



HAL
open science

Aspectos de qualidade de agua en bacias de retention urbanas

E. von Sperling, Bruno Tassin, Brigitte Vinçon-Leite

► **To cite this version:**

E. von Sperling, Bruno Tassin, Brigitte Vinçon-Leite. Aspectos de qualidade de agua en bacias de retention urbanas. Revista Brasileira de recursos hydricos, 2006, 11 (2), pp.27-35. hal-00752713

HAL Id: hal-00752713

<https://enpc.hal.science/hal-00752713>

Submitted on 29 Mar 2015

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Aspectos de Qualidade de Água em Bacias de Retenção Urbanas

von Sperling, E., Tassin, B., Vinçon-Leite, B.

Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG
eduardo@desa.ufmg.br

Recebido: 11/08/05 – revisado: 14/10/05 – aceito: 20/12/05

RESUMO

O trabalho apresenta resultados de monitoramento de qualidade da água em cerca de 50 bacias de retenção francesas. Inicialmente é feita uma revisão sobre estudos ecológicos em bacias de retenção, destacando-se, em escala internacional, a carência de dados específicos sobre a qualidade da água destes novos sistemas hídricos. A seguir são discutidos separadamente os principais parâmetros de qualidade da água nas bacias estudadas, constatando-se o predomínio de condições satisfatórias na maioria das bacias, muito embora associadas a uma alta produtividade primária dos ambientes aquáticos. Não se observa um padrão homogêneo de qualidade da água entre as bacias pesquisadas. As informações decorrentes deste estudo, com as necessárias considerações de particularidades, sobretudo climáticas, podem ser extrapoladas para a realidade brasileira, tendo em vista a crescente utilização destes sistemas alternativos de drenagem urbana em nosso país.

Palavras-chave: Bacias de Retenção; Qualidade da Água

INTRODUÇÃO

O processo de urbanização acelerada, que ocorre de forma maciça em todo o planeta, tem mostrado com clareza os limites das soluções clássicas de drenagem urbana. Sabe-se que estas técnicas tendem a amplificar, para jusante, os impactos da urbanização sobre os processos hidrológicos. As conseqüências têm sido a obsolescência das redes de drenagem, o aumento na frequência de inundações e a poluição dos corpos d'água, com repercussões econômicas, sociais, ambientais e políticas (Baptista, Nascimento & von Sperling, 1998.). Desde as últimas décadas vem sendo discutido em grande parte do mundo mais desenvolvido o conceito de soluções alternativas de drenagem, que buscam compensar esses efeitos negativos, trazendo assim benefícios para a qualidade de vida e a preservação ambiental. As bacias de retenção pertencem ao grupo destas tecnologias alternativas para esgotamento de águas pluviais (BMP-Best Management Practices), dentre as quais podem ser citadas ainda as calçadas em estrutura de reservatório (funcionam como bacias de retenção subterrâneas, retardando o escoamento da água), pavimentos drenantes, poços de absorção (esgotam as águas pluviais diretamente no solo), trincheiras (obras superficiais e lineares, que reco-

lhem as águas de escoamento perpendicularmente à sua largura, evacuando-as depois por infiltração ou em um exutório), fossas (semelhantes às trincheiras, porém largas e pouco profundas), tetos estocantes, cisternas (enterradas, equivalem a bacias de retenção estanques), bacias subterrâneas e banhados ou áreas alagadas (Urbonas e Stahre, 1993; Nascimento e Baptista, 1998).

As bacias de retenção constituem-se em estruturas construídas para recepção de águas de chuva e amortecimento de picos de cheia. Diferem das chamadas bacias de detenção, pelo fato destas serem secas, só se enchendo com água durante o período das chuvas (ASCE/EPA 2002). As bacias de retenção são na verdade lagos artificiais, de pequenas dimensões, que atuam como controladores das vazões de escoamento em episódios de forte pluviometria, na medida em que permitem a redistribuição temporal e a atenuação dos fluxos. Obviamente sua função é mais relevante em áreas urbanas, onde a alta taxa de impermeabilização do terreno leva à ocorrência de grandes vazões de escoamento superficial. Pressupõe-se ainda a existência de um sistema de esgotamento sanitário do tipo separador, como é usual em nosso país. Devido ao fato destas bacias estarem inseridas em uma paisagem urbana, elas cumprem ainda um relevante papel de harmonia paisagística, podendo servir também como corpo d'água de função recreativa. No Brasil observa-se um crescente

interesse na construção de bacias de retenção, que já são uma realidade em algumas cidades de maior porte. Os principais aspectos hidráulicos e construtivos destas bacias têm sido extensivamente explorados na literatura técnica (Wanielista, 1978, Whipple *et.al.*, 1989, WEF /ASCE, 1992, Urbonas & Stahre, 1993, Azzout *et.al.*, 1994, STU, 1994, ASCE/EPA, 2002). Tais trabalhos referem-se notadamente ao dimensionamento dos equipamentos de entrada e saída e à configuração do fundo e das margens da bacia. No entanto, existem poucas publicações técnicas que abordam a estrutura ecológica e a função destes novos ecossistemas, incluindo-se aqui os usos de lazer contemplativo e, eventualmente, de balneabilidade. Pode-se, portanto, afirmar que o comportamento hidráulico das bacias de retenção é bastante mais conhecido que o seu comportamento ecológico. Sabe-se que o armazenamento de água nas bacias de retenção contribui eficientemente para a precipitação de material suspenso e para a assimilação de nutrientes, processos estes que tendem a provocar uma melhoria na qualidade da água. Um bom exemplo da interação de aspectos quantitativos e qualitativos no dimensionamento de bacias de retenção é a determinação do tempo médio de residência da água, o qual deve ser suficientemente longo para promover a adequada assimilação de nutrientes (principalmente nitrogênio e fósforo), mas ao mesmo tempo não demasiadamente extenso, de tal forma que impeça a desejável renovação da água. Se, por outro lado, o tempo de detenção for muito curto, ocorrerá o carreamento do fitoplâncton, inviabilizando-se assim a assimilação de nutrientes. Desta forma o presente trabalho pretende contribuir para enriquecer o conhecimento sobre a qualidade da água destas estruturas hidráulicas que, de forma crescente, farão parte da paisagem de nosso ambiente urbano construído.

O uso de bacias de retenção urbanas está associado à necessidade de contenção de possíveis inundações em áreas impermeabilizadas, principalmente em regiões distantes de cursos d'água receptores. É interessante destacar o conceito de que a água, além de essencial ao ser humano, também pode provocar muitos problemas, notadamente em ambientes construídos. Por outro lado cabe também resgatar o papel histórico das inundações em culturas antigas, lembrando que elas constituem-se em um fenômeno natural, que tem como objetivo enriquecer com nutrientes as várzeas dos rios e possibilitar sua exploração agrícola. Neste contexto o exemplo atual mais marcante é o caso da Represa de Assuan, no Egito, cuja regularização de descarga acarretou a extinção das inundações a jusante e uma

catastrófica perda de fertilidade do solo nas margens do Rio Nilo. E curiosamente isto ocorreu em um país em que a riquíssima cultura mitológica reverenciava a existência de inundações, as quais eram entendidas como consequência das visitas periódicas que a deusa Ísis fazia ao nosso planeta.

No século XIX predominou na Europa a chamada doutrina *higienista*, cujo princípio era o de evacuar as águas de chuva por condutos subterrâneos o mais rapidamente possível e o mais longe possível das residências, já que o escoamento superficial poderia trazer grandes quantidades de patogênicos. Em muitos países, incluindo-se o Brasil, optou-se posteriormente pelo esgotamento sanitário do tipo separador, ou seja, água pluvial e esgotos sendo transportados em canalizações distintas. Após a 2ª. Guerra Mundial ocorreu na Europa a construção de novas cidades, com a ocupação de planícies que não estavam próximas de corpos receptores naturais (exutórios), tais como os rios. Este fato motivou a implantação das primeiras bacias de retenção na França, Holanda e Alemanha. No entanto, somente a partir da década de 1970 consolidou-se na Europa e EUA o seu uso como uma técnica alternativa para esgotamento de águas pluviais. Contribuiu para tanto a idéia de introduzir a natureza no contexto urbano, conforme a sensibilidade ambiental que começava a aflorar. Além disso havia o critério econômico, já que a construção de bacias de detenção, a par de valorizar os terrenos vizinhos, podia ser escalonada e apresentava custos sensivelmente inferiores àqueles exigidos para a implantação de grandes emissários. No Brasil a implantação de reservatórios de amortecimento de cheias já vem sendo adotada como uma das soluções compensatórias para reduzir os impactos da urbanização sobre o comportamento hidrológico das bacias hidrográficas.

USOS DAS BACIAS DE RETENÇÃO

Além de cumprir uma importante função hidrológica, as bacias de retenção podem ser destinadas a usos de distintas naturezas.

Harmonia paisagística : este é o aspecto de maior impacto para a população que vive nas proximidades da bacia ou que, de alguma maneira, interage com a sua presença. Desde tempos antigos vem sendo destacada a beleza inerente a ambientes aquáticos limpos, os quais se inserem de forma suave e integral à paisagem do entorno. Esta influência é

ainda mais marcante em áreas de intensa urbanização, nas quais a existência de um corpo d'água de pequenas dimensões promove um desejável contraste com equipamentos construtivos de concreto, metal ou alvenaria.

Lazer contemplativo : este uso está intimamente ligado ao anterior, enfatizando-se aqui, no entanto, a função calmante exercida pela água sobre o espírito humano. A própria literatura técnica internacional já tem adotado a expressão em inglês (*calming function*) para designar este aspecto tranquilizante promovido pela contemplação de um ambiente aquático. Tal efeito está associado à visualização de um espelho d'água limpo, geralmente de cor azulada, esverdeada ou cinza, dependendo da época do ano e das características físico-químicas e biológicas da água. Soma-se a isto a leve movimentação das camadas superficiais expostas à brisa, a quietude do ambiente, o gorjeio de pássaros e as linhas curvas das margens da bacia, contrapondo-se aos traços retos da arquitetura moderna. Este enlevamento espiritual tende a promover uma diminuição de agressividade e de atos de vandalismo, tão comuns em todas as grandes cidades do planeta.

Recreação de contato secundário : consiste na recreação exercida sem contato direto com a água, como é o caso da pesca, remo ou mesmo vela, para o caso de grandes espelhos d'água. Soma-se a estes usos também o modelismo (navegação de pequenos barcos de brinquedo, teleguiados ou não) e a patinação no gelo, para o caso de países de clima frio. A recreação de contato primário (balneabilidade), embora possa ser exercida em bacias de retenção comprovadamente limpas, não é geralmente recomendada, tendo em vista os aspectos de segurança do usuário e de uma possível contaminação bacteriológica do meio líquido.

Abastecimento : normalmente as bacias de retenção não constituem-se em manancias de abastecimento de água, devido principalmente ao seu pequeno volume. No entanto elas podem atuar como estoque emergencial de água para combate a incêndio.

Usos no entorno da bacia : as margens das bacias de retenção prestam-se adequadamente a atividades como caminhadas e corridas. O exercício destas modalidades de esporte e lazer proporciona um maior vínculo entre os usuários do ambiente, aumentando conseqüentemente a sensação de segurança das pessoas que desfrutam destes benefícios. Deve-se destacar que as exigências da comunidade

com relação ao lazer são um claro sinal de sucesso da implantação da bacia com relação à sua inserção urbana. A região de entorno constitui-se ainda em excelente espaço para a realização de oficinas de educação ambiental para escolares e adultos.

ASPECTOS HIDRÁULICOS E CONSTRUTIVOS

Os principais aspectos hidráulicos e construtivos das bacias de retenção devem ser contemplados ainda na fase de projeto, destacando-se por exemplo a adequada conformação das margens, com menores declividades na região inicial do terreno, as possibilidades de acesso, a instalação de pontes e passarelas e a determinação da profundidade de segurança para eventuais atividades recreativas. Considera-se ainda que a profundidade deva ser pequena na medida de evitar riscos de estratificação térmica (que pode conduzir à anaerobiose das camadas de fundo) mas ao mesmo tempo suficientemente grande para minimizar a ocorrência de florações de algas. Além disso existem diversas estruturas hidráulicas associadas às bacias de retenção, como gradeamento, desarenadores, eliminadores de óleo, decantadores, dissipadores de energia (p.ex. enrocamento na entrada da bacia), vertedores, equipamentos de controle de nível e tubulações de saída. O fundo das bacias deve ser preferencialmente impermeabilizado, mediante o uso de geomembranas ou bentonita. As margens devem contar com proteção contra a erosão advinda da flutuação de nível e do efeito das ondas, mediante o emprego de rochas e gabiões. Recomenda-se ainda a arborização no perímetro da bacia, a qual traz conseqüências positivas para a vida aquática e para os usuários. A vegetação proporciona a assimilação de nutrientes, atuando também como filtro físico, químico e biológico. Ela oferece proteção contra o vento, diminuindo a indesejável ressuspensão dos sedimentos, ajudando ainda na produção de sombra e cumprindo uma função mecânica na estabilização de taludes, além obviamente do aspecto estético. De forma complementar podem ser projetados equipamentos de lazer no entorno da bacia, tais como locais para abrigo de pescadores (para aquelas bacias onde a atividade de pesca seja permitida), cais para barcos e trilhas para passeios.

Um outro aspecto a ser observado é a possibilidade de implantação de bacias em série (*multi-cell design*), as quais podem oferecer maior eficiência

hidráulica e melhorias adicionais na qualidade da água.

Quanto à operação e manutenção destaca-se a possibilidade de uso de aeradores (fontes, repuxos) para melhorar a presença de oxigênio dissolvido e diminuir florações de algas. Muito embora a vegetação no entorno do lago desempenhe um importante papel ecológico, tanto para os peixes quanto para os usuários, recomenda-se a sua remoção periódica, por via manual ou mecânica. Desta forma contribui-se para a retirada de nutrientes acumulados na massa vegetal. Eventuais atividades de peixamento devem ser cuidadosamente avaliadas, principalmente com relação à seleção de espécies. Neste aspecto deve ser evitada a introdução de peixes que provoquem ressuspensão do sedimento, como é o caso de carpas. A dragagem ou o esvaziamento da bacia de retenção pode ser empregado como medida curativa para combate ao assoreamento. Para tanto deve ser prevista a implantação de rampa de acesso para os equipamentos de limpeza. De qualquer forma, sempre que possível, recomenda-se o esvaziamento periódico da bacia, por exemplo a cada dez anos, mediante o uso de draga de arraste ou, preferencialmente, de sucção. Constatase que algumas bacias de retenção são às vezes utilizadas como depósito de lixo, inclusive para carros roubados, pneus e eletrodomésticos velhos.

Para o dimensionamento das bacias de retenção devem ser seguidos os seguintes passos :

- a) Escolha da vazão afluyente;

Para locais novos : vazão decenal na zona rural antes da urbanização

Para locais já urbanizados : usar os dados disponíveis

- b) Determinação do volume de água a ser estocado;
- c) Definição da diferença entre o nível de água mais alto admissível e o nível nominal; este valor está, em geral, em torno de 50 cm ;
- d) Determinação da superfície da bacia = volume a ser estocado / diferença de nível ;
- e) Cálculo hidrológico para manutenção de água na estação seca (perdas = infiltração + evaporação);
- f) Consideração hidráulica da distribuição de fluxo, evitando-se zonas de estagnação que possam promover crescimento de vegetação e a conseqüente presença de mosquitos e larvas de inseto.

Os aspectos morfológicos também devem ser observados na fase de projeto de bacias de retenção. Recomenda-se, para efeito de distribuição de fluxo, que a relação Comprimento/Largura seja maior que 2. Alguns autores (ASCE/EPA, 2002) propõem que a área da bacia de retenção seja em torno de 8% da área da bacia de drenagem. Nos EUA existe a recomendação de se adotar a taxa de 100 a 200 m³ de volume da bacia para cada hectare de área impermeabilizada. Na Dinamarca a faixa sugerida é mais elevada, de 200 a 300 m³, com o objetivo de se evitar a eutrofização.

A remoção de poluentes em bacias de retenção ocorre fundamentalmente mediante a atuação de três processos : sedimentação de partículas e assimilação de nutrientes, havendo ainda a influência da diluição na redução de concentrações. No processo de *sedimentação* a maior parte dos poluentes removidos está adsorvida a partículas sólidas, de pequeno tamanho. Na verdade o fator decisivo na eficiência de decantação de partículas não é seu peso, mas sim a densidade efetiva (peso/volume). A distribuição aproximada do tamanho das partículas (WEF/ASCE, 1992) mostra que a maioria está na faixa de 10 a 20 μ , com 30 % maior que 30 μ , 80 % menor que 25 μ e 93 % menor que 45 μ . Quanto à velocidade de sedimentação, aproximadamente de 80 a 100 % das partículas precipitam-se à velocidade de 55 x 10⁻³ cm/s e 0 a 20 % a 0,25 x 10⁻³ cm/s. Sabe-se ainda que a profundidade da água tem pouca importância no processo de sedimentação sob condições de fluxo laminar. A eficiência de remoção é tanto maior, quanto maior for a concentração de sólidos suspensos, sendo ainda mais elevada em grandes bacias, com longos tempos de detenção. Cabe ainda destacar que pode ocorrer uma eficiência negativa de sedimentação, provocada pela ressuspensão do sedimento.

A *assimilação* de nutrientes ocorre mediante a atuação de algas e macrófitas (plantas aquáticas superiores), as quais crescem naturalmente no corpo hídrico das bacias de retenção.

ESTUDO DE CASO : BACIAS DE RETENÇÃO FRANCESAS

No ano de 2002 o autor deste trabalho técnico teve a oportunidade de avaliar a qualidade da água em cerca de 50 bacias de retenção francesas, como atividade principal de seu estágio pós-doutoral. As referidas bacias de retenção estão todas

situadas na província de Ile-de-France, portanto próximas à capital do país, sendo que algumas foram implantadas na década de 1970, ou seja, no início da utilização mundial destas estruturas.

As bacias de retenção foram monitoradas sistematicamente desde 1996, com uma frequência trimestral de coletas. Somente para os parâmetros físico-químicos existem cerca de 13.000 dados, cujo resumo consolidado é apresentado neste trabalho.

Aspectos morfológicos das bacias de retenção

Sabe-se que a morfologia dos ambientes aquáticos exerce uma forte influência sobre a maioria dos parâmetros físicos, químicos e biológicos (Wetzel, 1983), permitindo ainda uma melhor compreensão do funcionamento do ecossistema hídrico, especialmente com relação ao seu padrão térmico e à sua suscetibilidade à eutrofização. Além dos parâmetros morfométricos clássicos (área, volume, profundidade), existe o grupo dos chamados parâmetros morfométricos secundários, os quais são obtidos a partir dos dados morfométricos primários. Na verdade são os parâmetros secundários aqueles que efetivamente fornecem informações mais detalhadas sobre o comportamento limnológico do ambiente aquático (Hakanson, 1981). Alguns exemplos destes indicadores morfométricos são :

A *profundidade relativa*, que é definida como a relação entre a profundidade máxima do corpo d'água e o seu diâmetro médio, isto é, o diâmetro de um círculo que tenha a mesma área da bacia de retenção :

$$Z_r = Z_{\max} / D_{\text{médio}} = 88,6 \cdot Z_{\max} / \sqrt{A} \quad [\%]$$

A importância limnológica deste parâmetro está associada à compreensão do padrão térmico do ambiente aquático. Corpos d'água com baixas profundidades relativas (portanto grandes e rasos) circulam mais facilmente que aqueles com elevados valores (pequenos e profundos).

O *desenvolvimento do perímetro* indica o grau de irregularidade da margem do corpo d'água. Seu valor é dado pela razão entre o perímetro do ambiente aquático e a circunferência de um círculo que tenha a mesma área do corpo hídrico:

$$D_p = P_{\text{lago}} / P_{\text{círculo}} = 0,28 \cdot P / \sqrt{A} \quad [-]$$

A determinação deste parâmetro fornece importantes informações sobre a possível ocorrência de processos de eutrofização no corpo d'água. Ambientes com elevados valores de desenvolvimento do perímetro apresentam, devido à conformação irregular de suas margens, diversas baías ou reentrâncias, onde é possível uma indesejável acumulação de matéria orgânica. Por outro lado nestes ambientes aquáticos de morfologia irregular (dendríticos) ocorre o crescimento de uma vegetação litorânea mais consolidada, a qual permite uma melhoria na capacidade assimiladora do corpo d'água.

A *profundidade média* é obtida dividindo-se o volume do ambiente aquático pela sua área. Tem sido observado que este parâmetro é inversamente proporcional ao grau de trofia do ecossistema (Le Cren & McConnel, 1980; Cole, 1983).

As bacias de retenção avaliadas apresentam áreas entre 0,2 e 27 ha, sendo 70 % delas inferiores a 3 ha, 50 % inferiores a 2 ha e apenas 8 % acima de 10 ha. A profundidade máxima varia de 0,6 a 6 m. A maior parte das bacias é rasa, com 75 % delas apresentando profundidades inferiores a 2 m e 95 % abaixo de 3 m, ao passo que apenas 5 % são mais profundas que 3 m.

Relação entre área e profundidade relativa

Conforme evidenciado na Figura 1, há uma clara relação inversa entre a área da bacia de retenção e a sua profundidade relativa. Isto indica que as bacias de maiores dimensões podem apresentar circulações verticais mais facilmente que as menores bacias, as quais estão sujeitas a períodos mais longos de estratificação. Esta condição pode levar à formação de camadas anaeróbias no fundo das bacias de retenção. Neste aspecto a existência de circulações verticais pode ser considerada como um aspecto positivo para a integridade ecológica do ambiente aquático.

A Figura 2 mostra uma tendência na obtenção de conformação mais irregular das margens nas bacias de retenção de maior área. Admite-se portanto que as pequenas bacias de retenção podem adquirir mais facilmente uma forma circular, isto é, com baixo valor de desenvolvimento do perímetro. O aspecto positivo de qualidade da água em ambientes aquáticos aproximadamente circulares está associado à ausência de braços ou reentrâncias no corpo d'água, as quais poderiam provocar uma indesejável acumulação de matéria orgânica nas regiões mais rasas.

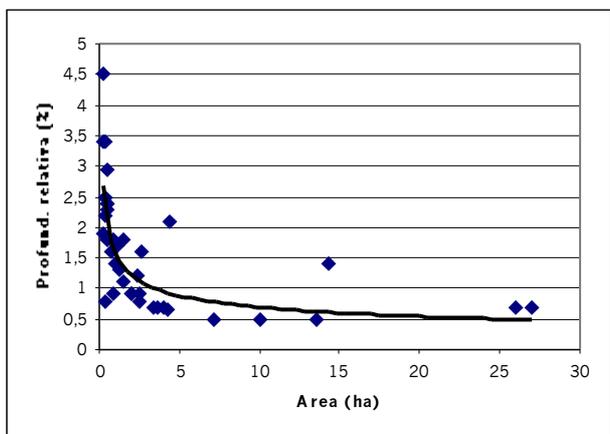


Figura 1 - Relação entre área e profundidade relativa

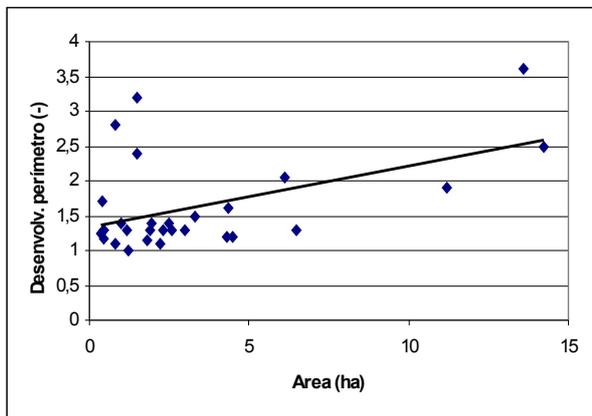


Figura 2 - Relação entre área e desenvolvimento do perímetro

Características de qualidade da água nas bacias de retenção estudadas

Temperatura

Há uma clara variação sazonal da temperatura da água nas bacias de retenção, com os maiores valores sendo registrados nos meses de julho e agosto (estação de verão no hemisfério norte). O padrão térmico dos corpos de água estudados mostra uma já esperada alternância de períodos de estratificação (verão e inverno) e de circulação (primavera e outono) da coluna d'água. Trata-se, portanto, de ambientes aquáticos dimíticos, isto é, com dois perío-

dos anuais de circulação. Na fase de estratificação ocorre um acúmulo de oxigênio dissolvido na superfície das bacias de retenção, originário da atividade fotossintética de algas e macrófitas e da atmosfera, enquanto que no fundo das bacias predomina o processo bacteriano de decomposição de matéria orgânica, com o conseqüente consumo de oxigênio. Durante a fase de circulação as bacias de retenção estão sujeitas a uma homogeneização na concentração de diversas substâncias, dentre elas os gases dissolvidos na água.

O cálculo da estabilidade do corpo d'água, com base nas diferenças de densidade entre superfície e fundo, permite avaliar se o mesmo está mais propenso a estratificar ou a circular. Uma maneira muito prática de se estimar a magnitude da estabilidade é mediante o cálculo da chamada RTR (Resistência Térmica Relativa) (Wetzel, 1983). A RTR é obtida dividindo-se a diferença de densidade entre as camadas superiores e inferiores pela constante 0,008, que corresponde à diferença de densidade entre as temperaturas de 4 e 5°C. Os valores de RTR calculados (máximo de 323) para as bacias de retenção estudadas são maiores durante o mês de agosto, portanto no auge do verão.

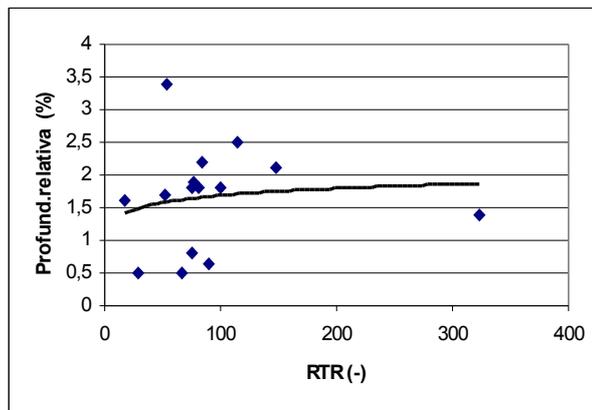


Figura 3 - Relação entre RTR e Profundidade Relativa

A Figura 3 apresenta a relação entre a RTR e a profundidade relativa em algumas das bacias de retenção pesquisadas. Observa-se a ocorrência de uma mudança de distribuição na faixa de profundidades relativas de 1,5 a 2,5 %. Acima deste intervalo constata-se que o aumento da profundidade relativa não implica em um correspondente aumento da RTR. Isto indica que as bacias de retenção podem atingir elevados graus de estabilidade térmica desde que superem a referida faixa de profundidade rela-

tiva. Esta característica está obviamente associada ao projeto da bacia de retenção.

pH

Os teores de pH variaram de 6,2 a 10,8, ocorrendo um claro predomínio de valores alcalinos. Este fato é devido à absorção do gás carbônico durante a atividade fotossintética das algas e macrófitas, a qual ocorre principalmente no período de junho a setembro, em se tratando de ambientes aquáticos situados no hemisfério norte. Destaca-se que valores de pH superiores a 7 evitam a indesejável ressobilização do fósforo e, eventualmente, de metais pesados acumulados no sedimento.

Transparência

A medição da transparência (profundidade de Secchi), por sua extrema facilidade operacional, permite o amplo conhecimento das propriedades óticas do corpo d’água, particularmente com relação à profundidade da zona fótica, ou seja, aquela região onde vivem os organismos autotróficos. Em climas temperados o limite da zona fótica equivale a aproximadamente o dobro da transparência (Cole, 1983). Nas bacias de retenção analisadas neste trabalho a transparência situou-se na ampla faixa de 0,12 a 2 m.

Turbidez

Os valores variaram no espectro de 2 a 190 UNT. Observou-se aqui uma clara influência sazonal, com a obtenção de teores mais elevados em épocas de chuva, quando ocorre um carreamento superficial mais intenso.

Oxigênio dissolvido

Os resultados da medição de oxigênio dissolvido são fornecidos, de forma mais adequada, em percentual de saturação. Desta maneira é considerada a influência exercida pela temperatura da água e pela pressão atmosférica local. O teor máximo registrado foi de 139 %, indicando a ocorrência de uma supersaturação provocada por uma intensa produção primária das algas. Cabe destacar que o excesso de oxigênio durante longos períodos de tempo pode trazer prejuízos à vida aquática, representados por problemas de embolia em peixes e

danos ao zooplâncton decorrentes da colmatação de pequenos orifícios com microbolhas de oxigênio. No fundo das bacias de retenção pesquisadas foram registrados naturalmente teores reduzidos de oxigênio dissolvido, atingindo-se por vezes a anoxia em períodos de estratificação térmica.

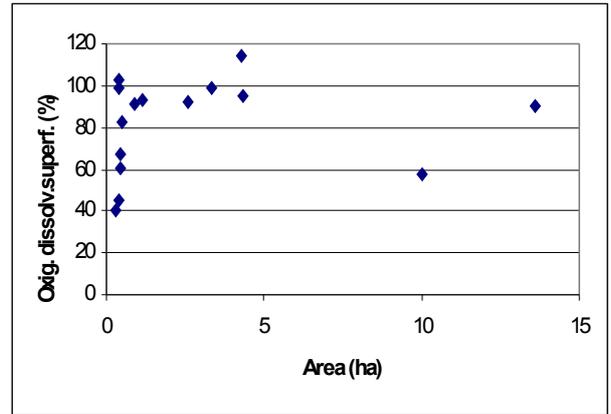


Figura 4 - Relação entre Área e Oxigênio Dissolvido na superfície

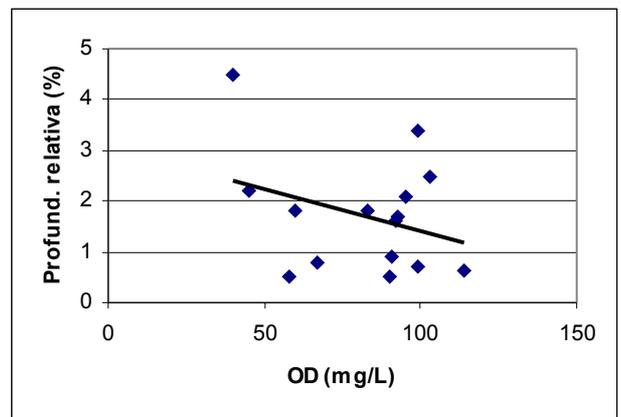


Figura 5 - Relação entre Oxigênio Dissolvido na superfície e Profundidade Relativa

Pode-se observar na Figura 4 que, acima de uma certa área da bacia de retenção (em torno de 2 ha) há uma homogeneização nos teores de oxigênio dissolvido na superfície. Verifica-se, por outro lado, que pequenas bacias de retenção podem apresentar intensidades de oxigenação tanto altas quanto baixas. A razão para este comportamento está associada ao fato de que as bacias maiores geralmente apresentam baixas profundidades relativas (V. Figura 1), ou seja, nestes casos a ausência de circulações verticais frequentes proporciona um período de tempo

suficiente para a acumulação de oxigênio dissolvido na superfície. A Figura 5 confirma esta associação inversa entre oxigênio dissolvido e profundidade relativa.

Nutrientes

Foram registrados teores de fosfato total de 0,05-2 mg/L e de ortofosfato de 0,015-1,53 mg/l, conferindo portanto um caráter eutrófico à maioria das bacias de retenção. Há grandes variações nas concentrações de nitrogênio (NH_4^+ oscilando de 0,08 a 3,5 mg/L), indicando, ora intensa produção primária, ora desnitrificação.

Condutividade

Grande variação de valores (130-1550 $\mu\text{S}/\text{cm}$), com os teores mais altos sendo normalmente registrados nos meses de inverno, em decorrência do uso de sal para derretimento da neve em passeios, ruas e rodovias.

Bacteriologia

As bactérias nas bacias de retenção estão normalmente em suspensão ou então fixadas sobre vegetais aquáticos. Deve ser enfatizada sua importante participação na ciclagem de nutrientes e de elementos químicos em geral. No fundo das bacias podem ocasionalmente ocorrer condições anaeróbias, prevalecendo então mecanismos fermentativos. Cuidados devem ser tomados com relação à eventual presença de bactérias patogênicas. As bactérias são eliminadas por processos de sedimentação (adsorvidas a partículas minerais), diluição e radiação ultravioleta, além da possível presença de vírus bacteriófagos e de substâncias nocivas produzidas pelo plâncton (metabólitos).

Hidrobiologia

Conforme comentado, as bacias de retenção estudadas são, em geral, ambientes eutróficos; na fase inicial de formação a biocenose foi pouco diversificada, tendo ocorrido florações de algas filamentosas (*Spirogyra*, *Cladophora*, *Ceratium*, *Dinobryon*); após 1 a 2 anos constatou-se que o meio aquático começava a se diversificar, com surgimento de um plâncton oligo-mesotrófico (*Peridinium*, Desmidiáceas, Diatomáceas, Crisofíceas, Clorofíceas, Euglenofíceas e Cianofíceas); após 5 a 6 anos houve um aumento ainda maior da diversidade, com predomínio

de *Chlorococcales*, *Volvococales*, Cianofíceas, Euglenofíceas). Na escala temporal pôde ser observada aproximadamente a seguinte distribuição: janeiro (**diatomáceas**, clorofíceas), março-maio (**clorofíceas**, euglenofíceas), junho-novembro (**cianofíceas**, clorofíceas). No zooplâncton a maior parte da população foi de rotíferos, havendo uma baixa presença de microcrustáceos (cladóceros e copépodos). Constatou-se em algumas bacias a colonização por algas filamentosas, que desenvolvem-se a partir do fundo; nas margens a ocupação por macrófitas iniciou-se em um período de 3 a 5 anos após o início de funcionamento da bacia de retenção, havendo o predomínio dos seguintes taxa: *Mentha aquatica*, *Veronica sp.*, *Myosotis palustris*, *Juncus sp.*, *Typha angustifolia*, *Scirpus*, *Sparganium* e *Polygonum*. O zoobenton das bacias de retenção estudadas foi constituído fundamentalmente de anelídeos (oligoquetas) e de larvas de inseto (quironomídeos). Na ictiofauna observou-se o predomínio de peixes ciprinídeos em relação aos salmonídeos. Ressalta-se que, algumas espécies capturadas para a nutrição humana, podem apresentar gosto de lodo, devido à dieta à base de actinomicetos e/ou cianofíceas.

CONCLUSÕES

Verifica-se a ocorrência de variações nos teores dos principais parâmetros de avaliação da qualidade da água nas bacias de retenção estudadas. Constata-se no entanto o predomínio de condições satisfatórias para os usos aos quais elas estão destinadas, com destaque para a harmonia paisagística. Estes ambientes aquáticos, que constituem-se em novos componentes do ambiente urbano construído, devem ser projetados para desempenhar eficientemente sua função hidrológica. Enfatiza-se todavia a necessidade de um maior aprofundamento no conhecimento da qualidade da água em bacias de retenção, desafio este que já pode ser vislumbrado para o nosso país.

REFERÊNCIAS

- ASCE/EPA, 2002. *Urban Stormwater BMP Performance Monitoring : Guidance Manual*, 214 p.
- AZZOUT, Y. et. al., 1994. *Techniques alternatives en assainissement pluvial*, INSA, 372 p.
- BAPTISTA, M. B., NASCIMENTO, N. O., VON SPERLING, E., 1998. *Inserção Ambiental de Bacias*

- de Detenção Urbanas. Anais do XXVI Congresso Interamericano de Ingenieria Sanitaria y Ambiental, AIDIS, Lima, Peru.
- COLE, G., 1983. *Textbook of limnology*. C.V. Mosby Company, Toronto, 401p.
- HÅKANSON, L. (1981). *A Manual of Lake Morphometry*. Berlin: Springer Verlag,
- Le CREN, E. and McCONNELL, R., 1980. *The functioning of freshwater ecosystems*. Cambridge University Press, Cambridge, 588 p.
- NASCIMENTO, N. O. & BAPTISTA, M. B., 1998. *Contribuição para um enfoque ampliado do uso de bacias de detenção em áreas urbanas*, in *Drenagem Urbana – Gerenciamento, Simulação e Controle*, cap. 15, ABRH.
- URBONAS, B. & STAHRÉ, P., 1993. *Best Management Practices and Detention for Water Quality, Drainage and CSO Management*, PTR Prentice Hall, 449 p.
- WANIELISTA, M. P., 1978. *Stormwater management : quality and quantity*, Ann Arbor Science, 383 p.
- WEF/ASCE, 1992. *Design and Construction of Urban Stormwater Management Systems*, 724 p.
- WETZEL, R., 1983. *Limnology*. Saunders Company, Philadelphia, 767 p.
- WHIPPLE, W. et. al., 1989. *Stormwater management in urbanising areas*, Prentice-Hall, 234 p.

Water Quality Aspects in Urban Retention Ponds

ABSTRACT

The paper presents the results of water quality monitoring in about 50 retention ponds located in France. A review of ecological studies in these new environments shows the need for further research on their water quality. The results indicate satisfactory conditions in most of the ponds, despite the occurrence of a high level of productivity in some of these aquatic systems. There is no clear pattern of water quality among the researched ponds. Taking climatic specificities into account, the information obtained from this study can be applied to the Brazilian reality, due to the increasing use of retention ponds in this country.

Keywords: Retention Ponds; Water Quality.