

METODOLOGIA PARA AVALIAÇÃO DA PRODUÇÃO DE SEDIMENTOS E DA QUALIDADE DA ÁGUA EM BACIAS URBANAS DE CONTROLE DE CHEIAS: ESTUDO DE CASO – CIDADE DE BELO HORIZONTE-MG

Marcos Ferreira de Souza^{1}; Márcia M. L. P. Coelho²; Priscilla Macedo Moura³; Márcio Benedito Baptista⁴; Marcelo Libânio⁵*

Resumo – Para reduzir a ocorrência de inundações e compensar de forma global os efeitos da impermeabilização, as bacias de controle de cheias têm sido uma das soluções alternativas aos sistemas clássicos de drenagem mais adotadas nos centros urbanos. Essas bacias concebidas para reservação de água durante a operação acumulam também resíduos sólidos, principalmente sedimentos carreados no escoamento. Assim, o monitoramento dos sedimentos e da qualidade da água é fundamental para o entendimento do processo de assoreamento das bacias de detenção e como o mesmo pode contribuir para poluição do corpo hídrico. O presente trabalho propõe uma metodologia de monitoramento dos sedimentos e da qualidade da água em dois equipamentos públicos na cidade de Belo Horizonte-MG, com utilização de amostradores automáticos e automatizados, e ainda estacas fixadas dentro da área de armazenamento para obtenção de volumes acumulados de resíduos sólidos. O conhecimento desses é fundamental para nortear as ações de manutenção, auxiliando a administração pública no planejamento da vida útil das bacias de controle de cheias, subsidiando inclusive novos estudos e projetos de empreendimentos a serem implantados.

Palavras-Chave – Bacias de Controle de Cheias, Sedimentos, Qualidade da Água.

METHODOLOGY FOR ASSESSING THE SEDIMENT PRODUCTION AND WATER QUALITY IN URBAN FLOOD CONTROL BASINS: CASE STUDY - CITY OF BELO HORIZONTE-MG

Abstract – To reduce the occurrence of floods and compensate so the overall effects of impermeabilization, the flood control basins have been one of the alternatives to conventional systems drainage most adopted in urban centers. These basins designed for reservation of water during operation also accumulate solid residues, mainly sediments carried in the flow. Thus, monitoring of sediment and water quality is critical to understanding the process of silting of detention basins and how it can contribute to pollution of the water body. This paper proposes a methodology for monitoring of sediment and water quality in two public equipments in the city of Belo Horizonte-MG, using automatic samplers and automated, and yet stakes fixed within the storage area for obtaining accumulated volumes of solid residues. Knowledge of these is essential to guide the actions of maintenance, assisting the government in planning the life of the flood control basins, including subsidizing new studies and projects of ventures to be implemented.

Keywords – Flood Control Basins, Sediments, Water Quality.

¹ Aluno de doutorado do Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, UFMG / Engenheiro SUDECAP-PBH, marcosferreira@pbh.gov.br

² Depto. de Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos, UFMG, lara@ehr.ufmg.br

³ Depto. de Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos, UFMG, priscilla.moura@ehr.ufmg.br

⁴ Depto. de Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos, UFMG, marcio.baptista@ehr.ufmg.br

⁵ Depto. de Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos, UFMG, mlibanio@ehr.ufmg.br

INTRODUÇÃO

Os processos de urbanização ocorridos ao longo dos anos nos centros urbanos ocasionaram o aumento da impermeabilização do solo e da artificialização dos cursos d'água. Com isso, houve o agravamento da incidência de inundações, com prejuízos constantes para a população, a cada novo período chuvoso com ocorrência de eventos significativos. Dentro deste contexto, as técnicas compensatórias de drenagem surgiram visando compensar de forma global os efeitos da urbanização, buscando o controle da produção de excedentes de água oriundos da impermeabilização, restringindo que ocorra a transferência rápida para jusante. Essas técnicas são fundamentadas essencialmente na retenção e na infiltração das águas de chuva, com objetivo de efetuar um rearranjo temporal das vazões, com diminuição do volume escoado, proporcionando a redução da ocorrência de inundações, conforme mencionam Baptista *et al.* (2011).

Uma das técnicas é o emprego de bacias de detenção, também chamadas de bacias de amortecimento e controle de cheias. Nessas bacias ocorrem o acúmulo de resíduos sólidos em sua área de reservação de água durante a sua operação. O sedimento é uma significativa fonte de poluição, por sua concentração na água do escoamento urbano, seus impactos no uso da mesma e seus efeitos no transporte de outros poluentes. Dentro deste contexto, o monitoramento dos sedimentos é fundamental para o entendimento do processo de assoreamento das bacias de detenção. A quantidade de sedimentos acumulada na área de armazenamento reduz o volume de água a ser detido temporariamente no equipamento público e a característica/qualidade do mesmo pode contribuir para poluição dos corpos hídricos.

Em relação aos estudos envolvendo os processos de transporte e de acúmulo de sedimentos e em relação à qualidade da água afluyente e efluente às bacias de controle de cheias, constata-se que os mesmos são escassos na literatura internacional e praticamente inexistentes no Brasil. Há estudos relacionados com o tema do trabalho, voltados para bacias rurais, com fins de armazenamento para geração de energia e estudos em rios. Os poucos trabalhos relacionados com drenagem urbana são estudos individualizados, não consideram os processos de forma integrada (ocupação, tipo do solo, uso do solo, perfil cultural, etc.). Segundo a literatura, os sedimentos acumulados em sistemas urbanos de amortecimento de cheias apresentam uma granulometria fina, com uma poluição considerável em elementos diversos – metais pesados, hidrocarbonetos, pesticidas. Eles são muito ricos em matéria orgânica. Estudos mostram também que a poluição está fixada às partículas mais finas dos sedimentos acumulados em bacias de amortecimento de cheias (Lee *et al.*, 1997; Durand, 2003; Clozel *et al.*, 2006), o que pode ser explicado por uma superfície específica maior e portanto maior disponibilidade de área para a adsorção dos poluentes. Além disso, Petavy (2007) demonstra que as partículas mais finas se aglomeram entre si formando partículas mais grosseiras que aderem às partículas de maior granulometria.

No que tange a quantidade de sedimentos depositados em estruturas de controle de cheias, a literatura trás poucos estudos. Uma estimativa da produção de material em suspensão por hectare da bacia de drenagem é dada por MEE (1994), sendo esta relacionada à superfície impermeável da bacia de drenagem. Estimam-se valores da ordem de 770 kg/ha/ano, para uma impermeabilização de 35%; 2300 kg/ha/ano, para uma impermeabilização de 55%; 3495 kg/ha/ano, para uma impermeabilização de 70% e, finalmente, 4680 kg/ha/ano, para uma impermeabilização de 85%. Essas estimativas foram realizadas a partir de dados sobre a quantidade de sedimentos retirados de dispositivos de amortecimento de cheias com e sem espelho d'água.

Grandes quantidades de sedimentos são retiradas todos os anos de obras de drenagem. Os volumes de sedimentos de bacias de amortecimento de cheias e de valas, incluindo estruturas urbanas e rodoviárias na França, são estimados a 9.300.000 m³ por ano, segundo Ruban (2005). O

nível de poluição dos sedimentos varia em função do tipo de atividade da bacia de drenagem. A poluição encontrada é uma poluição mista: são encontrados metais, principalmente cobre, chumbo, zinco e cádmio. A poluição orgânica é majoritariamente por hidrocarbonetos de cadeia linear.

Assim, com base na importância das bacias de retenção para controle de enchentes e redução da poluição urbana de origem pluvial, considerando também o pouco conhecimento dos gestores públicos sobre as ações de manutenção e operação desses equipamentos, bem como a escassez de trabalhos na área, o presente trabalho possui um papel fundamental para contribuição da conservação da eficiência do amortecimento e condições ambientais durante a vida útil dessas estruturas. Deste modo é apresentada a seguir uma metodologia para avaliação da produção de sedimentos e da qualidade da água em bacias de retenção urbanas, com estudo de caso do município de Belo Horizonte-MG.

ESTUDO DE CASO – CIDADE DE BELO HORIZONTE-MG

Em Belo Horizonte-MG há atualmente 12 equipamentos públicos de controle de cheias, os quais estão distribuídos pela cidade, conforme mapa da Figura 01, tendo a localidade do Cardoso duas bacias.

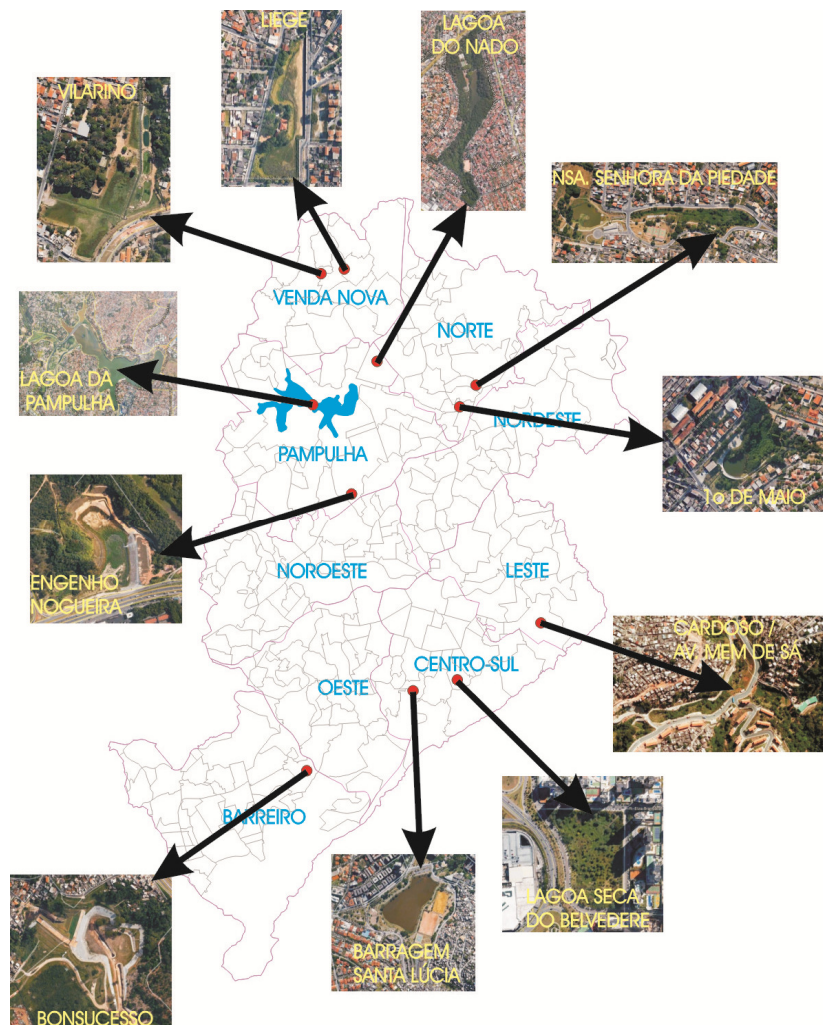


Figura 01 – Localização dos reservatórios/barragens/bacias de controle de cheias em Belo Horizonte - MG

Considerando o grande número de equipamentos existentes, torna-se fundamental o conhecimento dos processos de transporte e acúmulo de sedimentos, bem como a qualidade da água nos mesmos. As Figuras 02 e 03 ilustram alguns problemas comuns encontrados em bacias de retenção em área urbana.

A Figura 02 demonstra o cenário em dezembro de 2012, anterior às ações de manutenção, do equipamento público de controle de cheias da Av. Liege, na regional Venda Nova, com presença de acúmulo de sedimentos e resíduos sólidos urbanos. Essa bacia foi projetada para funcionamento sem espelho de água em período seco, contudo, em função do assoreamento, observam-se áreas de retenção de água que comprometem o escoamento interno da área de armazenamento. Os problemas ambientais são catalisados pela existência de lançamento de esgoto no curso d'água. Nas áreas com água represada constatou-se mau cheiro e condições de proliferação de vetores.



Figura 02 – Trecho de armazenamento da bacia Av. Liege: acúmulo de sedimentos e resíduos sólidos diversos. Vistoria realizada em 10/12/2012. Fotografias dos Autores

Conforme pode ser observado na Figura 03, na bacia de retenção do córrego Engenho Nogueira, na regional Pampulha, também há o acúmulo de sedimentos e resíduos sólidos urbanos na área de armazenamento da bacia (3A) e entrada da gaiola de proteção (3B) do sistema de esgotamento da bacia.



Figura 03 – (A) Área de inundação assoreada. (B) Gaiola de proteção parcialmente obstruída- Entrada da galeria de descarga de fundo. Vistoria realizada em 10/12/2012. Fotografias dos Autores

METODOLOGIA PROPOSTA

Para estudo das bacias de retenção em área urbana, propõe-se uma metodologia de monitoramento dos sedimentos e da qualidade da água em dois equipamentos públicos da cidade de Belo Horizonte – MG, Bacia de Retenção da Av. Liege e Bacia de Retenção do Parque 1º de Maio,

durante dois anos hidrológicos. Ambas foram selecionadas por apresentarem características distintas.

A bacia de retenção da Av. Liege encontra-se em uma região com processo de urbanização em andamento e está localizada ao lado de uma avenida da qual recebe o nome. Constatam-se também lançamentos irregulares de esgotamento sanitário nos cursos d'água afluentes e a mesma não possui espelho d'água permanente. Já a bacia do córrego 1º de Maio está inserida em uma área com processo de urbanização mais estável e apresenta um espelho d'água permanente. A sua estrutura está inserida em um parque linear, com área cercada e monitorada pela Fundação Municipal de Parques, com ações de manutenção mais constantes, tendo sido implantados interceptores de esgoto em ambas as margens dos córregos afluentes e redes coletoras nas vias de entorno na época de execução do equipamento público.

Monitoramento dos sedimentos

Para a determinação da concentração de sólidos em suspensão propõem-se a coleta de amostras de água através de um amostrador automatizado de nível ascendente durante a elevação do nível de água por ocasião de cheias. Serão instaladas garrafas para coleta da água, a cada intervalo de altura para uma onda de cheia, iniciando na cota do nível d'água - NA do período de estiagem e terminando na cota do NA máximo da bacia de retenção. Com isso, será possível a coleta de amostras de água em horários que apresentam dificuldade de coletas manuais, situações de precipitações intensas durante a noite. Deste modo, planeja-se monitorar a concentração de sólidos suspensos - SS durante a ocorrência da onda de cheia. A concentração de sedimentos em suspensão será determinada em laboratório, através do método da filtração. Serão determinados sólidos totais dissolvidos e sólidos suspensos. Os pontos de controle para coleta de amostras são as entradas (córregos afluentes) e as saídas (dispositivos de descarga existentes), com um amostrador em cada um destes locais.

Ainda se pretende monitorar a turbidez da água por meio de sensores automáticos, também com a finalidade de se obter a concentração de sólidos suspensos. Conforme mencionado por Vestena *et al.* (2007), a turbidez é um ótimo indicador para relacionar a concentração de sólidos suspensos, além de possibilitar a medição contínua da mesma pelo equipamento automatizado. Estima-se, durante os dois anos de monitoramento, a realização de 10 campanhas de amostragem bem sucedidas, considerando a possibilidade de longos períodos de estiagem, chuvas nos finais de semana e no período noturno, bem como eventuais problemas técnicos dos equipamentos.

Atualmente a prefeitura de Belo Horizonte-MG possui um sistema de monitoramento hidrológico, com estações pluviométricas, fluviométricas e climatológicas instaladas em vários pontos da cidade, as quais serão utilizadas para obtenção de dados. Campanhas de monitoramento das velocidades de escoamento serão efetuadas nos pontos de interesse, com medições realizadas em diversos níveis de água com a utilização de micromolinetes. O objetivo destas campanhas é a obtenção das vazões escoadas e das curvas-chaves dos pontos monitorados.

Com os dados hidrológicos e sedimentométricos serão efetuadas análises de modo a se relacionar vazão e concentração de SS, com desenvolvimento de curvas-chave de sedimentos nos pontos de monitoramento e avaliação da produção de sedimento no período, tendo em vista os aportes afluentes e efluentes de cada bacia analisada. Além das análises da concentração de sólidos em suspensão, será realizada a caracterização granulométrica desses sólidos. Prevê-se a realização de pelo menos quatro campanhas para amostragem de sedimentos acumulados nas bacias de controle de cheias, deste tipo. As amostras serão coletadas em pontos pré-definidos, formando uma malha no fundo das bacias. Estas serão analisadas através de granulometria tradicional

(peneiramento e sedimentação) e através de granulometria laser (para algumas amostras selecionadas). Essa caracterização permitirá reflexões sobre o destino do material extraído das bacias, que atualmente é levado a aterros sanitários e utilizado como material de recobrimento de células.

Também se propõe o emprego de monitoramento por instalação de estacas com marcações centimetradas ao longo da mesma, distribuídas uniformemente pela área de armazenamento da bacia de detenção do tipo aberta e seca. Estes dispositivos quando instalados nas cotas de projeto, nível de origem, permitirão o levantamento do volume acumulado de resíduos sólidos em um período, através da leitura das cotas atingidas pelo acúmulo de material. Planeja-se uma distribuição em forma de malha, com espaçamentos de 20 em 20 metros, em função das restrições de operação e manobra de maquinário e veículos de limpeza, durante eventuais ações de manutenção. As estacas terão altura livre de dois metros a partir da cota de projeto e segmentação por coloração diferenciada em intervalos de 0,50 m, com numeração individualizada no topo para controle e registro de dados. Faz-se necessário um cadastramento georreferenciado dos pontos de instalação das estacas, com amarração em levantamento topográfico preliminar, para fins de obtenção das seções de cubação de terraplenagem, dos volumes acumulados no período de monitoramento. A Figura 04 apresenta um esquema ilustrativo de uma seção tipo transversal de uma bacia de detenção do tipo seca, aberta em linha, com representação da instalação das estacas.

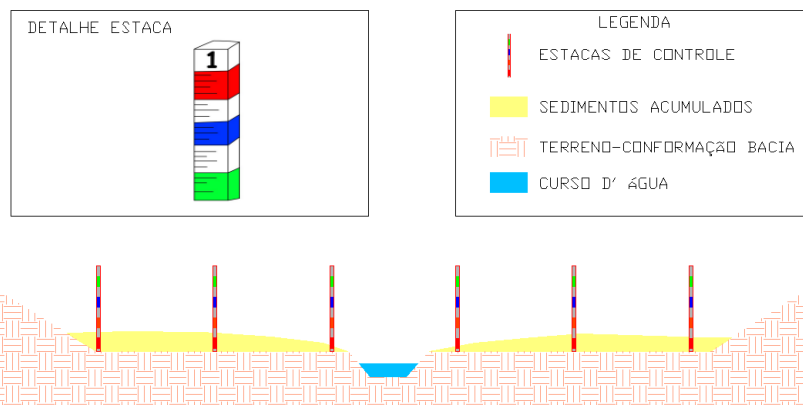


Figura 04 – Seção transversal tipo (esquemático) sem escala. Estacas de controle de acúmulo de resíduos sólidos

Monitoramento da qualidade da água

O monitoramento da qualidade da água está relacionado ao conhecimento dos elementos presentes na mesma, conforme mencionam Vieira *et al.* (2009). A urbanização ocorrida de forma desordenada proporciona alterações no regime hídrico em função da impermeabilização do solo na bacia hidrográfica, proporcionando o aumento do volume e da velocidade do escoamento superficial, tendo como consequência a maior capacidade de arraste e maior carga poluidora. Esta carga produzida passa a ser composta por fontes pontuais e difusas, aumentando seu potencial poluidor nos ambientes aquáticos. Há ainda o esgotamento sanitário lançado *in natura* direto nos córregos, chegando até os equipamentos públicos. Deste modo, considerando as águas armazenadas e contribuintes através dos cursos d'água nas bacias para controle de cheias, torna-se fundamental o monitoramento para conhecimento da existência ou não de poluição local. Salienta-se que o monitoramento de qualidade da água estará plenamente integrado ao monitoramento de precipitação e de vazão. Conforme mencionado anteriormente, com utilização dos equipamentos e dados do sistema de monitoramento hidrológico da Prefeitura de Belo Horizonte-MG, a campanha de monitoramento utilizará sensores de nível d'água, a serem instalados na estação de monitoramento para a coleta de dados contínuos em tempo seco e durante os eventos chuvosos. Os valores

monitorados serão capturados por meio de armazenador de dados (*data logger*), mesmos equipamentos utilizados no monitoramento de sólidos em suspensão. A campanha de amostragem será realizada também durante dois anos hidrológicos, por meio de coletas em condições de tempo seco e em eventos chuvosos.

As amostras serão as mesmas coletadas pelo monitoramento de sedimentos, com utilização de amostrador automatizado e/ou amostrador automático. Nas amostras coletadas, serão analisados os seguintes parâmetros: pH, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO₅), Demanda Química de Oxigênio (DQO), fosfato, nitrogênio amoniacal, amônia, nitrito, nitrato, fósforo total, nitrogênio total, carbono orgânico total, óleos e graxas, sólidos suspensos totais e metais, como cádmio, mercúrio, chumbo, arsênio, cobre, cromo, níquel e zinco, além de coliformes termotolerantes. O interesse em se caracterizar a água em relação a estes parâmetros físico-químicos é relacionado à caracterização dos processos de degradação/alteração dos nutrientes, matéria orgânica e metais que podem ocorrer em função das modificações no regime de escoamento causadas pela reservação das águas. As metodologias analíticas a serem implementadas e utilizadas na pesquisa para as análises das variáveis indicadoras de qualidade das águas serão baseadas nos métodos preconizados pela *American Public Health Association, American Water Works Association e Water Environment Federation* (APHA; AWWA; WEF, 2005), presentes no “*Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*”.

CONCLUSÕES

Apesar de existirem vários estudos na área de drenagem urbana, há uma carência de trabalhos investigativos sobre o processo de assoreamento e da qualidade da água afluyente e efluente nas bacias de retenção urbanas para controle de cheias, principalmente no cenário brasileiro, considerando os tipos de solos nacionais, as características topográficas, o clima tropical, o processo de urbanização e a cultura dos habitantes na bacia de contribuição. A escassez é ainda maior em relação aos trabalhos focados na operação e manutenção desses reservatórios e bacias de controle de cheias. Com a metodologia proposta, a partir do estudo de caso de duas bacias em Belo Horizonte - MG será possível estudar e monitorar os processos de transporte e retenção de sedimentos, bem como analisar a qualidade da água presente. O conhecimento desses fatores é fundamental para nortear as ações de operação e manutenção dessas estruturas, auxiliando a administração pública no planejamento do empenho de efetivo e de recursos, de modo que as funções de redução de enchentes e controle da poluição, idealizadas e implementadas sejam mantidas no decorrer da vida útil das bacias de controle de cheias.

As metodologias propostas para o monitoramento de sedimentos por amostragens com equipamentos automatizados e automáticos, sensores de turbidez e por emprego de estacas com marcações ao longo da área de armazenamento permitirão comparar os resultados encontrados em cada método, avaliando a empregabilidade dos mesmos e proporcionando posteriormente a criação de recomendações para aplicação e extensão em outros reservatórios de controle de cheias. Destaca-se o uso das estacas no presente trabalho uma vez que é uma solução de monitoramento simples e de baixo custo, com caráter inovador em bacias secas de controle de cheia. Sobre a realização do monitoramento da qualidade da água, este permitirá a avaliação da mesma na entrada e saída em equipamento de controle de cheias, avaliando os níveis de poluição no sistema, relacionando com as precipitações ocorridas no período de estudo.

Soma-se ainda a necessidade de conhecimento desses processos de aporte e acumulação de sedimentos em bacias de retenção para variados cenários, nos quais podem existir diferentes tipologias de ocupação, uso do solo, coleta de resíduos sólidos e infraestrutura de saneamento. O levantamento de dados e informações subsidiará novos estudos e projetos de empreendimentos a

serem implantados, nas cidades brasileiras e internacionais, auxiliando também no estabelecimento de diretrizes para operação e manutenção das bacias de retenção. Atualmente a maioria das administrações municipais desconhece os processos mencionados, não empenhando as ações necessárias de operação e de manutenção, acarretando na perda da eficiência de amortecimento de enchentes ao longo dos anos, não justificando deste modo os altos recursos desembolsados para execução desses empreendimentos. Assim, a viabilização da metodologia irá também contribuir para a implantação de planos de manutenção preventivos e corretivos, contrastando com as ações atuais que visam tão somente ações corretivas, muito mais caras que as preventivas, e sempre realizadas às pressas, na eminência de acidente.

AGRADECIMENTOS

Os autores deste trabalho agradecem a FAPEMIG - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais, ao CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, a CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior e a SUDECAP – Superintendência de Desenvolvimento da Capital, pelo apoio para o desenvolvimento científico e tecnológico das pesquisas realizadas.

REFERÊNCIAS

- APHA, AWWA, WEF, (2005). *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 20. ed. Washington: AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA); AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION (AWWA); WATER ENVIRONMENT FEDERATION (WEF).
- BAPTISTA, M.B.; BARRAUD, S.; NASCIMENTO, N.O. (2011). *Técnicas compensatórias em drenagem urbana*. ABRH, 2ª Edição, Porto Alegre-RS, 318p.
- CLOZEL B., RUBAN V., DURAND C., CONIL P. (2006). *Origin and mobility of heavy metals in contaminated sediments from retention and infiltration ponds*. Applied Geochemistry, vol.21 nº 10, pp. 1781-1798.
- DURAND C. (2003). *Caractérisation physico-chimique des produits de l'assainissement pluvial: Origine et devenir des métaux traces et des polluants organiques*. Thèse de Doctorat. Poitiers: Université de Poitiers, 248 p.
- LEE P., TOURAY J. C., BAILLIF P., ILDEFONSE J. P. (1997). *Heavy metal contamination of settling particles in a retention pond along the A-71 motorway in Sologne, France*. Science of the Total Environment, vol. 200, nº 1, pp. 1-15.
- MEE (1994) *Stormwater management practices planning and design manual*. Toronto: Environmental Sciences & Standards Division - Program Development Branch - Ontario Ministry of Environment and Energy, 260 p.
- PETAVY F. (2007). *Traitement et la valorisation des sédiments de l'assainissement pluvial*. Thèse de Doctorat en Génie Civil. Nantes : LCPC, 283p.
- RUBAN V. (2005). *Caractérisation et gestion des sédiments de l'assainissement pluvial*. Paris: Edition LCPC, (Collection Génie Urbain), 151 p.
- VESTENA, L. R.; LUCINI, H.; KOBAYAMA, M. (2007). *Monitoramento automático da concentração de sedimentos em suspensão na bacia hidrográfica do caeté, Alfredo Wagner/SC*. Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC. Florianópolis-SC, 11p.
- VIEIRA, P.C.; SEIDL, M.; NASCIMENTO, N.O.; SPERLING, M.V. (2009). *Avaliação de Fluxo de poluentes em Tempo Seco e Durante Eventos de Chuva em uma Microbacia Urbanizada no Município de Belo Horizonte, Minas Gerais*. Programa de Pesquisas em Saneamento Básico – PROSAB - Edital 05 - Manejo de Águas Pluviais Urbanas. Rio de Janeiro-RJ: ABES, 398p.