



ESTUDO DA CAPACIDADE DE MITIGAÇÃO DE CHEIAS DE PARQUES URBANOS DE BELO HORIZONTE (MG) COM BASE EM SEU COEFICIENTE DE INFILTRAÇÃO

Mirella Nazareth de Moura ¹
Diego Rodrigues Macedo ²

RESUMO

O processo de urbanização configura-se como uma das principais pressões antrópicas sobre o meio ambiente, interferindo significativamente no ciclo hidrológico ao alterar precipitação, infiltração, evapotranspiração e escoamento superficial. Em Belo Horizonte, intervenções urbanas historicamente negligenciaram os cursos d'água, contribuindo para a recorrência de enchentes. Como resposta, o programa DRENURBS foi implementado com o objetivo de reabilitar cursos d'água urbanos, controlar sedimentos, mitigar cheias e integrar recursos hídricos ao espaço urbano, por meio da implantação de parques lineares. Este estudo compara a capacidade de mitigação de cheias de três parques criados pelo DRENURBS com a de outros parques do município, em diferentes níveis de proteção ambiental. Para isso, foi calculado o coeficiente de infiltração de cada parque, inferido indiretamente a partir do coeficiente de escoamento superficial dos quarteirões de Belo Horizonte, disponibilizado na plataforma BH Maps. Utilizando a média ponderada da área de contribuição de cada parque, obteve-se o valor proporcional de escoamento superficial, e, por subtração, o coeficiente de infiltração. Foram analisados nove parques, com base em recorte amostral de Madureira et al. (2024). Posteriormente, foi aplicada uma análise de variância unidirecional (ANOVA), seguida do teste de comparações múltiplas de Tukey HSD, podendo-se assim identificar quais pares de grupos apresentaram diferenças estatisticamente significativas. Os resultados apontam que o grupo Referência difere significativamente dos grupos Moderado ($p = 0.007$) e Reabilitado ($p = 0.001$). No entanto, não houve diferença significativa entre os grupos Moderado e Reabilitado ($p = 0.260$). Ou seja, os parques Moderados e Reabilitados possuem, estatisticamente, capacidades semelhantes de atenuar as cheias. Isso é um forte indicativo que as ações do DRENURBS ainda surtem efeitos positivos nos parques reabilitados, comprovando que a reabilitação de cursos d'água traz melhorias não apenas para os corpos hídricos propriamente ditos, mas para seu ambiente de entorno.

Palavras-chave: Parques lineares, DRENURBS, Bacias de contribuição, Uso e Ocupação, Tukey

INTRODUÇÃO

O processo de urbanização é uma das pressões antrópicas de maior impacto ao meio ambiente, interferindo diretamente no ciclo hidrológico, alterando a intensidade e

¹ Doutoranda do Curso Geografia da Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, mirellanm92@hotmail.com;

² Professor orientador: Doutor Diego Rodrigues Macedo Faculdade de Geografia da Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG diegorm@ufmg.br



localização dos processos de precipitação, evapotranspiração, infiltração e escoamento superficial (Allan, 2004). Isso se dá, pois o aumento das áreas impermeáveis em ambientes urbanos conduz à antecipação do tempo de ocorrência dos picos de vazão, levando ao aumento do escoamento superficial, redução do tempo de concentração das bacias e comprometimento da recarga de aquíferos (Tucci, 1997; Macedo et al., 2010)

As enchentes e inundações são fenômenos naturais desencadeados pelo escoamento dos intensos eventos de precipitação, quando a água do rio, na calha principal, transborda ocupando as planícies marginais. Assim, a combinação de uma precipitação intensa em um solo com baixa capacidade de infiltração, acarreta em uma maior parte do volume de água escoando para o sistema de drenagem, superando sua capacidade natural de escoamento, ocupando as áreas de várzea com o transbordo do curso do rio (Tucci; Bertoni, 2003).

Ao se tratar de áreas urbanizadas no Brasil, destaca-se Belo Horizonte, uma metrópole brasileira que, desde a sua instalação em 1897, foi palco de intervenções e processos de artificialização que negligenciaram seu ambiente físico, particularmente os cursos d'água, que foram canalizados e cobertos pelo sistema viário, desconsiderando-se, assim, a malha hidrográfica e suas funções ambientais (Costa e Monte-Mór, 2002; Macedo et al 2011). É válido destacar que seu Plano Diretor aborda as questões de drenagem urbana, buscando diagnosticar a situação das bacias e fornecer dados para estudos que proponham medidas, para melhorar a eficiência dos sistemas, uma vez que os eventos de inundação representam uma parcela significativa dos desastres naturais na cidade, exigindo uma resposta do poder público para gerir os recursos hídricos de forma integrada e participativa (Viola, 2008).

Assim, no intuito de se sanar os percalços causados pelas inundações, desde a década de 1970, a gestão de recursos hídricos de países como Estados Unidos, Inglaterra, Alemanha e Austrália utilizam técnicas baseadas em detenções e retenções da água desde os loteamentos até as áreas públicas, antes desta chegar à rede de drenagem (Tucci, 2003). Essa abordagem pautada nas relações ecossistemas naturais, sistema urbano artificial e sociedade, propõe a recuperação dos cursos d'água através da despoluição, evitando canalizações e retificações e criando áreas de lazer, trazendo à tona a popularização dos parques e áreas de proteção/conservação como políticas urbano ambientais, acarretando no uso sustentável do ambiente urbano (Macedo, et al, 2022).



Baseando-se nessa prerrogativa e visando o combate dos problemas ambientais oriundos das ocupações inadequadas dos ambientes fluviais do município, a Prefeitura de Belo Horizonte criou em 2003, o Programa de Recuperação Ambiental e Saneamento dos Fundos de Vale e dos Córregos em Leito Natural de Belo Horizonte - DRENURBS (Macedo; Magalhães, 2020). Assim, o DRENURBS objetivou a despoluição de cursos d'água, o controle de produção de sedimentos, mitigação de cheias e a integração de recursos hídricos no cenário urbano através de ações de tratamento, reabilitação de cursos d'água e implantação de parques lineares (PBH, 2010).

Diante deste cenário, este artigo visa comparar a capacidade de mitigação de cheias de três parques lineares, criados através do DRENURBS, comparando-os a outros parques do município, situados em diferentes graus de proteção ambiental.

METODOLOGIA E UNIDADES DE ESTUDO

Para se compreender a capacidade de mitigação de cheias dos parques urbanos selecionados em Belo Horizonte, o primeiro passo foi realizar o cálculo do coeficiente de infiltração de cada um dos parques. O coeficiente de infiltração foi inferido indiretamente, a partir dos dados do coeficiente de escoamento superficial, calculado para cada quarteirão de Belo Horizonte, disponibilizado pela plataforma BH Maps.

Através da proporção destas áreas na bacia de contribuição de cada parque, foi possível espacializar o coeficiente de infiltração, utilizando a média ponderada, entre as somas das áreas dos quarteirões versus as somas das áreas dos quarteirões com o peso de seus coeficientes. O resultado final foi o coeficiente de escoamento superficial proporcional à área de interesse, ou seja, apenas dos metros quadrados que tocam os parques estudados. Para se obter o coeficiente de infiltração, foi feita a subtração do valor do escoamento superficial, do valor total (1,0).

Posteriormente, visando verificar as diferenças estatisticamente significativas entre os coeficientes de escoamento superficial dos parques classificados nas condições de Referência, Moderado e Reabilitado, foi aplicada uma análise de variância unidirecional (ANOVA), seguida do teste de comparações múltiplas de Tukey HSD, podendo-se assim identificar quais pares de grupos apresentaram diferenças estatisticamente significativas.

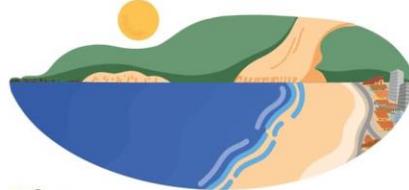


Deve-se ressaltar que o cálculo foi realizado em nove parques urbanos, em três diferentes graus de proteção, a saber: I) Parque das Mangabeiras (G), Parque Municipal Roberto Burle Marx (I), Rola Moça (H) (classificados como de referência, por serem minimamente impactados, dentro das possibilidades em um contexto urbano); II) Parque Municipal Aggeio Pio Sobrinho (F), Parque Municipal Jacques Cousteau (E) e Parque Municipal Fazenda Lagoa do Nado (D) (classificados como moderados, uma vez que nunca passaram por um histórico severo de degradação ambiental, mesmo estando dentro de área densamente urbanizada) e III) Parque Municipal Primeiro de Maio (B), Parque Municipal Nossa Senhora da Piedade e Parque Municipal (C) José Lopes dos Reis – Baleares (A) (classificados como reabilitados pelo programa DRENURBS).

A escolha desses parques foi baseada no recorte amostral de trabalhos pretéritos de Moura *et al.*, (2023), (Macedo et al., 2024). e Madureira et al., (2024) que buscam entender a dinâmica ambiental de parques urbanos de Belo Horizonte em diferentes graus de proteção.

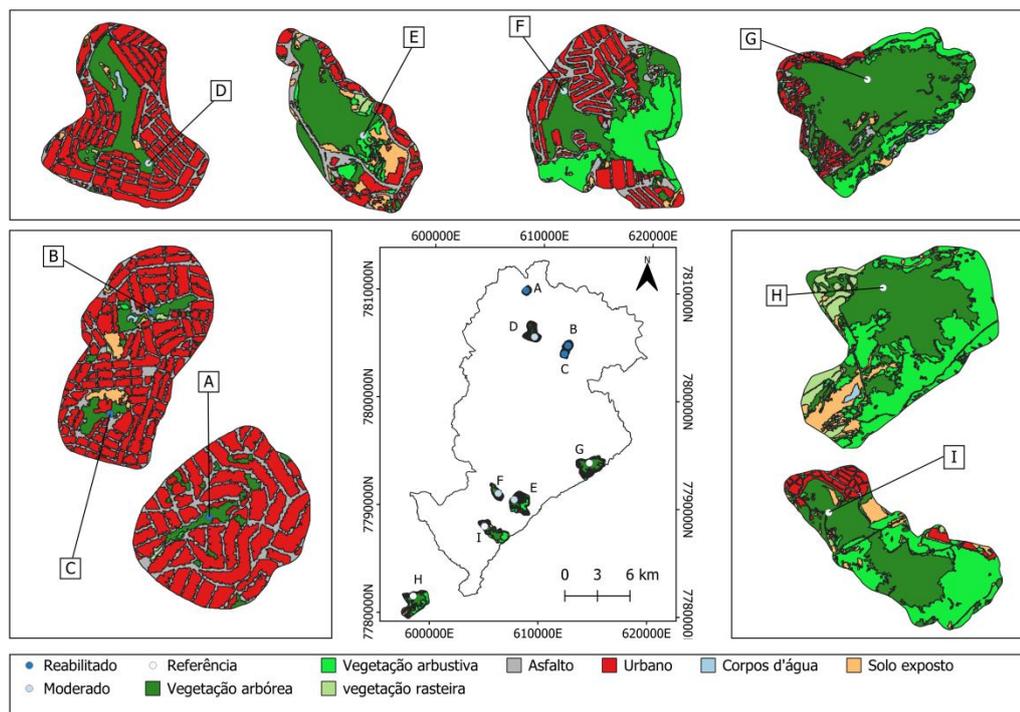
No que tange os usos e ocupação da terra nos parques reabilitados, mais da metade desses usos são asfalto, seguido de telhado. O completo oposto ocorre nos parques de referência, onde a ocupação predominante é arbórea e vegetação rasteira, com uma parcela mínima de asfalto. Já em relação aos parques moderados, não há um padrão de uso e ocupação, como observado nos parques reabilitados e de referência. Nesses parques, os usos variam entre ocupação arbórea, com considerável parcela de asfalto e algum solo exposto, asfalto e telhado e vegetação natural rasteira (Macedo et al., 2024).

A Figura 1 ilustra os nove parques estudados no contexto de Belo Horizonte e (região metropolitana) e seus respectivos usos e ocupação do solo, que embasaram os cálculos dos coeficientes de escoamento superficial e infiltração deste trabalho.



15º SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA

Figura 1: Uso e ocupação dos nove parques estudados



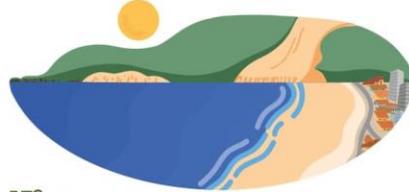
Fonte: elaborado pelos autores

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 aponta os resultados dos cálculos tanto dos coeficientes de escoamento superficial, quanto de infiltração de cada parque. Também foram elencadas as categorias de cada parque, bem como suas bacias e sub bacias hidrográficas.

Tabela 1: Parques estudados, seus respectivos graus de proteção, contexto hidrográfico e coeficientes de escoamento superficial e de infiltração

Parque	Categoria	Sub bacia	Bacia	Coefficiente de escoamento superficial	Coefficiente de infiltração
Parque das Mangabeiras	Referência	Córrego da Serra	Ribeirão Arrudas	0,29	0,71
Parque do Rola Moça	Referência	Córrego Tabões	Ribeirão Arrudas	0,0	1,0
Parque Municipal Roberto Burle Marx	Referência	Ribeirão Barreiro	Ribeirão Arrudas	0,32	0,68
Parque Municipal Aggeo Pio Sobrinho	Moderado	Córrego do Cercadinho	Ribeirão Arrudas	0,56	0,44
Parque Municipal Jacques Cousteau	Moderado	Ribeirão Bonsucesso	Ribeirão Arrudas	0,56	0,44
Parque Municipal Fazenda Lagoa do Nado	Moderado	Córrego do Nado	Ribeirão do Onça	0,65	0,35
Parque Municipal Primeiro de Maio	Reabilitado	Ribeirão Pampulha	Ribeirão do Onça	0,76	0,24



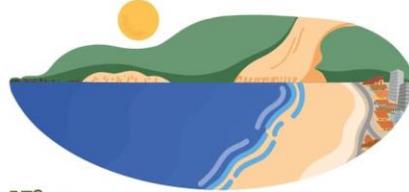
15º SIMPÓSIO NACIONAL DE
GEOMORFOLOGIA

Parque Municipal Nossa Senhora da Piedade	Reabilitado	Ribeirão do Onça	Ribeirão do Onça	0,72	0,28
Parque Municipal José Lopes dos Reis (Balears)	Reabilitado	Córrego Vilarinho	Ribeirão do Onça	0,69	0,31

Fonte: elaborado pelos autores

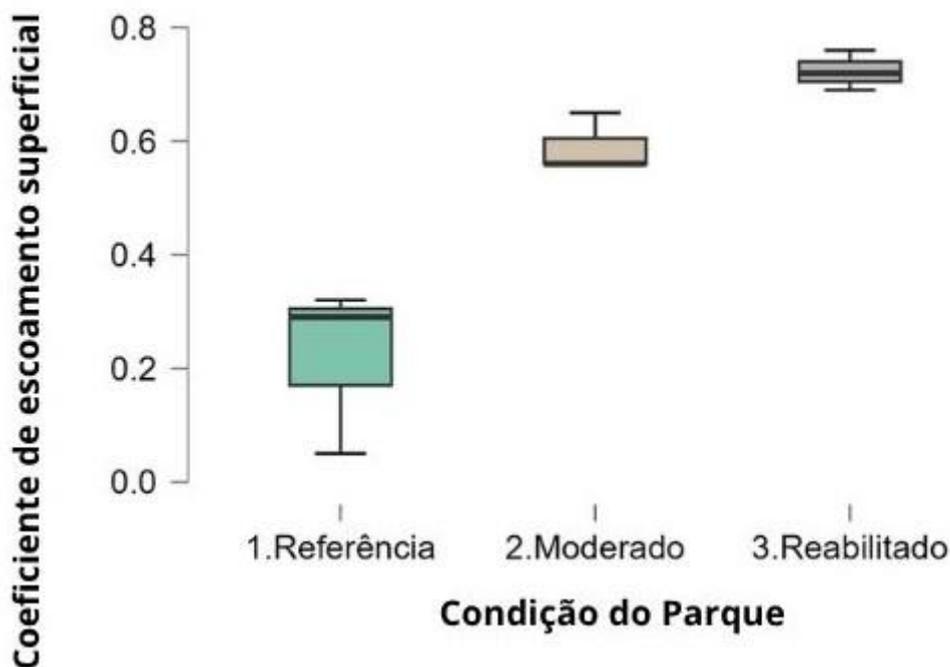
Os dados brutos e sem qualquer tratamento estatístico indicam, em um primeiro momento, que os parques reabilitados são os que apresentam menor capacidade de mitigação de cheias quando comparados às demais categorias de parque. O baixo coeficiente de infiltração nesses parques é pontualmente explicado não pela dinâmica ambiental dos parques lineares propriamente ditos, mas sim, pelas pressões ambientais sofridas à montante dos parques, em suas bacias de contribuição, uma vez que o uso e ocupação à montante desses parques apresentam o predomínio de asfalto e telhado. Ademais, os parques reabilitados, por serem lineares, tendem a apresentar baixos índices de infiltração por estarem rodeados de áreas de superfícies impermeáveis, ausência de vegetação adequada e sistema urbano que prioriza o escoamento rápido da água. Todavia, os parques moderados, apresentam um cenário bastante similar. Ainda que não tenham sofrido com histórico de degradação, também são parques inseridos em sítios de urbanização intensa, com problemas semelhantes em suas bacias de contribuição e em seus arredores.

Diante disso, os dados foram tratados estatisticamente, no intuito de se averiguar uma possível semelhança entre os parques reabilitados e moderados, onde pode-se perceber que os coeficientes de escoamento superficial (e conseqüentemente de infiltração) de ambos os parques em questão não apresentaram diferenças significativas conforme é constatado no Gráfico 1 e na Tabela 2.



15º SIMPÓSIO NACIONAL DE
GEOMORFOLOGIA

Gráfico 1: Coeficiente de escoamento superficial de cada categoria de parque



Fonte: os autores

Tabela 2: Resultado do teste Post Hoc para comparação entre as categorias de parque

Grupos	P tukey
Referência x Moderado	0.007
Referência x Reabilitado	0.001
Moderado x Reabilitado	0.260

Fonte: os autores

O teste de Tukey indicou que o grupo Referência difere significativamente dos grupos Moderado ($p = 0.007$) e Reabilitado ($p = 0.001$). No entanto, não houve diferença significativa entre os grupos Moderado e Reabilitado ($p = 0.260$). Ou seja, os parques Moderados e Reabilitados possuem, estatisticamente, capacidades semelhantes de atenuar as cheias, dados seus coeficientes de escoamento superficial.

Isso mostra que um dos objetivos do DRENURBS, que consistia na atenuação das cheias, foi cumprido, uma vez que parques com severo histórico de degradação, após um processo de reabilitação, demonstraram valores estatisticamente semelhantes aos parques moderados, que nunca foram severamente degradados. Os trabalhos de Moura et al (2023)



e Madureira et al (2024) também atestam a proximidade estatística entre os parques reabilitados e moderados, ao avaliarem a estrutura e a diversidade de habitats nos mesmos parques desta pesquisa. Já Macedo et al (2022) através do protocolo de Callisto et al (2002), demonstram a melhora substancial na qualidade ambiental dos parques reabilitados após o programa DRENURBS.

Além disso, a menor capacidade de infiltração dos parques reabilitados e moderados está muito mais relacionada à sua área de entorno, do que às condições ambientais dos parques propriamente ditos, que conforme os estudos supracitados indicam, demonstram boa dinâmica e variedade de habitats, além da qualidade ambiental.

Os rios reabilitados ainda estão longe de atingirem condições de referência, corroborando a ideia de que o retorno a um estado natural (ou seja, restaurado) em uma área urbanizada é um objetivo irrealista. Todavia, a reabilitação de cursos d'água é eficaz em retirar rios de um estado degradado, melhorando a estrutura e o funcionamento do ecossistema e, no caso desta pesquisa, colaborando na atenuação das cheias, da mesma forma que os parques moderados também colaboram.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os parques reabilitados, fatalmente, tendem a apresentar um coeficiente de escoamento superficial elevado, dado à sua área de inserção: parques lineares, instalados em densos centros urbanos, margeados por solos impermeáveis e uso e ocupação de suas bacias de contribuição igualmente impermeáveis. Porém, é estatisticamente comprovado que o mesmo ocorre com os parques moderados. Desta forma, apresentar resultados de coeficientes de infiltração os quais parques com severo histórico de degradação, apresentam semelhanças estatisticamente atestadas, com parques que nunca foram drasticamente degradados, é um forte indicativo que as ações do DRENURBS ainda surtem efeitos positivos nos parques reabilitados, comprovando que a reabilitação de cursos d'água traz melhorias não apenas para os corpos hídricos propriamente ditos, mas para seu ambiente de entorno.



AGRADECIMENTOS

Agradecemos o apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais – FAPEMIG (APQ-00261-22), Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES (Código 001) e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq (PQ-311002/2023-4).

REFERÊNCIAS

ALLAN, J.D. Landscapes and Riverscapes: The Influence of Land Use on Stream Ecosystems. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics** 35:257-284, 2004.

CALLISTO, M et al. Aplicação de um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats em atividades de ensino e pesquisa (MG-RJ). **Acta Limnologica Brasiliensia** 14(1):91-98, 2002.

COSTA, H.S.M.; MONTE-MÓR, R.L.M. Urbanization and Environment: trends and patterns in contemporary Brazil. In: Hogan, D., Berquó, E. & Costa, H. (orgs.) **Population and environment in Brazil: Rio + 10**, 2002 (pp. 127-146). Campinas, SP: CNPD, ABEP & NEPO.

MACEDO, D.R. et al. Influência do histórico de ocupação do solo e grau de proteção da bacia na qualidade da água em parques urbanos: um estudo de caso em belo horizonte. **Anais do XX SBGFA - Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada**. Campina Grande: Realize Editora, 2024.

MACEDO, D.R. et al. Restauração de cursos d'água em áreas urbanizadas: perspectivas para a realidade brasileira. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, 16(3):127-139, 2011.

MACEDO, D.R. et al. Urban stream rehabilitation in a densely populated Brazilian metropolis. **Front. Environ. Sci.** 10:921–934, 2022.

MACEDO, D.R. et al. Restauração de Rios Urbanos, Vulnerabilidade Ambiental e Percepção da Comunidade: o caso do córrego Baleares, Programa Drenurbs – Belo Horizonte (2010). In: **Anais do XVII Encontro Nacional de Estudos Populacionais**, Caxambu- MG – Brasil, de 20 a 24 de setembro de 2010

MACEDO, D.R.; MAGALHAES JR, A.P. **Restauração e Reabilitação de cursos d'água**. In: MAGALHÃES JR, A.P.; BARROS, L.F.P. (Org.). **Hidrogeomorfologia: Formas, processos e registros sedimentares fluviais**. 1ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2020, v. 1, p. 353-380.

MADUREIRA, K.H. et al. Rehabilitation of tropical urban streams improves their structure and functioning. **Science of Total Environment**, 926, 2024



15º SIMPÓSIO NACIONAL DE
GEOMORFOLOGIA

MOURA, M. N. et al. Avaliação das condições hidrogeomorfológicas de rios urbanos sobre um gradiente de pressões antrópicas em Belo Horizonte. **Anais do 14º SINAGEO – Simpósio Nacional de Geomorfologia**. Corumbá: Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, 2023.

PBH - Prefeitura de Belo Horizonte. **Plano municipal de Saneamento de Belo Horizonte 2008-2011**. Belo Horizonte, online, 2010.

VIOLA, H. **Gestão de águas pluviais em áreas urbanas** – O estudo de caso da Cidade Do Samba. 2008. 398 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Planejamento Energético, Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

TUCCI, C.E.M. Drenagem urbana. **Ciência & Cultura** 55(4):36-37, 2003

TUCCI, C. E. M. Plano Diretor de Drenagem Urbana: Princípios e Concepção. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, 2(2), 1997.

TUCCI, C. E. M.; BERTONI, J. C. (Org.). **Inundações Urbanas na América do Sul**. Porto Alegre. Associação Brasileira de Recursos Hídricos. 2003.

