



## IX-034 - AVALIAÇÃO DA EFICÁCIA DE UM SISTEMA DE DETENÇÃO DE ESCORRÊNCIAS URBANAS COM BASE NUM CASO DE ESTUDO

**PauloRamísio<sup>(1)</sup>**

Prof. Auxiliar, C-TAC, Departamento de Engenharia Civil, Universidade do Minho.

**Mariana Flores<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Civil, Departamento de Engenharia Civil da Universidade do Minho.

**António Duarte<sup>(1)</sup>**

Prof. Auxiliar, C-TAC, Departamento de Engenharia Civil, Universidade do Minho.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Campus de Azurém – Guimarães – CEP: 4800-058 - Portugal - Tel: +351 (253) 510101- e-mail: [pramisio@civil.uminho.pt](mailto:pramisio@civil.uminho.pt)

### RESUMO

A deterioração da qualidade das massas de água tem sido uma problemática bastante preocupante e alarmante nas últimas décadas. Apesar dos grandes investimentos realizados nos sistemas de drenagem pública de águas residuais, continuou a verificar-se a afluência de cargas poluentes aos meios hídricos. Este facto é ainda agravado devido à inexistência de metodologias já estabelecidas para o controlo, tratamento e retenção da poluição com origem nas escorrências de águas pluviais.

As medidas de controlo da poluição por escorrências urbanas tem vindo a ser classificado como medidas chamadas “estruturais” e “não-estruturais”. Dentro das medidas estruturais encontram-se os variados sistemas de controlo e tratamento, como as bacias de retenção e detenção, trincheiras de infiltração, valas relvadas, pavimentos com “estrutura reservatório”, bacias vegetadas e sistemas de filtração. Ao contrário destas últimas, as não estruturais, têm como objectivo a redução das concentrações de poluentes das escorrências na sua origem, como por exemplo com a utilização de produtos não poluentes e a limpeza das vias.

Com base na simulação de um caso de estudo foi analisado o comportamento de uma bacia de retenção numa bacia hidrográfica com características urbanas. Foi estabelecida uma metodologia de dimensionamento e analisados os efeitos desta no caudal e carga poluente descarregada. O caso de estudo baseou-se nos registos históricos de precipitação verificados no ponto udométrico na cidade de Guimarães, simulando deste modo as condições a que este esteve durante o período em estudo. Assim, com base nos resultados obtidos, são analisadas as diferenças temporais dos caudais a montante e a jusante da bacia de retenção e analisado o decaimento de dois poluentes – Sólidos Suspensos Totais e Carência Bioquímica de Oxigénio.

**PALAVRAS-CHAVE:** Poluição Difusa, Impactos Ambientais, Sistemas de controlo e tratamento.

### INTRODUÇÃO

A problemática da qualidade das águas superficiais por escorrências urbanas tem sido estudada e analisada desde há várias décadas. Porém, só há relativamente pouco tempo foi reconhecida a devida importância da qualidade das águas pluviais afluentes aos meios hídricos.

De facto, a concepção e dimensionamento das redes de drenagem das águas pluviais tem sido maioritariamente realizadas com base em aspectos quantitativos, não tendo sido estudado aprofundadamente a sua componente qualitativa. Porém, perante a degradação da qualidade da água dos meios receptores, devido às cargas poluentes transportadas pelas águas pluviais, as entidades responsáveis pela gestão destes sistemas têm demonstrado uma maior preocupação no que diz respeito a esta problemática.

Com a crescente urbanização, a consequente impermeabilização dos solos e o aumento da concentração de poluentes verificada nas escorrências, esta problemática tornou-se cada vez mais significativa e premente. Estas escorrências são ainda de difícil caracterização e análise uma vez que são dependentes da precipitação e das atividades (naturais ou antropogénicas) existentes na bacia, apresentando por isso características que variam no tempo.



Quanto aos aspectos qualitativos é de referenciar que as águas pluviais de zonas urbanas são caracterizadas por apresentarem pequenas concentrações de poluentes, como metais pesados e compostos orgânicos, em grandes volumes de água, podendo originar efeitos agudos ou crônicos (Ramísio, 2007) e, as concentrações de poluentes varia com o tempo seco antecedente ao evento analisado (Novotny, 1995; Irish, 1998).

Os principais poluentes derivados deste tipo de poluição são os sólidos suspensos, carência de oxigênio, óleos e gorduras, nutrientes, metais pesados, pesticidas e outras substâncias tóxicas (Wanielista et al. 1998). É de salientar que os metais pesados e as substâncias tóxicas são um dos problemas que mais pode afectar o meio aquático devido à sua toxicidade, persistência e bioacumulação.

Recentemente, tem-se assistido à criação de volumes de regularização e à instalação de equipamentos para controlo do escoamento e gestão dos sistemas em “tempo-real”. Bacias ou reservatórios de detenção, pavimentos reservatórios, trincheiras de infiltração, câmaras ou poços drenantes e descarregadores de tempestade são exemplos de órgãos cuja inserção nas antigas e modernas redes de drenagem pluvial, sejam separativas ou unitárias, interessa frequentemente considerar, em termos de beneficiação do próprio comportamento global dos sistemas (Balades e Bourgoigne, 1992).

A eficácia destes sistemas depende do estabelecimento de técnicas e metodologias de dimensionamento, por forma a reduzir e mitigar os problemas causados por estas nos meios hídricos receptores.

Com o objectivo de analisar o desempenho de uma bacia de retenção numa rede de drenagem de águas pluviais em zona urbana, foi desenvolvido um caso de estudo, tendo sido avaliado o efeito de diferentes metodologias de dimensionamento no hidrograma afluente e, nas capacidades de remoção dos poluentes mais significativos neste tipo de poluição.

## METODOLOGIA

A gestão da qualidade das águas pluviais é geralmente realizada através da combinação de uma metodologia de controlo da poluição e uma forma de controlo hidráulico na origem.

A variabilidade dos fenómenos meteorológicos e das condições locais dificulta a concepção destes sistemas. O recurso a ferramentas de cálculo automático, tem vindo a facilitar este processo, permitindo de uma forma mais rápida e rigorosa dimensionar estes sistemas. Permitem ainda, a avaliação global de todo o sistema em função da eficácia de cada unidade “per-si”. Este tipo de sistemas podem ser avaliados e estudados, por exemplo, no software SWMM. Este, simula apenas alguns sistemas como as trincheiras de infiltração, pavimentos porosos, valas vegetadas, células de bio-retenção e barris.

As bacias de retenção são um sistema de controlo concebido para manter um volume permanente de água e, durante um evento, reter temporariamente o escoamento. Este, é posteriormente libertado de acordo com uma lei de vazão conhecida.

A remoção de poluentes é obtida através da sedimentação de partículas suspensas e os processos biológicos e químicos, como a absorção de nutrientes solúveis. O volume de um determinado evento é armazenado até à tempestade seguinte. Isto provoca longos tempos de detenção, alta remoção de poluentes (metais, nutrientes, sedimentos e substâncias orgânicas) e promove a redução dos caudais de. O grupo permanente de água é projectado de acordo com o tamanho das bacias contribuintes e as superfícies impermeáveis da vizinhança - a montante (Ramísio, 2007).

A eficiência de remoção deste tipo de técnica está associada não só ao tamanho da bacia de retenção em relação à bacia hidrográfica, como também às características da bacia de colecta. Para aumentar a sua eficiência é normalmente considerada a colocação de um poço de retenção de sedimentos à entrada da bacia, uma vez que muitas bacias fracassam no seu desempenho devido ao entupimento de entradas/saídas.

As transformações que ocorrem nas bacias de retenção são de natureza física, química e microbiológica, podendo assumir especial importância as seguintes:

- Sedimentação dos sólidos em suspensão e consequente redução do grau de turvação da água;
- Variação da concentração de oxigénio dissolvido da massa líquida, devido aos efeitos conjugados da transferência de oxigénio da atmosfera, actividade fotossintética das espécies vegetais e consumo verificado no processo de oxidação, em condições aeróbias, da matéria orgânica existente;
- Variação da concentração de nutrientes; em águas em repouso e sem alimentação constante verifica-se, em regra, uma redução da concentração de nutrientes, especialmente se se retirarem com frequência as plantas que aí proliferam;
- Redução de microorganismos, nomeadamente bactérias patogénicas; o armazenamento de água ao ar livre contribui, em regra, para a redução de microorganismos, devido à conjugação de um conjunto de circunstâncias (como a temperatura, a radiação solar, a competição biológica e a sedimentação) desfavoráveis ao seu desenvolvimento e multiplicação.

Os mecanismos de remoção efectuados na bacia podem ser resumidos em físicos (Sedimentação e Filtração), Químicos (Adsorção, Oxidação, Volatilização, Precipitação) e Biológicos (Nitrificação e Decomposição Microbiológica).

Segundo uma análise realizada por Maestri e Lord (1987) o desempenho de bacias de retenção pode ser dividido em dois períodos distintos, em que o primeiro se trata do período dinâmico, que ocorre durante os eventos de precipitação, e o segundo é denominado de estático e é considerado o período de tempo entre os eventos.

Haan e Ward (1978) conduziram uma pesquisa sobre o tamanho das partículas retidas nas bacias de sedimentação. A pesquisa conclui que o factor com maior influência é o número de partículas nos sedimentos de entrada, na gama de 5 a 20 microns, e que as partículas inferiores a 5 microns de tamanho não são susceptíveis de decantar sem a ajuda de um floculante (Ramísio et al., 2011).

Estes autores também estudaram a influência da profundidade no desempenho da bacia molhada, chegando à conclusão que para bacias com área superior a 2% da bacia de drenagem, a eficiência de remoção do fósforo total é controlada pela profundidade da bacia e não pela área de superfície. As eficiências de remoção de uma bacia estão ainda directamente relacionadas com a geometria da bacia, tempo de detenção, volume e tamanho da partícula. Uma relação comprimento/largura de 2:1 e um tempo de detenção típico de 9 dias são geralmente usados na concepção de bacias molhadas (Ramísio et al., 2011).

No que diz respeito ao dimensionamento da bacia de retenção, verificou-se a existência de uma grande variedade de metodologias, propostas por variados autores. Foi adaptada a metodologia proposta pela EPA. Uma vez que esta metodologia se encontra adaptada ao uso nos Estados Unidos da América, foram propostas algumas alterações, nomeadamente em parâmetros que apenas estão disponíveis para as regiões desse país, não havendo ainda informação relativa a Portugal.

Para analisar o comportamento hidráulico da rede de drenagem e de uma bacia de retenção colocada na extremidade de uma bacia hidrográfica, foi utilizado o software SWMM. Com o objectivo de verificar a importância da bacia na componente qualitativa do escoamento, foi analisado o decaimento de dois poluentes - Sólidos Suspensos Totais e Carência Bioquímica de Oxigénio, apresentadas também as diferenças entre o escoamento afluente e o efluente da bacia de retenção.

## CASO DE ESTUDO

O presente caso de estudo foi baseado numa bacia hidrográfica com características urbanas, situada na cidade de Guimarães, Portugal.

Uma vez que se trata de uma bacia relativamente extensa (8,55 hectares), os órgãos de controlo e tratamento estudados foram apenas as bacias de retenção e de detenção, e não os órgãos de aplicação “pontual” como poços, valas e trincheiras, pavimentos, que para serem utilizados teriam de ser colocados em pontos estratégicos situados ao longo da bacia hidrográfica e estudados pontualmente.

A escolha deste sistema de controlo deve-se ao facto de, para além de promover o controlo de poluentes, permitir também a regularização de caudais, mostrando-se assim como um sistema adequado aos meios urbanos, uma vez que estes apresentam escoamentos variáveis. Outra vantagem desta opção é o facto das bacias de retenção não se mostrarem particularmente sensíveis a variações de caudais e de cargas poluentes e não necessitarem de uma manutenção muito frequente, tendo sido assim considerada uma boa escolha para analisar o comportamento tanto a nível hidráulico como a nível da remoção de poluentes existentes nas escorrências urbanas.

O dimensionamento da bacia de retenção utilizada no caso de estudo foi realizado seguindo o método proposto pelo manual do SWMM. Aqui, é proposta a determinação de um volume crítico, utilizado para a concepção e dimensionamento de instalações, com o objectivo de garantir uma boa qualidade da água, designado por “Water Quality Capture Volume” (WQCV). Este volume, será deixado permanentemente na bacia de retenção, sendo colocado um orifício acima deste nível de água.



**Figura 1: Bacia do caso de estudo.**

Investigações detalhadas baseadas em simulações calibradas de escoamentos a longo prazo são o método preferencial para determinar este volume (Guo e Urbonas 1996). Porém, diversas metodologias mais simplificadas têm sido propostas para estimar o volume WQCV continuando a ser pouco confiáveis quando são desconhecidos registos a longo prazo.

Para o cálculo deste volume, foi utilizada uma metodologia proposta por UDFCD (Urban Drainage and Flood Control District, 2001). Com base nas características urbanas desta bacia, considerou-se uma impermeabilidade de 60%.

A bacia de retenção foi dimensionada com base num período de retorno de dois, a que corresponde um volume de  $730,61 \text{ m}^3$ .

Considerando a inclinação dos taludes de 4:1, e mantendo a mesma já considerada para o cálculo das dimensões da bacia necessárias para o volume residual, com uma altura de água de 1 metro (acima do volume morto), o volume total da bacia é de  $962,58 \text{ m}^3$ . Este valor é significativamente maior do que o valor calculado acima para os dois anos de retorno ( $730,61 \text{ m}^3$ ).

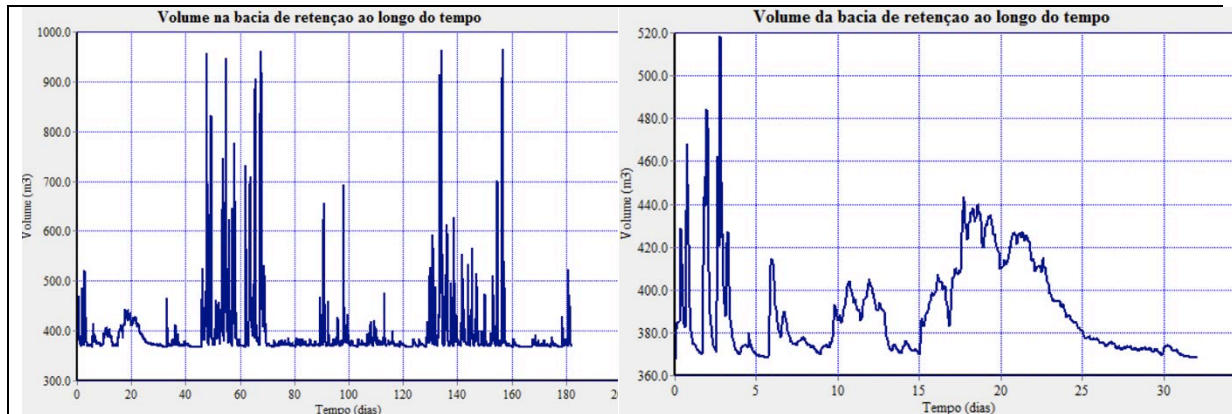
Para o cálculo das dimensões do orifício de saída, e uma vez que na literatura encontrada as metodologias variavam bastante, foi adoptado um método diferente para se encontrarem as dimensões do mesmo.

Com base neste volume, foram analisados os efeitos de diferentes leis de vazão, correspondentes a três diâmetros diferentes.



## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 2a apresenta-se a variação do volume da bacia ao longo da série temporal estudada e, na Figura 2b, apresenta-se a mesma variação, mas apenas para o mês de Outubro.



**Figura 2: Variação do volume da bacia para diferentes períodos: a) Série temporal analisada, b) Mês de Outubro.**

Foram depois analisados, com base numa série de precipitação real com 180 dias, três leis de vazão para a bacia, por alteração do diâmetro da sua descarga para  $\Phi 200$ ,  $\Phi 160$ ,  $\Phi 140$ .

A bacia de retenção dimensionada revela-se suficiente para garantir uma carga hidráulica máxima de oitenta centímetros, não atingindo em nenhuma ocasião alturas de água superiores. Mostra-se ainda bastante eficiente no que diz respeito à redução dos picos de caudal verificados. No que diz respeito à componente qualitativa, a bacia de retenção utilizada revelou-se bastante importante na remoção dos dois poluentes estudados, contribuindo para um efluente menos poluído do que o escoamento afluente à mesma.

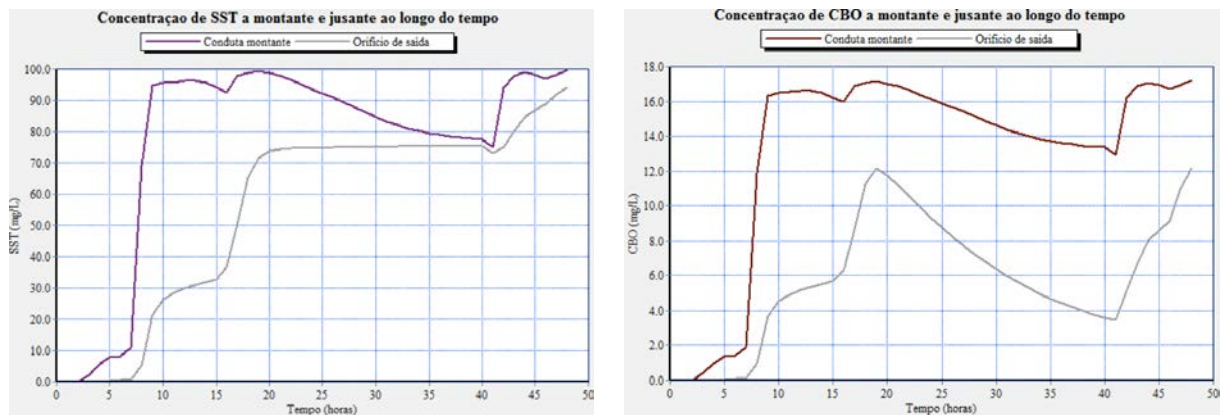
Na Figura 3 são apresentados os hidrogramas de entrada e de saída da bacia de retenção, sendo identificadas claras reduções nos caudais de ponta afluentes.



**Figura 3: Desfasamento temporal entre o caudal de entrada e de saída.**

Na Figura 4 apresenta-se, para uma série temporal de 50 dias, as concentrações estimadas para a entrada e saída da bacia, para os SST e a CBO, respectivamente. Apesar de se verificar uma redução nas concentrações de saída em ambos os casos, verificou-se que a redução na CBO5 foi superior à verificada nos SST e que ambas foram fortemente influenciadas pelos eventos de precipitação.

Após a observação destes resultados foi possível concluir que era necessária uma redução bastante maior do diâmetro para causar uma variação significativa na altura. Alterando as dimensões do orifício verifica-se ainda uma alteração em termos da diferença entre o caudal de entrada e o de saída nos três casos estudados, contribuindo assim para um amortecimento dos picos de caudal, tornando-se assim possível uma melhor gestão do escoamento gerado pela bacia hidrográfica.



**Figura 4: Estimação das concentrações de SST e CBO para um evento, no primeiro cenário analisado.**

## CONCLUSÕES

A avaliação e desempenho dos variados sistemas de controlo e tratamento das águas pluviais é um processo bastante complexo e de natureza imprevisível. Uma vez que o desempenho destes órgãos de tratamento é diretamente dependente de um do fenómeno complexo da precipitação, e a aplicação dos mesmos varia de local para local, as afirmações acerca das eficiências destes sistemas é sempre bastante vaga e dispersa.

Os variados estudos efectuados nesta área permitem concluir que, apesar apresentarem alguma variabilidade na sua eficácia, as eficiências de remoção dos poluentes existentes nas escorrências urbanas realizadas por bacias de retenção são significativas e contribuem de forma importante para um decréscimo da poluição do escoamento efluente.

Apesar da pouca importância que tem sido dada a esta questão, nota-se uma grande evolução no conhecimento científico e técnico tanto das técnicas de controlo e tratamento dos escoamentos, como uma tentativa de mudança de mentalidade, de forma a prestar mais atenção a medidas não estruturais como, a utilização de produtos não poluentes, a existência de educação ambiental, chamando a atenção para comportamentos menos perigosos e nocivos para o ambiente, a limpeza de ruas, impedindo os poluentes de entrarem em contacto com as águas pluviais.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BALADES, J. D., P. BOURGOGNE, et al. (1992). Évaluation de l'abattement des flux de pollution transitaire dans un type de solution compensatoire. Proceedings NOVATECH 92 - International Conference on Innovative Technologies in Urban Drainage, pp. 66-752, Lyon, França.
2. BALADES, J. D.; LEGRET, M.; MADIEC, H. (1995). Permeable Pavements: Pollution Management Tools. Water Science and Technology. 32(1): 49-56.
3. GUO, J.C.Y. and URBONAS, B. (1996). Maximized Detention Volume Determined by Runoff Capture Ratio. Journal of Water Resources Planning and Management, 122(1):33-39.
4. IRISH, J.; B. LYN, et al. (1998). Use Regression Models for Analysing Highway Storm Water Loads. Journal of Environmental Engineering 124.
5. MAESTRI, B., LORD, B.N., (1987), Guide for Mitigation of Highway Stormwater Runoff Pollution. The Science of the Total Environment, Vol. 59, pp. 467-476.



6. NOVOTNY, V. (1995). Nonpoint Pollution and Urban Stormwater Management. Water Quality Management Library. Technomic Publishing Co., Inc.
7. RAMÍSIO, P. J. (2007). Retenção de Metais Pesados de Escorrências Rodoviárias por Filtração Reactiva. Departamento de Engenharia Civil. Braga, Universidade do Minho. 362 pp.
8. RAMÍSIO, P., A. TELHADO, et al. (2011). Directrizes para a Gestão Integrada das Escorrências de Estradas em Portugal. 1a Edição, Lisboa.
9. Urban Drainage and Flood Control District (UDFCD) (2001). Urban Storm Drainage Criteria Manual, 2007 revision. Denver, CO. Disponível em URL em: ([http://www.udfcd.org/downloads/down\\_critmanual.htm](http://www.udfcd.org/downloads/down_critmanual.htm)).
10. WANIELISTA, M.P., YOUSEF, Y.A. e BOSS, C., (1988). Alternatives for the Treatment of Groundwater Contaminants: A Detention Pond with Groundwater Inflow, FL-ER-40-88, Florida Department of Transportation, Tallahassee, FL.