita DAVID<sup>(1)</sup>; Maria Adriana CARDOSO<sup>(2)</sup>

### **RESUMO**

A subida do nível do mar e o aumento dos extremos hidrológicos, previstos para Portugal devido às alterações climáticas, terão implicações importantes no desempenho dos sistemas de drenagem urbana existentes bem como na conceção de novos sistemas. A combinação destes efeitos irá afetar particularmente os sistemas de drenagem localizados em zonas costeiras ou estuarinas, com o aumento de riscos de inundação de espaços urbanos e de propriedades, de poluição das massas de água, de degradação e danificação das infraestruturas e de perda de eficiência dos sistemas e processos. Consequentemente, esperam-se maiores exigências na gestão e tratamento de águas residuais, com o inerente acréscimo das necessidades de proteção, dos requisitos das infraestruturas e do consumo de energia e consumíveis. As políticas e práticas de gestão terão de se adaptar para que os objetivos de segurança de pessoas e bens contra inundações e de proteção da saúde pública e do ambiente natural continuem a ser atendidos num clima em mudança. Neste artigo faz-se uma revisão das principais medidas que poderão contribuir para prevenir e reduzir os problemas decorrentes da subida do nível do mar e das alterações do regime de precipitação, procurando identificar para cada medida as áreas de aplicação, os requisitos de aplicação, manutenção e manuseamento e as principais potencialidades e limitações.

### **PALAVRAS-CHAVE**

Águas pluviais, drenagem urbana, alterações climáticas, medidas de adaptação

---

<sup>(1)</sup> Investigador Auxiliar, LNEC (DHA/NES), Av. do Brasil 101, 1700-066 Lisboa, [ldavid@lneec.pt](mailto:ldavid@lneec.pt)

<sup>(2)</sup> Investigadora Auxiliar, LNEC (DHA/NES), Av. do Brasil 101, 1700-066 Lisboa, [macardoso@lneec.pt](mailto:macardoso@lneec.pt)

## 1 - INTRODUÇÃO

As alterações climáticas previsivelmente irão provocar a subida do nível do mar e afetar a frequência, a magnitude, a duração e as distribuições local e temporal da precipitação. A subida do nível do mar e o aumento dos extremos hidrológicos, previstos para algumas regiões, terão implicações importantes no desempenho dos sistemas de drenagem urbana existentes, bem como na conceção de novos sistemas. Assim, as políticas e práticas de gestão destes sistemas terão de se adaptar, para que os objetivos de segurança de pessoas e bens contra inundações e de proteção da saúde pública e do ambiente natural continuem a ser atendidos num clima em mudança.

A combinação destes efeitos irá afetar particularmente os sistemas de drenagem localizados em zonas costeiras ou estuarinas, com o aumento do risco de:

- inundação de espaços urbanos e de propriedades;
- inundação de ETAR;
- excedência da capacidade de bombagem e de tratamento;
- danificação das infraestruturas existentes;
- redução da eficiência do tratamento nas ETAR;
- intrusão de água salgada na rede de águas residuais, reduzindo a eficiência do tratamento na ETAR e acelerando a deterioração das infraestruturas;
- aumento de aflúncias pluviais e de infiltração de águas subterrâneas às redes de drenagem;
- aumento da descarga de excedentes de sistemas unitários, mistos ou pseudo-separativos;
- redução da qualidade da água das massas de água recetoras.

Consequentemente, esperam-se maiores exigências na gestão e tratamento de águas residuais, com o inerente acréscimo das necessidades de proteção, dos requisitos das infraestruturas e do consumo de energia e consumíveis (CH2M Hill, 2009).

Este artigo apresenta uma revisão das principais medidas atualmente existentes que poderão contribuir para prevenir e reduzir os problemas decorrentes da subida do nível do mar e das alterações do regime de precipitação.

## 2 - PRINCIPAIS MEDIDAS E TÉCNICAS EXISTENTES

Os sistemas de drenagem urbana sujeitos ao efeito combinado de precipitação e de maré estão sujeitos simultaneamente a solicitações provenientes de montante e de jusante. Assim, nestes casos é particularmente importante que o planeamento da sua adaptação tenha em consideração não só o sistema integrado, como as diferentes combinações de medidas e tecnologias a implementar ao longo de toda a bacia de drenagem.

As medidas que podem contribuir para prevenir e reduzir os problemas decorrentes da subida do nível do mar e das alterações do regime de precipitação podem ser classificadas nos seguintes três grupos:

- medidas estruturais de engenharia convencional (“hard structural measures”, em terminologia anglo-saxónica);
- medidas com pequenas estruturas descentralizadas (“soft structural measures”, em terminologia anglo-saxónica);
- medidas não-estruturais (“non-structural measures”, em terminologia anglo-saxónica).

As medidas estruturais de engenharia convencional incluem o aumento dos volumes de armazenamento no sistema de drenagem, a instalação de válvulas de retenção, a realocação e o redimensionamento de estruturas de descarga sujeitas ao efeito de maré, a proteção, reabilitação e redimensionamento de estações elevatórias (EE) e de estações de tratamento de águas residuais (ETAR), a desconexão dos coletores de bacias de montante dos sistemas de drenagem das áreas ribeirinhas sujeitas a inundações, a separação dos sistemas de drenagem, a reabilitação dos sistemas e o tratamento de descargas de águas residuais unitárias.

As medidas que utilizam pequenas estruturas descentralizadas incluem um conjunto vasto de componentes de controlo do escoamento na origem (ao nível do lote do terreno) ou ao nível de pequenos subsistemas de drenagem, tais como: pavimentos permeáveis, poços e trincheiras de infiltração, telhados verdes, lagoas e bacias de detenção. Estas componentes devem ser combinadas num sistema global coerente, conduzindo a uma gestão mais descentralizada das águas pluviais.

As medidas não-estruturais que permitem apoiar o controlo do efeito combinado da subida do nível do mar e das alterações do regime de precipitação incluem as atividades de operação e manutenção, as práticas de planeamento e projeto, as medidas legais e regulamentares, as ações de educação e consciencialização da população e as iniciativas de incentivo ou de penalização dos proprietários relativamente ao aproveitamento ou entrega na rede pública de águas pluviais, respetivamente.

Nas secções seguintes, para cada medida procurar-se-ão identificar os principais domínios de aplicação, os requisitos de aplicação, manutenção e manuseamento e as principais potencialidades e limitações.

### **3 - MEDIDAS ESTRUTURAIS DE ENGENHARIA CONVENCIONAL**

#### **3.1 - Instalação de válvulas de retenção**

Descrição: instalação de válvulas de retenção em pontos de descarga para o meio recetor sujeitos ao efeito da maré, ou em coletores a jusante de caves ou de locais com cotas reduzidas, sujeitos a inundações devido a inversão do sentido do escoamento.

Objetivo: 1) Evitar a afluência aos coletores de água proveniente da maré, reduzindo as inundações, a deposição de sedimentos e impactos nas EE e em ETAR. 2) Reduzir inundações em caves e em áreas baixas devido a inversão do sentido do escoamento.

Aplicação: locais de descarga para o meio recetor e coletores sujeitos a refluxo.

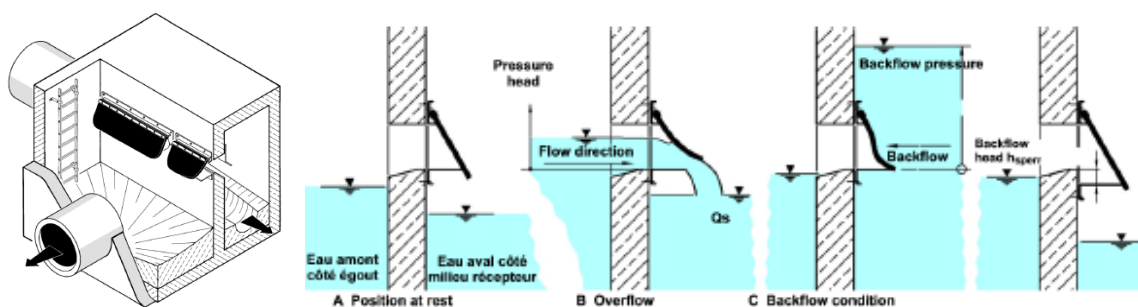
Manutenção: é conveniente efetuar inspeções regulares (USEPA, 1999); não é necessário fazer manutenção específica caso as válvulas não estejam sujeitas à acumulação de detritos ou não apresentem outros problemas, tais como empenamento, vazamento ou fissuração.

Requisitos: 1) As válvulas de retenção devem ser instaladas por forma a evitar a acumulação de detritos. 2) Os pontos de descarga para o meio recetor devem localizar-se em pequenas reentrâncias que protejam as válvulas da ação direta das ondas; caso contrário, o local deve ser protegido por defletores (Mission Rubber, 2010).

Vantagens: constituem soluções relativamente pouco dispendiosas, de construção e manutenção simples.

Limitações: as válvulas de retenção típicas podem estar sujeitas a incrustações, colagens, empenamentos e a ficarem presas. O peso próprio das válvulas em aço inoxidável exige alguma carga hidráulica para a sua abertura, o que pode agravar as inundações. As válvulas elastoméricas (de abas ou do tipo bico-de-pato) podem reduzir estes problemas, sendo projetadas para abrirem com menores cargas hidráulicas e para se fecharem com a passagem de detritos (US EPA, 1999). O fabrico em borracha flexível permite reduzir a perda de carga e melhorar a resistência à corrosão (John Meunier Inc., 2008). Algumas válvulas estão providas com uma camada exterior repelente ao crescimento de organismos marinhos (Power Co, 2010). A Figura 1 ilustra o funcionamento de válvulas de retenção fabricadas com abas flexíveis de borracha numa estrutura de descarga de um sistema de drenagem unitário. A Figura 2 mostra alguns exemplos de válvulas bico-de-pato.

Comentários: em casos particulares, tais como para a proteção de caves, pode ser conveniente combinar uma válvula de retenção (para fecho automático) com uma válvula de esfera ou de comporta (que requer encerramento manual ou ativado hidráulicamente) para assegurar uma maior vedação (Kansas Ready.gov Web site, 2010). Devem-se prever câmaras de acesso às válvulas, sempre que necessário para a sua manutenção (EN 752:2008).



**Figura 1.** Válvulas de retenção fabricadas com abas flexíveis de borracha, instaladas numa estrutura de descarga de um sistema de drenagem unitário (imagens de John Meunier Inc., 2008)



**Figura 2.** Válvulas elastoméricas do tipo bico-de-pato (Imagens de Power Plant Supply Co., 2012)

### 3.2 Desconexão entre bacias de montante e bacias de jusante sujeitas a inundações

Descrição: desconexão dos coletores que drenam as bacias de montante para os sistemas de drenagem das áreas baixas sujeitas à influência da maré. Esta medida também pode ser implementada através da instalação de válvulas de retenção que impeçam a passagem do escoamento do emissário principal para os sistemas de drenagem ribeirinhos a ele ligados.

Objetivo: 1) Mitigar inundações das áreas baixas dos aglomerados urbanos causadas ou agravadas pela afluência de caudais das bacias de montante. 2) Evitar a contaminação das escorrências superficiais por extravasamentos de coletores unitários.

Manutenção/manuseamento: o uso de válvulas de retenção requer inspeções regulares.

Área de aplicação: redes de coletores de áreas baixas propensas a inundações.

Requisitos: os emissários que drenam as bacias de montante devem estar aptos a funcionar tanto com escoamento com superfície livre como em pressão, ao longo das áreas baixas.

Limitações: 1) A desconexão das redes pode ser difícil de aplicar se o sistema de coletores a montante tiver várias ligações ao sistema da zona baixa. 2) Esta medida exige geralmente a construção de novos pontos de descarga para o meio recetor ou de novos sistemas de drenagem superficial nas áreas baixas.

Comentários: no caso de sistemas unitários ao longo da orla costeira ou ribeirinha, deve-se avaliar a viabilidade da separação dos sistemas (NYCDEP, 2010).

### **3.3 Redimensionamento ou reposicionamento de estruturas de descarga influenciadas por maré**

Descrição: redimensionar ou mover para locais com cota superior as estruturas de descarga de sistemas unitários sujeitas à ação da maré, Matias *et al.* (2010), Semadeni-Davies *et al.* (2008).

Objetivo: reabilitar o funcionamento de estruturas de descarga de sistemas unitários afetadas pelas alterações climáticas, melhorando a interceção das águas residuais para as ETAR e evitando a intrusão de água salgada na rede de drenagem, EE e ETAR, aumentando os custos de exploração e os riscos de falha e afetando o tratamento biológico.

Manutenção/manuseamento: a adoção desta medida levará provavelmente à redução das necessidades de manutenção das estruturas de descarga e do sistema global.

Área de aplicação: estruturas de descarga de sistemas unitários.

Requisitos: 1) Esta medida pode exigir a construção de novos coletores interceptores. 2) A solução final pode depender significativamente das condições locais e da topografia.

Vantagens: eliminar ou reduzir o impacto da maré e da subida do nível do mar no funcionamento dos descarregadores de tempestade, aumentando a fiabilidade e a resiliência do sistema.

Limitações: a área localizada a jusante dos descarregadores de tempestade aumenta devido à sua realocação, aumentando os caudais que têm de ser bombados para as ETAR.

Comentários: deve avaliar-se a viabilidade de separar os sistemas localizados a jusante dos descarregadores de tempestade (ver 3.4). A jusante, os coletores de descarga para o meio recetor devem ser equipados com válvulas de retenção (ver 3.1)

### **3.4 Separação dos sistemas unitários**

Descrição: converter os sistemas unitários em sistemas separativos.

Objetivo: 1) Promover a separação das águas pluviais das águas residuais. 2) Reduzir a afluição de águas pluviais às EE e ETAR e melhorar a qualidade das descargas em tempo de chuva para as massas de água recetoras.

Manutenção/manuseamento: os sistemas separativos requerem geralmente menores necessidades de manutenção.

Área de aplicação: aplicável à totalidade da bacia, podendo contudo ser particularmente relevante nas áreas sujeitas aos efeitos da maré (NYCDEP, 2010).

Requisitos: exige a reabilitação do sistema de drenagem e, tipicamente, a construção de novos coletores para as águas residuais ou a construção de um sistema de drenagem superficial para as escorrências pluviais. Muitos sistemas prediais poderão também ter de ser separados. A rede de coletores existente terá de ser cuidadosamente reparada para que os orifícios deixados pelas entradas dos ramais desconectados não constituam pontos de entrada de águas subterrâneas (Pitt, 2001; Thames Water, 2010a)

Vantagens: 1) Redução das aflúncias às ETAR. 2) Melhoria do nível de tratamento das ETAR. 3) Melhoria da qualidade das descargas em tempo de chuva e, conseqüentemente, da qualidade das massas de água recetoras. 4) Substituição de infraestruturas antigas (Municipality of Leamington, 2006).

Limitações: a separação dos coletores unitários poderá ser dificultada ou estar condicionada pela ocupação do solo, por exemplo, pelas outras infraestruturas existentes. A existência de redes prediais unitárias também poderá condicionar e encarecer esta medida. A separação de sistemas em grandes bacias é dispendiosa e pode exigir um longo período de tempo a implementar (Pitt, 2001; Thames Water, 2010a). A construção de uma nova rede de coletores (geralmente para as águas residuais) ou de um novo sistema de drenagem superficial para as escorrências pluviais pode causar impactos sociais negativos importantes, devido, por exemplo, à interrupção da circulação rodoviária ou pedonal, às dificuldades de acesso pelos residentes, aos prejuízos no comércio, serviços, negócios, ao ruído, à poluição pelo odor e à presença de máquinas pesadas (Thames Water, 2010b).

Comentários: sempre que se decida por uma grande intervenção num sistema unitário, deverá optar-se pela separação do sistema (EN 752:2008).

### **3.5 Controlo do escoamento superficial e na rede de coletores**

Descrição: restringir a aflúncia de caudais pluviais à rede de coletores (por exemplo, desconectando telhados e outras áreas impermeáveis e implementando controlos nos dispositivos de entrada), criar caminhos para o escoamento superficial que contribuam para amortecer o hidrograma e melhorar a capacidade dos dispositivos de entrada em áreas sujeitas a inundações, City of Toronto (2008), Waters et al. (2003), WMO (2008).

Objetivo: promover o escoamento superficial, melhorar a localização e a eficácia dos dispositivos de entrada, evitando inundações em depressões do terreno e em áreas ribeirinhas ou costeiras.

Requisitos: requer uma avaliação abrangente da bacia, de modo a evitar transferir problemas importantes de uma área para outra da bacia, promover a partilha de riscos numa solução com melhor relação custo-benefício.

Vantagens: pode ser implementada de forma faseada e por ações independentes.

Limitações: a acumulação de águas pluviais em propriedades privadas pode provocar inundações, originando novas questões na definição de responsabilidades de gestão.

Comentários: o escoamento superficial desviado das áreas impermeáveis pode ser retido e infiltrado por soluções descentralizadas, tais como as indicadas na secção 4.

### **3.6 Reabilitação do sistema de coletores**

Descrição: reabilitação do sistema de drenagem, através da renovação, reparação e substituição de coletores, câmaras de visita e restantes órgãos e dispositivos do sistema.

Objetivo: 1) Melhorar o desempenho hidráulico, estrutural, ambiental e operacional da rede de coletores. 2) Reduzir a intrusão de água subterrânea e de água salina por defeitos na rede.

Área de aplicação: aplicável a toda a bacia, podendo ser particularmente relevante em áreas influenciadas por maré.

Requisitos: existem diversas técnicas de renovação, reparação e substituição de coletores, a céu-aberto ou sem abertura de vala, CEN (2008), prEN 15885:2008, Stein (2001), Waters et al. (2003). A seleção da técnica mais adequada depende de fatores tais como: a natureza e extensão das deficiências; os requisitos de desempenho estrutural, hidráulico, ambiental e operacional do sistema; os custos e faseamento; e os condicionalismos locais, tais como as atividades na zona intervencionada, o tráfego, a ocupação do solo e a relação da intervenção com trabalhos afetos a outras infraestruturas.

Comentários: a reabilitação dos coletores e câmaras de visita também poderá ainda contribuir para reduzir a exfiltração.

### **3.7 Construção de tanques ou túneis de armazenamento**

Descrição: construção de tanques ou túneis de armazenamento no sistema enterrado.

Objetivo: amortecer as pontas do hidrogramas de cheia ou reduzir o impacto das descargas de sistemas unitários nas massas de água recetoras (através da redução da frequência e do volume das descargas bem como da carga poluente associada).

Manutenção/manuseamento: estas estruturas requerem manutenção regular, podendo tornar-se bastante exigente em mão-de-obra se houver sedimentação. A influência de maré pode agravar as condições de sedimentação.

Área de aplicação: em qualquer sistema de coletores, mas particularmente nos localizados em áreas densamente urbanizadas, em que há menos opções de intervenção à superfície.

Requisitos: o dimensionamento e o projeto devem basear-se em estudos à escala da bacia, utilizando modelos matemáticos e, quando apropriado, integrando a análise dos impactos nas ETAR e nas massas de água recetoras (Ashley *et al.*, 2002; IETC, 2002).

Vantagens: 1) Requerem menos disponibilidade de espaço à superfície do que outras soluções. 2) Solução relativamente bem conhecida e consolidada. 3) A capacidade de armazenamento potencial das estruturas de detenção pode eventualmente ser aumentada através da utilização do controlo em tempo real (ver 5.1)

Limitações: 1) Estas estruturas exigem geralmente alguma manutenção. 2) As águas pluviais não são geridas como um recurso, contrariamente ao que acontece com algumas soluções descentralizadas descritas em 4. 3) Quando é necessário bombear as águas residuais armazenadas, esta medida conduz a consumo de energia e ao conseqüente aumento de custos e de emissões de carbono (Stovin *et al.*, 2007).

Comentários: 1) As estruturas de detenção também podem servir para equalizar caudais de tempo seco ou para fornecer um pré-tratamento por decantação às descargas em tempo de chuva. 2) O armazenamento permite aumentar o volume de águas residuais encaminhadas para a ETAR, embora também possa afetar o desempenho das ETAR (Ashley *et al.*, 2002).

### **3.8 Construção de estruturas de armazenamento na massa de água recetora**

Descrição: instalação de pontões flutuantes e cortinas flexíveis nas massas de água recetoras, junto aos locais de descarga dos sistemas unitários, para criar uma instalação de armazenamento de águas residuais nesse local.

Objetivo: reduzir a frequência e o volume de descargas de sistemas unitários.

Manutenção/manuseamento: reparação de danos

Área de aplicação: Massa de água recetora.

Requisitos: as águas residuais armazenadas têm de ser posteriormente bombeadas para a ETAR, após a chuvada.

Vantagens: não exigem disponibilidade de espaço superficial ou subterrâneo.

Limitações: 1) Os pontões flutuantes são um obstáculo à navegação, limitando a viabilidade desta tecnologia em vários locais. 2) A estrutura precisa de ser protegida de danos causados por ventos fortes ou pela ação das ondas. 3) A disponibilidade de volume depende das variações das marés (Philadelphia Water Department, 2009). 4) O bombeamento das águas residuais para a ETAR leva a consumo de energia e ao consequente aumento de custos e de emissões de carbono.

Comentários: após as chuvadas, o encaminhamento para a ETAR das águas residuais armazenadas pode afetar o seu desempenho (Ashley *et al.*, 2002).

Exemplos: Field *et al.* (1995) descrevem uma instalação experimental construída nos EUA que utiliza a diferença de densidades para deslocar a água do mar. A água do mar é deslocada verticalmente pelo efluente descarregado, menos denso, que forma uma camada acima da água do mar. De acordo com estes autores, no final dos anos 1970, houve uma aplicação para controlo de águas pluviais em três lagos de água doce perto de Estocolmo, na Suécia, onde foram utilizadas baías sequencialmente adjacentes, com aberturas entre elas para permitir o movimento da água da chuva e da água do lago, com base num princípio de escoamento em êmbolo.

### **3.9 Proteção de estações elevatórias, ETAR e outras instalações**

Descrição: 1) Proteger instalações, equipamento elétrico, mecânico e órgãos de controlo em tempo real de inundações causadas pelo efeito combinado da maré e de precipitações intensas. Esta medida pode ser implementada elevando a cota dos equipamentos no interior dos edifícios, tornando as portas dos edifícios estanques à passagem de água, construindo barreiras ou diques, ou elevando ou relocando as instalações. 2) Melhorar o acesso às infraestruturas durante inundações. 3) Proteger as infraestruturas e equipamento da corrosão devido à intrusão de água salina e, no caso do aumento da temperatura, do aumento dos níveis de septicidade. Esta medida pode ser alcançada utilizando materiais resistentes à corrosão, revestimentos de proteção e sistemas de ventilação. 4) Rever as necessidades de fontes de alimentação elétrica de emergência e de sistemas de aviso, dado que os riscos de falhas, incluindo o da energia elétrica, aumentam durante condições meteorológicas extremas. 5) Melhorar as condições de operação dos sistemas, aumentando a segurança, para gerir maiores riscos de inundação e de septicidade. 6) Evitar a intrusão de água salina na rede através dos coletores de descarga, dos descarregadores de tempestade e de coletores e câmaras de visita degradados. Esta medida pode ser alcançada pela adoção das medidas apresentadas em 3.1, 3.3 e 3.5.



Objetivo: proteger estações elevatórias, ETAR e outras instalações com maiores riscos de inundação e de falha ou avaria dos equipamentos.

Área de aplicação: estações elevatórias, ETAR e outras instalações.

Vantagens: melhorar o desempenho global e a fiabilidade do sistema, reduzindo os custos de operação e os riscos de inundação e de descargas de águas residuais não tratadas para as massas de água recetoras.

Comentários: devem considerar-se as interações entre as várias instalações, os intercetores e os principais elementos do sistema, identificando onde e como devem ser combinados projetos de melhorias específicas (Paschke e Simon, 2007). As medidas de proteção devem ser coordenadas com opções de reabilitação e concebidas com base em análises de risco e de avaliações de custo-benefício. As medidas devem ser priorizadas seguindo um plano de intervenções que deverá ser continuamente atualizado e revisto (King County, 2008).

### **3.10 Reabilitação de estações elevatórias**

Descrição: redimensionar, reabilitar ou mesmo relocar estações elevatórias, King County (2008), Paschke e Simon (2007).

Objetivo: adaptar estações elevatórias para receberem caudais superiores (resultantes do aumento das precipitações intensas e da intrusão de água subterrânea e salina, devido à subida do nível do mar) e para responderem a maiores exigências de bombeamento, em termos de volume, duração e altura de elevação.

Área de aplicação: estações elevatórias.

Vantagens: esta medida permite aumentar a fiabilidade do sistema, reduzindo os custos de operação e os riscos de inundação e de descarga de águas residuais para o meio recetor.

Limitações: o aumento dos volumes de água bombeada irá aumentar o consumo de energia e acelerar a deterioração da infraestrutura.

Comentários: a subida do nível do mar poderá levar à necessidade de instalar estações elevatórias em sistemas de águas pluviais que presentemente drenam por gravidade.

### **3.11 Reabilitação de ETAR**

Descrição: 1) Compatibilizar os processos da ETAR com as maiores exigências de tratamento, quer em termos de volumes de águas residuais a tratar quer em termos de eficiências de tratamento. 2) Construir tanques de detenção a montante das ETAR ou reabilitar os processos de tratamento por forma a receberem caudais superiores em tempo de chuva e, eventualmente, a receberem caudais com águas residuais mais diluídas (e com menos carga orgânica) durante esses períodos. 3) Prever a remoção de sal para os efluentes a reutilizar ou a dispor em ambientes sensíveis (por exemplo, por osmose inversa). Medidas referidas em King County (2008), Howe *et al.* (2005); Prepared Report D2.4.1.

Objetivo: adaptar as ETAR para a receção de maiores caudais tanto em tempo chuvoso como em tempo seco (da precipitação e da intrusão de água subterrânea e do mar) e a responderem a aumentos das exigências de tratamento, em tempo seco e chuvoso.

Área de aplicação: ETAR.

Vantagens: aumentar a qualidade das descargas para as massas de água recetoras.

Limitações: o aumento da capacidade de tratamento exige custos de capital e aumento dos custos de exploração associados ao uso de químicos, consumo de energia e mão-de-obra.

Comentários: Esta medida deve ter em consideração as tecnologias existentes no mercado.

### **3.12 Tratamento de descargas de sistemas unitários e de águas pluviais**

Descrição: melhorar a separação de sólidos suspensos nas estruturas de descarga de sistemas unitários e construir instalações de tratamento de descargas de sistemas unitários e de águas pluviais, Burroughs (1999), David L.M. e Matos J.S. (2005), Philadelphia Water Department (2009), NWPCA (2007). O tratamento pode ser limitado à remoção de sólidos e de flutuantes das descargas, ou pode incluir clarificação avançada a elevada carga e desinfecção.

Objetivo: aumentar o nível de tratamento e o volume de águas residuais tratado, para evitar o aumento da poluição das massas de água recetoras.

Área de aplicação: no final do coletor, junto à descarga, sendo particularmente aplicável em sistemas com descargas significativamente poluídas ou que descarreguem para massas de água sensíveis.

Vantagens: aumento da qualidade da água das descargas.

Comentários: esta medida deve considerar as tecnologias existentes. Referem-se, como exemplos, tecnologias utilizadas para a remoção de sólidos e flutuantes das descargas de sistemas unitários, incluindo a utilização de chicanas, gradagem, tamisagem e separadores de vórtice. Avanços recentes em ETAR e em tanques de sedimentação de descargas de sistemas unitários têm utilizado clarificação com sistemas lamelares e clarificação química avançada. Algumas das tecnologias mais utilizadas para a desinfecção utilizam cloro (cloro gasoso ou hipoclorito de sódio), dióxido de cloro, radiação ultravioleta e ozono. O hipoclorito de sódio é o composto mais utilizado na desinfecção das descargas de sistemas unitários, tendo como desvantagem poder causar efeitos tóxicos sobre as águas recetoras. Dois dos meios mais comuns para diminuir a concentração de cloro ativo no efluente tratado são a adição de dióxido de enxofre gasoso ou de bissulfito de sódio em solução.

## **4 - MEDIDAS COM PEQUENAS ESTRUTURAS DESCENTRALIZADAS**

Descrição: as medidas que utilizam pequenas estruturas descentralizadas incluem um conjunto vasto de componentes de controlo do escoamento na origem (ao nível do lote do terreno) ou ao nível de pequenos subsistemas de drenagem, cuja combinação num sistema global coerente leva à gestão mais descentralizada das águas pluviais. Com elas pretende-se reduzir as afluências pluviais aos coletores através do aumento das perdas hidrológicas a montante, atenuar os caudais de ponta através da mobilização ou do aumento do armazenamento superficial, e reduzir a carga poluente transportada através da filtração ou da adsorção por vegetação e eventualmente do tratamento das escorrências superficiais. Estas estruturas e as suas potencialidades e limitações estão descritas numa vasta literatura internacional, sendo vulgarmente designadas por componentes de sistemas urbanos de drenagem sustentáveis (“sustainable urban drainage systems - SUDS”), no Reino Unido, ou de melhores práticas de gestão (“best management practices - BMP”), nos EUA, ou para desenvolvimento com impacto reduzido “low impact development - LID”), na Austrália.

**Objetivo:** a sua utilização deve ser considerada como uma medida de adaptação para lidar com alterações no regime de precipitações através de: redução do escoamento superficial médio e de ponta, reduzindo assim as inundações a jusante; redução do volume de escoamento superficial, reduzindo assim as inundações e as descargas de águas residuais a jusante; redução das concentrações poluentes das escorrências pluviais, protegendo assim as massas de água recetoras.

**Área de aplicação:** estas estruturas podem ser aplicadas à totalidade da bacia de drenagem, de acordo com as suas características. No entanto, o desempenho de várias estruturas pode ser afetado pela maré, condicionando a sua aplicação nas áreas a jusante.

**Manutenção/manuseamento:** estas medidas exigem manutenção, para assegurarem bons desempenhos ao longo do tempo. As necessidades de manutenção dependem significativamente do tipo de estrutura e dos condicionalismos locais.

**Requisitos:** as pequenas estruturas descentralizadas devem ser adequadamente combinadas com outras medidas para mitigar os efeitos da maré.

**Comentários:** estas estruturas podem ser aplicadas a sistemas já consolidados, embora possam ser de mais fácil aplicação e ter maior potencial quando concebidas ao nível do planeamento de novas urbanizações, de áreas de expansão urbana ou de áreas a reabilitar. Alguns exemplos destas estruturas são os pavimentos permeáveis, os poços e as trincheiras de infiltração, os telhados verdes, as lagoas e as bacias de detenção, NSUDSWG (2004), Woods-Ballard *et al.* (2007), EN 752:2008, AGO (2007), Penney e Wieditz (2007), TRCA (2009).

## **5 - MEDIDAS NÃO-ESTRUTURAIS**

### **3.13 Soluções operacionais**

A operação eficaz dos sistemas de drenagem urbana constitui um meio para melhorar o seu desempenho, permitindo uma melhor gestão de todo o sistema. Isto é especialmente relevante quando estes sistemas têm que responder a solicitações consideravelmente diferentes. As soluções operacionais podem ser implementadas através da regulação dos sistemas, desenvolvimento de planos de operação, monitorização do sistema, utilização de controlo em tempo real (Real Time Control) ou por redução e controlo da entrada de aflúncias indevidas ao sistema, quer sejam caudais pluviais quer infiltração. Seguidamente, descrevem-se diversas medidas de implementação de soluções operacionais.

**Descrição:** regulação de caudal através de dispositivos de controlo tais como o uso de válvulas, comportas, descarregadores e bombas, CEN (2008), Laaser *et al.* (2009).

**Objetivo:** maximização da utilização da capacidade hidráulica e de armazenamento existente.

**Área de aplicação:** coletores, tanques de armazenamento, ETAR, estações elevatórias, partes do sistema a montante e a jusante na bacia.

**Manutenção/manuseamento:** estas soluções devem ser bem mantidas para evitar falhas e garantir o bom desempenho.

**Requisitos:** estas medidas devem ser devidamente combinadas com medidas estruturais de aumento dos volumes de armazenamento.

**Comentários:** estas tecnologias podem ser aplicadas a sistemas já consolidados instalando novos reguladores ou melhorando os existentes.

Descrição: Plano operacional.

Objetivo: garantir, de forma preventiva, que os sistemas de drenagem urbana se comportam de acordo com os requisitos funcionais, CEN (2008), AGO (2007), Penney e Wieditz (2007).

Área de aplicação: coletores, câmaras de visita, pontos de descarga, instalações elevatórias, bacias de retenção, sifões invertidos, separadores, desarenadores, dispositivos de entrada.

Manutenção/manuseamento: definição de rotinas de inspeção e de operação das estações elevatórias, componentes especiais e bacias de retenção; definição e ajuste do nível de comportas, válvulas e descarregadores; atribuição de responsabilidades para a realização dos procedimentos estabelecidos, definição de planos de contingência.

Requisitos: conhecimento do sistema e alterações esperadas na precipitação e cenários de maré.

Comentários: esta medida deve-se considerar as técnicas existentes específicas de operação de estações elevatórias e ETAR.

Descrição: Monitorização do sistema, CEN (2008), IWA (2010).

Objetivo: registo das variáveis relevantes no sistema de drenagem, tais como o caudal de tempo seco e outras afluências ao sistema; quantidade e qualidade do caudal descarregado e frequência no ponto de descarga para as águas recetoras; misturas de gases tóxicos ou explosivos e descarga de sistema para instalações de tratamento.

Área de aplicação: coletores, câmaras de visita, pontos de descarga, instalações elevatórias, ETAR, bacias de retenção.

Manutenção/manuseamento: definição de rotinas de monitorização, manutenção dos equipamentos e sensores, conservação e manuseio de amostras, recolha de dados, análise e processamento de dados.

Requisitos: instrumentação adequada, incluindo: equipamentos de monitorização (por exemplo, nível, caudal, pressão, velocidade, tensão, fator de potência, conteúdo de gás, tempo de funcionamento); indicação de serviço arranque/paragem de bombas, sistemas de telemetria ou sistemas de transmissão de dados. Conhecimento sobre instrumentação, procedimentos de segurança e análise de dados.

Descrição: Controlo em tempo real, Schütze *et al.*, 1999, Schütze *et al.* (2004a), Schütze *et al.* (2004b).

Objetivo: melhorar a utilização da infraestrutura de águas residuais reduzindo o volume e cargas poluentes das descargas de excedentes, as despesas de capital e operacionais.

Área de aplicação: coletores, tanques de armazenamento, instalações elevatórias.

Manutenção / manuseamento: a manutenção do equipamento e sensores, a conservação de amostras e manipulação, a transmissão de dados. O controlo pode ser manual, automático, bem como local, global ou integrado (sistemas de drenagem urbana e ETAR).

Requisitos: sensores (udómetros, sensores de nível de água, medidores de caudal, sensores de qualidade); controladores (bombas, comportas, descarregadores, válvulas), controlo de supervisão e aquisição de dados, sistemas de transmissão de dados, interfaces de operação.

Descrição: Redução e controlo de aflúncias indevidas pluviais e de infiltração, Woods-Ballard et al. (1997).

Objetivo: melhorar a utilização da infraestrutura de águas residuais reduzindo os volumes das aflúncias indevidas pluviais e de infiltração, as despesas de capital e operacionais.

Área de aplicação: coletores, ligações cruzadas de entre sistemas doméstico e pluvial, câmaras de visita, ramais de ligação.

Manutenção/manuseamento: manutenção dos equipamentos e sensores.

Requisitos: monitorização do sistema, desconexão de ligações erradas e ilegais, técnicas de reabilitação ou renovação; pessoal formado.

Comentários: diferentes métodos e técnicas podem ser seleccionados, dependendo dos objetivos e condições de aplicação.

### **3.14 Soluções de manutenção**

As estratégias de manutenção dos sistemas de drenagem urbana podem ser planeadas ou reativas, ou uma combinação de ambas. Uma manutenção efetiva destes sistemas, através do desenvolvimento de planos de manutenção, permite um melhor desempenho funcional do sistema. Seguidamente descrevem-se diversas medidas de implementação de soluções de manutenção.

Descrição: Remoção de restrições ao escoamento e limpeza.

Efeito / Objetivo: repor a utilização da capacidade de escoamento existente.

Área de aplicação: coletores, câmaras de visita, dispositivos de entrada de caudal, sifões invertidos, estruturas de armazenamento.

Manutenção/manuseamento: limpeza periódica, a deposição de resíduos está sujeita às exigências legais.

Requisitos: requer pessoal com treino e equipamento.

Limitações: pode necessitar intervenções regulares.

Comentários: podem ser seleccionadas diferentes técnicas de limpeza, dependendo dos objetivos e condições de aplicação (por exemplo escavação manual ou mecânicas, corrente de varrer, jato de água de alta pressão e elevado volume de sucção, guincho, arrasto, varejamento, esferas de limpeza ou placas de raspagem), CEN (2008), EN 14654-1:2005. Como exemplos referem-se a remoção de raízes, remoção de gorduras e limpeza de sedimentos.

Descrição: manutenção de equipamentos, CEN (2008).

Objetivo: redução do risco de falhas.

Área de aplicação: estações elevatórias, instalações de tratamento, válvulas e reguladores, comportas.

Manutenção/manuseamento: limpeza periódica, reparação de bombas.

Requisitos: requer pessoal com treino.

Limitações: pode necessitar intervenções regulares.

Comentários: como exemplo refere-se a limpeza de detritos ou sedimentos que podem bloquear o funcionamento da válvula; reparação de equipamento mecânico ou elétrico.

Descrição: reparação local ou substituição local de coletores danificados ou outras estruturas, CEN (2008).

Objetivo: manter a função dos coletores e outras estruturas e equipamentos.

Área de aplicação: coletores, câmaras de visita, ramais de ligação, dispositivos de entrada de caudal, sifões invertidos, estruturas de armazenamento.

Requisitos: requer pessoal com treino.

Comentários: a manutenção reativa responde a falhas e problemas quando eles são identificados. É apropriada em partes do sistema que podem funcionar com pouca ou praticamente sem manutenção. Podem ser selecionadas diferentes técnicas de reparação, dependendo dos objetivos e condições de aplicação.

Descrição: Plano de manutenção, CEN (2008), AOG (2007).

Objetivo: garantir o desempenho do sistema de drenagem de acordo com os requisitos funcionais.

Área de aplicação: coletores, câmaras de visita, descargas, caudal, instalações elevatórias, ETAR, instalações e equipamentos, bacias de detenção, sifões invertidos, separadores, desarenadores, dispositivos de entrada de caudal.

Manutenção/manuseamento: as estratégias de manutenção dos sistemas de drenagem são planeadas ou reativas, ou uma combinação de ambas.

Requisitos: requer pessoal treinado.

Comentários: o plano inclui a definição do tipo de estratégia de manutenção a ser utilizada em cada um dos componentes do sistema e os requisitos de monitorização e frequências. Reparação local ou substituição local de coletores danificados ou outras estruturas, a fim de manter a sua função; limpeza e remoção de sedimentos e obstruções para repor a capacidade hidráulica, manutenção de instalações mecânicas. A manutenção planeada inclui um programa de trabalho para corrigir os defeitos e problemas identificados durante a inspeção. É particularmente necessário para reduzir a incidência de falhas, onde as consequências são graves.

### **3.15 Critérios de planeamento e projeto**

Descrição: métodos e critérios de planeamento e projeto, NSUDSWG (2004), Shaw *et al.* (2007), AOG (2007), Penney e Wieditz (2007), TRCA (2009), IWA (2010).

Objetivo: garantir que os sistemas poderão continuar a funcionar como projetado em cenários climáticos futuros.

Área de aplicação: sistemas em novas urbanizações ou urbanizações já existentes.

Requisitos: métodos e critérios alternativos de planeamento e projeto.

Comentários: incluir condições futuras de alterações climáticas no planeamento e projeto de novos sistemas e em soluções de reabilitação, restringir a escolha dos locais de novas instalações. Como exemplo refere-se o projeto com base em critérios de risco; a consideração das condições de alterações climática no projeto e dimensionamento dos sistemas, SUDS e instalações de armazenamento.

### **3.16 Regulamento, incentivos e medidas de sensibilização pública**

Descrição: Nova regulamentação e legislação, USEPA (1993).

Objetivo: definir e impor as condições de aplicação e de controlo do impacto de diferentes medidas ou soluções (por exemplo, SUDS, desconexões).

Área de aplicação: em novas urbanizações ou urbanizações já existentes.

Requisitos: experiência jurídica, a existência de uma entidade reguladora.

Comentários: definição de normas e regulamentação do uso do solo, regulamentação do controlo do escoamento superficial, critérios de projeto, as obrigações de controlo.

Descrição: Incentivos e penalidades, DEFRA (2007).

Objetivo: garantir um bom desempenho dos sistemas de drenagem urbana, promovendo o uso de soluções adequadas, por exemplo, uso de SUDS, eliminação de ligações cruzadas indevidas ou ilegais.

Área de aplicação: novas urbanizações ou urbanizações já existentes.

Requisitos: definição de incentivos ou sanções e penalidades.

Comentários: incentivos financeiros podem ser usados para estimular os promotores, entidades gestoras dos sistemas e utilizadores ou clientes, para promover a utilização das melhores práticas para redução dos volumes, atenuação de picos e redução da poluição.

Descrição: consciencialização e educação públicas, EPA (1993), AGO (2007).

Objetivo: consciencialização pública e da comunidade, informação, educação e apoio.

Área de aplicação: novas urbanizações e escolas.

Manutenção/manuseamento: relações públicas e técnicas de comunicação.

Requisitos: formação em relações públicas e técnicas de comunicação.

Comentários: desenvolvimento de programas de informação, parcerias públicas.

## **6 - CONCLUSÕES**

A subida do nível do mar e o aumento dos extremos hidrológicos, previstos para Portugal devido às alterações climáticas, irão afetar particularmente os sistemas de drenagem urbana localizados em zonas costeiras ou estuarinas, com o aumento de riscos de inundação de espaços urbanos e de propriedades, de poluição das massas de água, de degradação e danificação das infraestruturas e de perda de eficiência dos sistemas e processos.

Os efeitos combinados destas duas alterações climáticas irão submeter simultaneamente os sistemas de drenagem a maiores solicitações a montante e a jusante. Assim, é particularmente importante que o planeamento da sua adaptação tenha em consideração não só o sistema integrado, como as diferentes combinações de medidas e tecnologias a implementar ao longo da bacia de drenagem. Neste artigo fez-se uma revisão das principais medidas que poderão contribuir para prevenir e reduzir os problemas decorrentes da subida do nível do mar e das alterações do regime de precipitação, procurando identificar para cada medida as áreas de aplicação, os requisitos de aplicação, manutenção e manuseamento e as principais potencialidades e limitações.

## **AGRADECIMENTOS**

Este trabalho foi desenvolvido no âmbito do Projeto PREPARED, cofinanciado pelo 7º PQ, (FP7-ENV-2009-1 Grant Agreement nº 244232) e do Projecto SIMAI, cofinanciado pela FCT (PTDC/AAC-AMB/102634/2008).

## REFERÊNCIAS

- AOG (2007). Climate change adaptation actions for local government. Australian Greenhouse Office, Department of the Environment and Water Resources. © Commonwealth of Australia, 2007. ISBN: 978-921297-27-4.
- Ashley R. M., Dudley J., Vollertsen J., Saul A. J., Jack A., Blanksby J. R. (2002). The effect of extended in-sewer storage on wastewater treatment plant. *Wat. Sci. Tech.*, 45(3), 239-246.
- Burroughs R. (1999). When Stakeholders Choose: Process, Knowledge, and Motivation in Water Quality Decisions. *Society & Natural Resources*, 12(8):797-809.
- CEN (2005). EN 14654-1:2005, Management and control of cleaning operations in drains and sewers - Part 1: Sewer cleaning European Standard, European Committee for Standardization.
- CEN (2008). EN752:2008, Drain and sewer systems outside buildings. European Standard, European Committee for Standardization.
- CH2M Hill (2009). Confronting climate change: an early analysis of water and wastewater adaptation costs. National Association of Clean Water Agencies and Association of Metropolitan Water Agencies, USA.
- City of Toronto (2008). Basement Flooding Protection Program. Joint Action 6: Promotion of flood control measures to adapt to effects of climate change. C40 Tokyo Conference on Climate Change. [http://www.kensetsu.metro.tokyo.jp/c40/act6\\_E/practice05.html](http://www.kensetsu.metro.tokyo.jp/c40/act6_E/practice05.html). (Consultado em novembro de 2010).
- David L.M. and Matos J.S., (2005). Combined sewer overflow emissions to bathing water in Portugal. How to reduce in densely urbanised areas?, *Water Science and Technology*, Vol. 52, No. 9, pp. 183-190.
- DEFRA (2007). Funding and charging arrangements for sustainable urban drainage systems. Department for Environment, Food and Rural Affairs, London, UK. (<http://www.defra.gov.uk>). (Consultado em novembro de 2010).
- EN 752:2008. Drain and sewer systems outside buildings. European Committee for Standardization. Approved on 24 November 2007.
- USEPA (1993). EPA/625/R-93/004 September 1993 Urban Runoff Pollution Prevention and Control Planning.
- Field R.; Pitt R.; Brown M.; O'Connor T. (1995). Combined sewer overflow control using storage in seawater. *Water Research*, Volume 29, Number 6, June 1995, pp. 1505-1514(10) Elsevier
- Howe C., Jones R.N., Maheepala S., Rhodes B. et al. (2005). Melbourne Water Climate Change Study. Implications of Potential Climate Change for Melbourne's Water Resources. A collaborative Project between Melbourne Water and CSIRO Urban Water and Climate Impact Groups. Doc: CMIT-2005-106, March 2005. [http://www.melbournewater.com.au/content/library/news/whats\\_new/climate\\_change\\_study.pdf](http://www.melbournewater.com.au/content/library/news/whats_new/climate_change_study.pdf).
- International Environmental Technology Centre (2002). International Source Book On Environmentally Sound Technologies for Wastewater and Stormwater Management. United Nations Environment Programme. Division of Technology, Industry and Economics. Section 3 Regional Overviews and Information Sources, 6.11.1 Case study 1: real-time control of urban drainage and sewerage system in Bolton, UK. [http://www.unep.or.jp/ietc/publications/TechPublications/TechPub-15/main\\_index.asp](http://www.unep.or.jp/ietc/publications/TechPublications/TechPub-15/main_index.asp). (Consultado em novembro de 2010).
- IWA (2010). Perspectives on water and climate change adaptation. Climate change and the water industry - Practical responses and actions. IWA Specialist Group on Climate Change (CCSG).
- John Meunier Inc. (2008). HYDROVEX® LCV Check Valve. Revised in 2008-10-01. <http://www.johnmeunier.com/lib/johnmeunier/9F8686vy0ZTfU5ngs521LED4.pdf>; [http://www.veoliawaterst.com/processes/lib//pdfs/productbrochures/brochures\\_hydrovex/B546jz5WLh70IQ51jwhu3ZiQ.pdf](http://www.veoliawaterst.com/processes/lib//pdfs/productbrochures/brochures_hydrovex/B546jz5WLh70IQ51jwhu3ZiQ.pdf). (Consultado em novembro de 2010).
- Kansas Ready.gov Web site (2010). Using Valves, Plugs, Caps and Seepage Barriers in Flood Protection. Floods - Kansas Ready.gov Web site. The Official Web site of the State of Kansas. <http://www.ksready.gov/floods.shtml#valves>. (Consultado em novembro de 2010).
- King County (2008). Vulnerability of Major Wastewater Facilities to Flooding from Sea-Level Rise. Dept of Natural Resources and Parks. Wastewater Treatment Division. [http://your.kingcounty.gov/dnrp/library/archive-documents/wtd/csi/csi-docs/0807\\_SLR\\_VF\\_TM.pdf](http://your.kingcounty.gov/dnrp/library/archive-documents/wtd/csi/csi-docs/0807_SLR_VF_TM.pdf). (Consultado em novembro de 2010).
- Laaser, C. Leipprand, A., Roo, C., Vidaurre, R. (2009). Report on good practice measures for climate change adaptation e river basin management plans. EEA/ADS/06/001-Water. European Environment Agency.
- Matias N.M., Póvoa P., Matos J.S., Serrano N. Ferreira F. (2010). Strategies for the design of urban wastewater systems in coastal areas. 14º ENaSB, Porto, Portugal (“Estratégias para a concepção de sistemas urbanos de águas residuais em zonas costeiras”, in Portuguese).
- Mission Rubber (2010). Non-return and Flap Valves. (Consultado em novembro de 2010). [http://www.missionrubber.co.uk/cms/upload/PDF/Non\\_Return\\_and\\_Flap\\_Valves.pdf](http://www.missionrubber.co.uk/cms/upload/PDF/Non_Return_and_Flap_Valves.pdf)
- Municipality of Leamington (2006). Report on the Sewer Separation Program. Report Eng 12-06, August 2006. <http://www.leamington.ca/municipal/documents/091106-Agenda.pdf>. (Consultado em novembro de 2010).



- New York City Department of Environmental Protection (NYCDEP). 2010 City Environmental Quality Review Technical Manual. Chapter 13 - Water and sewer infrastructure. Revised in May 2010. [http://www.nyc.gov/html/oec/html/ceqr/technical\\_manual.shtml](http://www.nyc.gov/html/oec/html/ceqr/technical_manual.shtml). (Consultado em novembro de 2010).
- NSUDSWG (2004). Interim code of practice for sustainable drainage systems. National SUDS Working Group. ISBN 0-86017-904-4.
- NWPCA - Norwalk Water Pollution Control Authority (2007). Water Pollution Control Facility plan. Appendix G TM Task 12 CSO Treatment Technologies abridged. <http://www.wpcanorwalk.org/requests-for-qualificationsproposals/facility-plan/>. (Consultado em novembro de 2010).
- Paschke N. W. and Simon M.E. (2007). Planning the Future for Wastewater Pumping Stations in Madison. Central States Water. The Official Magazine of the Central States Water Environment Association, Inc. Winter 2007.
- Penney, J., Wieditz, I. (2007). Cities Preparing for Climate Change - A Study of Six Urban Regions. Clean Air Partnership, 2007. <http://www.cleanairpartnership.org>. (Consultado em novembro de 2010).
- Philadelphia Water Department (2009). Philadelphia Combined Sewer Overflow Long Term Control Plan Update. [http://www.phillywatersheds.org/what\\_were\\_doing/documents\\_and\\_data/cso\\_long\\_term\\_control\\_plan/](http://www.phillywatersheds.org/what_were_doing/documents_and_data/cso_long_term_control_plan/).
- Pitt R. (2001). Methods for Detection of Inappropriate Discharges to Storm Drainage Systems: Background Literature and Summary of Findings. Department of Civil and Environmental Engineering, The University of Alabama, Tuscaloosa, Alabama.
- Power Plant Supply Co (2012). Duckbill valves. <http://www.powerplantsupplyco.com/pdf/Duckbill%20Check%20Valves.pdf>. (Consultado em julho 2012).
- prEN 15885:2008. Classification and performance characteristics of techniques for renovation and repair of drains and sewers. Draft European Standard submitted to CEN members for a public enquiry.
- Prepared Report D2.4.1 - Risk reduction options. Supporting document for RRO database structure.
- Schütze, M., Campisano, A., Colasc, H., Schilling, W. (2004a). Real-time control of urban wastewater systems – where do we stand today? *Journal of Hydrology* 299 (2004) 335–348.
- Schütze, M., Einfalt, T (1999). Off-line development of RTC strategies – a general approach and the Aachen case study, Eighth International Conference on Urban Storm Drainage, Sydney, 30 August – 3 September 1999.
- Schütze, M., Erbe, V., Haas, U., Scheer, M., Weyand, M. (2004b). PASST - A planning aid for sewer system real-time control. 6<sup>th</sup> International Conference on Urban Drainage Modelling – UDM'04, Dresden, Germany, 15–17 September 2004.
- Semadeni-Davies, A.; Hernebring, C.; Svensson, G.; Gustafsson, L.G. (2008). The impacts of climate change and urbanisation on drainage in Helsingborg, Sweden: Combined sewer system. *J. of Hydrology*, 350(1-2): 100-113.
- Shaw, R., Colley, M., and Connell, R. (2007). Climate change adaptation by design: a guide for sustainable communities. TCPA, London.
- Stein D. (2001). Rehabilitation and maintenance of drains and sewers. Ernst & Sohn.
- Stovin V., Swan A, Sarah M. (2007). Retrofit SUDS for Urban Water Quality Enhancement. Final Report – May 2007. Department of Civil and Structural Engineering, The University of Sheffield. <http://retrofit-suds.group.shef.ac.uk/downloads/EA&BOCF%20Retrofit%20SUDS%20Final%20Report.pdf>.
- Thames Water (2010a). Thames Tunnel Needs Report. 86 pages and six appendix in different volumes. <http://consense.opendebate.co.uk/files/thamestunnel/1-100-RG-PNC-00000-900007%20Needs%20Report.pdf>. (Consultado em novembro de 2010).
- Thames Water (2010b). Thames Tunnel Needs Report. Appendix D - Sewer Separation Feasibility Study Final Report. Summer 2010. 63 pages and five appendix. <http://consense.opendebate.co.uk/files/thamestunnel/2-100-RG-PNC-00000-900008%20Appendix%20D.pdf>. (Consultado em novembro de 2010).
- TRCA (2009). Preparing for the Impacts of Climate Change on Stormwater and Floodplain Management: A Review of Adaptation Plans and Practices. Toronto and Region Conservation Authority For the Region of Peel. (<http://www.sustainabletechnologies.ca/Portals/Rainbow/Documents/95903b5b-93a9-4cc0-8a13-7580fdd2b7c8.pdf>). (Consultado em novembro de 2010).
- Ugarelli, R., Leitão, J.P, Almeida, M.C., Bruaset, S. (2011). Prepared Report D2.2.1 - Overview of climate change effects which may impact the urban water cycle.
- US EPA (1999). Combined Sewer Overflow Technology Fact Sheet. Maximization of In-line Storage. EPA 832-F-99-036. [http://water.epa.gov/scitech/wastetech/upload/2002\\_06\\_28\\_mtb\\_maxstrg2.pdf](http://water.epa.gov/scitech/wastetech/upload/2002_06_28_mtb_maxstrg2.pdf).
- Waters D., Watt W.E., Marsalek J. and Anderson B.C. (2003). Adaptation of a storm drainage system to accommodate increased rainfall resulting from climate change. *J. Environmental Planning and Management*, 46(5):755-770.
- WMO (2008). Urban Flood Risk Management. A Tool for Integrated Flood Management. Associated Program on Flood Management.
- Woods-Ballard, B., Kellagher, R., Martin, P., Jefferies, C., Bray, R., Shjaffer, P. (2007). The SUDS Manual. CIRIA C697, London, U.K.