

CONTROLE DA DRENAGEM URBANA NO BRASIL: AVANÇOS E MECANISMOS PARA SUA SUSTENTABILIDADE

Marcus A. S. Cruz¹; Christopher Freire Souza² & Carlos E.M. Tucci³

RESUMO --- A gestão da drenagem urbana na maioria dos municípios brasileiros ainda não é vislumbrada com a devida importância pelos gestores, dada a ausência de um planejamento específico para o setor. De forma geral, o gerenciamento da drenagem urbana é realizado pelas secretarias de obras municipais e apresenta-se desvinculado das ações planejadas para os demais setores relacionados, como água, esgoto e resíduos sólidos. Iniciativas isoladas de algumas cidades têm sido observadas no sentido de promover uma regulamentação para a drenagem urbana associada aos dispositivos de ordenamento do uso e ocupação do solo. No entanto, estas iniciativas ainda carecem de uma visão mais integrada dos processos urbanos e da consideração de conceitos que os aproximem à sustentabilidade. Este trabalho tem por objetivo discutir a gestão das águas pluviais nas cidades brasileiras, através da caracterização do seu estado atual, da apresentação de exemplos externos e da proposição de possíveis avanços.

ABSTRACT --- Stormwater management in Brazilian municipalities has not been properly addressed, due the lack of specific planning in this matter. Generally, urban drainage management is performed by the public works departments, despite planning activities of correlated sectors, for instance water supply, sanitation and solid waste activities. Isolated efforts regarding the promotion of urban drainage regulation through soil ordinance mechanisms have been noticed. However, these efforts still need to encompass an integrated approach, aiming a sustainability goal. This paper discusses some stormwater management mechanisms in Brazilian municipalities, through the analysis of its actual state, the presentation of successful examples and the proposition of potential advances.

Palavras-chave: drenagem urbana, sustentabilidade, LID

¹ Eng. Civil – DEP/PMPA – Rua Gen. Lima e Silva, 972 Cidade Baixa. Porto Alegre-RS. CEP 90.050-102. Email: masacruz@uol.com.br

² Doutorando do Instituto de Pesquisas Hidráulicas, IPH/UFRGS, Av. Bento Gonçalves, 9500. Porto Alegre. CEP 91.501-970. Fone: (51) 3308-6327. E-mail: cfsouza@ppgiph.ufrgs.br

³ Professor do IPH–UFRGS. Av. Bento Gonçalves 9500. Porto Alegre. CEP 91.501-970. Fone: (51) 3308 6408. E-mail: tucci@iph.ufrgs.br

1 - INTRODUÇÃO

A urbanização descontrolada das cidades brasileiras tem provocado, dentre outros impactos, o agravamento das enchentes naturais e a ampliação de sua frequência, além de criar novos pontos de alagamento. Estes impactos provêm da crescente impermeabilização do solo com aumento do volume pluvial escoado e redução de amortecimento, causando aumentos nas vazões máximas, que podem representar seis vezes a vazão de pré-urbanização (Tucci & Genz, 1995).

A ampliação dos danos relativos aos problemas de drenagem deve-se também aos projetos concebidos e executados para resolvê-los; pois impera, ainda hoje, entre projetistas, a idéia de que o melhor é conduzir a água gerada para longe o mais rápido possível, aumentando a capacidade condutora do sistema. No entanto, tem se observado que esta abordagem, além de ser financeiramente dispendiosa, apenas provoca a transferência do ponto de alagamento, exigindo futuramente mais projetos e obras ainda mais caros e complexos.

Um outro ponto problemático nos sistemas de drenagem das cidades brasileiras é a existência de grande quantidade de resíduos sólidos que são levados às redes pela lavagem de ruas e pela falta de educação ambiental da população, provocando a obstrução do sistema e conseqüente agravando dos alagamentos localizados. Atualmente pouco tem sido feito na busca de alternativas para o controle do lixo e para a sua retirada do sistema, resumindo-se em tímida campanha de conscientização da população e em projetos isolados de estruturas de contenção de resíduos em cursos d'água, além da existência de sistema de coleta domiciliar e de limpeza urbana periódicos.

Os sistemas de drenagem das cidades brasileiras são em sua grande maioria do tipo combinado, ou seja, recebem contribuição de esgoto cloacal domiciliar além das águas pluviais, o que agrega aos alagamentos uma complicação adicional: a questão de saúde pública. Com o extravasamento do sistema por falta de capacidade ou obstrução, a água acumulada apresenta grande quantidade de organismos patogênicos, que em contato com o indivíduo podem provocar doenças, como cólera, entre outras. A implantação de sistemas do tipo separador absoluto encontra-se em execução, sendo que o nível de tratamento das águas servidas na maioria das cidades é inferior a 26% (IBGE, 2000).

Os aspectos da drenagem urbana, em cidades brasileiras, listados nos parágrafos anteriores apresentam a complexidade do problema e se sobrepõem, na sua grande maioria dos casos, a uma escassez de vontade política dos governantes de executar obras, a uma visão restrita do problema e a poucos recursos financeiros disponíveis. Desta forma ganha em relevância a necessidade de tomada de decisões eficientes, ou seja, a escolha de um determinado projeto que priorize a solução definitiva do problema, considerando toda a área de influência com mínimos investimentos e impactos ambientais.

Nos últimos anos, um conceito de controle estrutural alternativo ao convencional tem conquistado espaço no cenário da drenagem urbana brasileiro, as BMPs (*Best management practices*), que são técnicas com foco na não-transferência dos problemas para jusante pelo controle do escoamento na bacia, isto é, mais próximo de sua fonte e não no curso d'água. Este conceito foi desenvolvido nos EUA, pela EPA (*Environmental Protection Agency*) nos anos 80 (embora algumas localidades já aplicassem alguns de seus dispositivos desde a década de 70), e é constituído pelo planejamento de controle de águas pluviais em escala de bacia e uso de estruturas físicas para armazenamento e infiltração do escoamento (reservatórios, trincheiras de infiltração, pavimentos permeáveis) na tentativa de compensar os efeitos da urbanização (McCuen, 1989; Urbonas & Stahre, 1993; Schueler, 1987). Em outras localidades, iniciativas como LID (Desenvolvimento Urbano de Baixo Impacto), trabalhada inicialmente no condado de Prince George (Maryland, EUA; USEPA, 2000), têm evoluído para a conservação de áreas verdes em meio urbano e o controle das alterações dos processos hidrológicos de forma integrada às atividades locais, minimizando a sensação de ônus adicional e os custos (Coombes et al., 2002; Kloss & Calarusse, 2006), tanto para empreendedor quanto para a municipalidade, proporcionados pela alteração de controle da drenagem. No Brasil, o Ministério das Cidades tem estimulado a utilização de LID para implantação e ampliação de sistemas de drenagem urbana sustentáveis, conforme apresentado em manual para apresentação de propostas (Brasil, 2006).

Ainda há grande resistência à aplicação de BMPs no Brasil por parte dos projetistas, pois existe pouca divulgação e obras executadas, além da oposição natural a inovações. No entanto, a experiência tem mostrado que o seu uso é mais eficiente, barato e, principalmente, soluciona o problema mais próximo de sua origem, sem afetar a outras regiões (Tucci & Genz, 1995). Algumas experiências de adoção das medidas de controle na fonte através de instrumentos legais têm sido verificadas em cidades brasileiras, tais como Porto Alegre, Belo Horizonte, São Paulo, Guarulhos e Caxias do Sul, que hoje se apresentam em diferentes estágios de abordagem. No entanto, segundo IBGE (2000) somente 7,5% dos municípios brasileiros utilizam reservatórios de acumulação ou detenção, uma das principais alternativas de controle dos problemas de drenagem gerados pela urbanização. Nas regiões Centro-Oeste, Sul e Sudeste, a proporção de municípios que utilizam esta alternativa é superior à verificada em todo o país.

Este artigo tem por objetivo apresentar de forma preliminar o estágio de utilização das medidas de controle na fonte no Brasil, aprofundando-se no caso de Porto Alegre, além de fornecer elementos que permitam o desenvolvimento dos conceitos de sustentabilidade para estas abordagens.

2 - CENÁRIO INSTITUCIONAL DA GESTÃO DA DRENAGEM URBANA NO BRASIL

A gestão da drenagem urbana na maioria dos municípios brasileiros ainda não é vislumbrada com a devida importância, dada a ausência de um planejamento específico para o setor. De forma geral, o gerenciamento da drenagem urbana é realizado pelas secretarias de obras municipais e apresenta-se desvinculado das ações planejadas para os demais setores relacionados, como água, esgoto e resíduos sólidos. Segundo IBGE (2000), em 99,8% dos municípios, o serviço de drenagem urbana é prestado pelas próprias Prefeituras Municipais, normalmente sob incumbência das secretarias municipais de obras e serviços públicos e em 73,4% dos municípios não há instrumentos reguladores do sistema de drenagem urbana (Tabela 1). Os sistemas de drenagem existem em 78,6% dos municípios brasileiros, com incrementos de valores de acordo com o aumento da população. Considerando municípios com até de 20 mil habitantes, este valor passa a 74,6%, enquanto que, ao se considerar os municípios com mais de 500 mil habitantes, 100 % apresentam rede de drenagem implantada (IBGE, 2000).

Tabela 1 - Municípios com drenagem urbana, por existência de instrumentos reguladores, segundo as Grandes Regiões

| Grandes Regiões | Municípios com serviço de drenagem urbana | | |
|-----------------|---|----------------------------------|----------------------------------|
| | Total | Com instrumentos reguladores (%) | Sem instrumentos reguladores (%) |
| Brasil | 4 327 | 26,3 | 73,4 |
| Norte | 222 | 20,7 | 78,8 |
| Nordeste | 1 227 | 13,4 | 86,5 |
| Sudeste | 1 468 | 26,3 | 73,2 |
| Sul | 1 094 | 43,2 | 56,5 |
| Centro-Oeste | 316 | 21,8 | 77,8 |

Fonte: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais, Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2000.

O gerenciamento da drenagem urbana faz parte do gerenciamento do espaço urbano. Este se realiza por meio dos chamados Planos Diretores de Urbanização (PDUs) ou de Uso do Solo Urbano. Segundo (IBGE, 2000) dos 5.507 municípios brasileiros, apenas 841 possuem PDUs (15,3%), sendo que destes, apenas 489 com data posterior a 1990 (8,9%). Se forem considerados apenas os municípios com mais de 20.000 habitantes, 485 possuem PDU de um total de 1.483 (32,7%). Ainda assim, os planos existentes, em sua maioria absoluta, concentram sua abordagem em aspectos arquitetônicos e urbanísticos, sem um maior aprofundamento nas questões ambientais e

principalmente de drenagem. Isto demonstra a carência de instrumentos legais adequados aos cenários de planejamento sustentável dos setores urbanos.

Segundo Tucci (2002) o processo de gerenciamento da drenagem urbana deve iniciar-se pelo Plano Diretor de Águas Pluviais (PDAP), que deve abordar o seguinte:

1. Política das águas pluviais;
2. Medidas estruturais e não-estruturais;
3. Produtos
4. Programas
5. Informações.

A política das águas pluviais de um município deve contemplar os princípios e objetivos do controle das águas pluviais no meio urbano e as estratégias para o desenvolvimento e articulação do PDAP com os demais planos setoriais. A partir de cenários de diagnóstico e prognóstico do funcionamento dos sistemas de drenagem propõem-se alternativas de controle ou medidas estruturais e não-estruturais que eliminem os problemas de inundações urbanas para os riscos avaliados. O desenvolvimento do PDAP deve contemplar a geração de produtos, como planos de ação, manuais de drenagem, regulamentação e planos de gestão da drenagem urbana, além de prever futuros programas de monitoramento, educação ambiental e treinamentos de pessoal. A elaboração e a atualização de um PDAP estão diretamente relacionados ao grau de precisão e à disponibilidade de informações na região, como cadastros, cartas topográficas, fotos aéreas, características das bacias hidrográficas, dados hidrológicos, geológicos, legislação de uso do solo, sistemas de esgotamento sanitário e resíduos sólidos, dentre outras.

O desenvolvimento de um PDAP deve concentrar esforços na proposição adequada de medidas de controle não-estrutural e estrutural. A implementação destas medidas, definidas pelo plano, devem estar legalizadas através de decretos ou instrumentos legais vinculados ao PDU. A seguir são apresentadas algumas iniciativas de cidades brasileiras na elaboração de instrumentos legais de gerenciamento da drenagem urbana associados aos PDUs.

Legislação: a experiência brasileira

No Brasil, o primeiro registro desta abordagem foi verificado em Belo Horizonte no ano de 1996, onde o seu Plano de Desenvolvimento Urbano previa a possibilidade de impermeabilização total de áreas desde que compensada com a implantação de reservatórios na proporção de 30 litros por metro quadrado de área impermeabilizada (Belo Horizonte, 1996).

Na cidade de Curitiba-PR, foi criado em 2003 o Programa de Conservação e Uso Racional de Água nas Edificações (PURA), com o objetivo primordial de incentivar o uso racional da água, a utilização de fontes alternativas e a educação ambiental. No artigo 7 da Lei 10785/2003 que

instituiu o PURAE existe a determinação de captação da água da chuva em cisternas para usos não nobres, como rega de jardins e hortas, lavagem de roupas e veículos, lavagem de vidros e pisos. Já em 1995, a Lei 8681 previa a utilização de água da chuva em postos de lavagem, deixando a regulamentação para etapa posterior (Curitiba, 2003 e Curitiba, 1995).

Em 2001 no município de São Paulo, o Conselho Municipal de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (CADES), através da Comissão Especial para a Elaboração de Estudos de Políticas Públicas para o Aumento da Permeabilidade do Solo Urbano procedeu a avaliação dos instrumentos legais disponíveis em nível municipal para o controle da impermeabilização e propuseram alterações. Em particular foi examinado em detalhe o item 10.1.5 do anexo I da lei municipal 11.228/92 (Código de Obras e Edificações de São Paulo). Entre outras alterações foi sugerida a destinação de espaço para reservação de águas pluviais e propostas formulações para o cálculo dos volumes de controle; a manutenção de parcelas permeáveis nos lotes urbanos (15%); a sugestão de estudos para outras medidas de controle do escoamento como pavimentos permeáveis e de aumento da infiltração além da aplicação do princípio *poluidor-pagador* com relação às áreas impermeáveis dos lotes (São Paulo, 2002). Ainda em São Paulo, no ano de 2002 foi promulgada a lei 13.276, regulamentada pelo decreto 41.814 no mesmo ano, que estabeleciam como 500 m² de área impermeabilizada, o limite inferior para a exigência de reservatório nos lotes e a manutenção de 30% das áreas de estacionamentos com piso drenante ou naturalmente permeável, além de apresentarem a formulação para o cálculo do volume a reservar.

Em Niterói, município do estado do Rio de Janeiro, a Lei nº 1620/1997, que regulamenta a aprovação de edificações residenciais unifamiliares, apresenta no seu Artigo 19 o limite para a taxa de impermeabilização em 90% para a Zona Urbana, dispensando desta limitação as edificações que apresentarem soluções de acumulação e/ou aproveitamento de águas pluviais (Niterói, 1997).

O Código de Obras de Guarulhos (Lei 5617/97) prevê, desde o ano 2000, a obrigatoriedade do uso de reservatórios de retenção das águas pluviais para imóveis com área superior a 1 hectare, com a possibilidade de reutilização destas águas para rega de jardins, lavagens de passeio e para fins industriais adequados. (Guarulhos, 2001)

O Decreto 23.940 do município do Rio de Janeiro condiciona a regularização de imóveis com liberação de carta de habitação à construção de reservatórios de retenção das águas pluviais, para edificações com área impermeabilizada superior a 500m² ou prédios com mais de 50 apartamentos. Além disso, prevê-se que 30% das áreas para estacionamentos comerciais tenham piso drenante ou naturalmente permeável (SECOVI, 2004).

Em Porto Alegre, o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e Ambiental (PDDUA; Porto Alegre, 1999) prevê através de dois artigos e um decreto (DM 15.371 de Nov. de 2006) a

obrigatoriedade do controle das vazões geradas excedentes à condição de pré-ocupação da área. O detalhamento destes instrumentos de Porto Alegre será apresentado em itens subseqüentes.

A instituição de mecanismos do tipo “poluidor-pagador” para a drenagem urbana tem como precursora a cidade de Santo André, no estado de São Paulo. A Lei Municipal 7.606/97 estabeleceu e regulamentou a cobrança de taxa correspondente ao volume lançado no sistema de coleta de pluviais e considerou os valores mensais médios de custo de operação do sistema para a cidade. O volume lançado é determinado em função do índice pluviométrico médio mensal, de um coeficiente de impermeabilização e da área coberta do imóvel. Segundo o SEMASA (Serviço de Saneamento Ambiental de Santo André), a taxa possibilita a arrecadação de cerca de R\$ 6 milhões/ano e viabiliza a manutenção do sistema (Santo André, 1997).

No ano de 2006, o Governo Federal lançou um programa denominado Drenagem Urbana Sustentável sob a gerência do Ministério das Cidades, com o objetivo de promover políticas de desenvolvimento urbano, uso e ocupação do solo e gestão das bacias hidrográficas através da proposição de ações estruturais e não-estruturais, pelos municípios, para a recuperação de áreas úmidas, prevenção, controle e minimização dos impactos decorrentes das inundações ribeirinhas e no ambiente urbano. Este programa apresentava como ações prioritárias o desenvolvimento de ações na gestão da drenagem urbana dos municípios segundo as diretrizes de seu Plano Diretor de Drenagem Urbana ou de Manejo das Águas Pluviais e caso este não exista, a prioridade de ação para o seu desenvolvimento, seguindo os princípios do Manejo Sustentável das Águas Pluviais Urbanas (Brasil, 2006).

Observa-se a existência de iniciativas dispersas em algumas das principais cidades brasileiras no sentido de mudanças de paradigmas dos conceitos predominantes de gestão da drenagem urbana. No entanto, ainda se verifica a necessidade de uma visão mais abrangente de sustentabilidade da drenagem urbana, considerando aspectos relacionados à integração com os setores envolvidos no estágio de planejamento do meio urbano. A seguir, apresenta-se a abordagem de gestão da drenagem urbana realizada para a cidade de Porto Alegre, que será utilizada para fins de avaliação das características de controle vigentes no país e proposição de avanços.

3 – A GESTÃO DA DRENAGEM URBANA EM PORTO ALEGRE

A cidade de Porto Alegre, capital do estado do Rio Grande do Sul, com aproximadamente 1.360.000 habitantes (IBGE, 2000), situa-se às margens do Lago Guaíba. Devido à ocorrência de uma série de graves enchentes, das quais a mais significativa foi a de maio de 1941, a cidade foi objeto de um grande projeto do extinto DNOS (Departamento Nacional de Obras de Saneamento), na década de 1960.

O sistema de macrodrenagem da cidade foi concebido a partir deste estudo. As áreas da cidade situadas abaixo da cota 8,13m (referência: marégrafo de Imbituba), denominadas pôlderes, são protegidas por diques, implantados na cota de coroamento de 5,13m (a cheia de 1941 atingiu a cota 3,88m). A drenagem destas áreas sofre a influência direta dos níveis do Lago Guaíba, apresentando escoamento por gravidade nos períodos de estiagem e através de casas de bombas nos períodos de cheias no lago. As áreas mais altas (situadas acima da cota 8,13m) são drenadas através de condutos forçados e arroios para o lago.

Assim como outras metrópoles brasileiras, Porto Alegre vem sofrendo um processo constante de aumento da urbanização. Grandes áreas, anteriormente predominantemente rurais, vêm sendo modificadas para centros residenciais, com a crescente construção de loteamentos e condomínios. Essa urbanização acelerada aumenta consideravelmente o escoamento pluvial, comprometendo seriamente o sistema de drenagem estabelecido na cidade.

Diversas alternativas de controle têm sido difundidas em bibliografias e empregadas em alguns países a fim de minimizar o aumento de vazões pluviais produzido pela crescente urbanização. A grande maioria destas alternativas se baseia na utilização de superfícies permeáveis, áreas de infiltração e armazenamento das águas superficiais (Tucci & Genz, 1995), sendo aconselhável a aplicação de práticas integradas a outros interesses da sociedade, como abastecimento e paisagismo.

O uso de medidas de controle de escoamento em Porto Alegre, apesar de gerar sensíveis reduções nos custos de implantação na maioria dos sistemas de drenagem para as municipalidades, ainda não foi bem assimilado pelos empreendedores locais, que demonstram considerável resistência à idéia, possivelmente por estas caracterizarem um ônus adicional. São mencionadas também restrições à implantação de detenções em razão de impactos para a vizinhança das estruturas (potencial ameaça à saúde, odores, foco de proliferação de vetores). No entanto hoje já são contabilizados mais de trinta dispositivos de armazenamento em funcionamento, sendo cinco destes, bacias de amortecimento de cheias implantadas pelo poder público, dez por loteamentos particulares e as demais por empreendimentos privados (shopping, condomínios, edifícios, etc). A maioria destes foi obtida através de negociação entre o poder público e empreendedor. Esse fato tem levado a municipalidade a criar meios legais que exijam a implantação de dispositivos de controle de escoamento em todos os novos empreendimentos em execução na cidade.

Legislação de controle da drenagem urbana

O novo Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Ambiental (PDDUA) do município de Porto Alegre foi instituído em Dezembro de 1999, através da Lei Complementar n.º434, e substituiu o 1º Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano (PPDU), que esteve em vigência desde 1979.

Na nova legislação, foram incluídos artigos que permitem à municipalidade exigir, legalmente, a utilização de medidas de controle de escoamento em novos empreendimentos implantados na cidade. Os textos abaixo citados foram retirados diretamente da LC 434/99 (Porto Alegre, 1999).

“Art. 97 – Nas zonas identificadas como problemáticas quanto à drenagem urbana, a critério do órgão técnico competente, deverão ser construídos, nos lotes edificados, reservatórios de retenção de águas pluviais”.

Parágrafo único – O zoneamento, as dimensões e a vazão do reservatório de águas pluviais serão definidos por decreto do Poder Executivo.”

“Art. 135 – Parágrafo 6º – Os empreendimentos de parcelamento do solo, na parcela que lhes compete, deverão ter na sua concepção a permanência das condições hidrológicas originais da bacia, através de alternativas de amortecimento da vazão pluvial, respeitando as diretrizes determinadas pelo macroplano de saneamento e drenagem do Município, a ser elaborado pelo Poder Executivo.”

Os artigos transcritos visam, respectivamente, a implementação de medidas de controle na fonte (reservatórios nos lotes) e na micro e macrodrenagem (bacias de amortecimento em loteamentos).

Visando o planejamento da drenagem urbana no município, bem como a regulamentação dos já mencionados artigos 97 e 135 do novo PPDUA, foi firmado um convênio entre o Departamento de Esgotos Pluviais (DEP/PMPA) e o Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (IPH/UFRGS) para elaboração do Plano Diretor de Drenagem Urbana de Porto Alegre (PDDrU-POA).

O município de Porto Alegre possui 27 bacias hidrográficas principais. Esta característica gerou a necessidade da divisão do estudo em etapas. Inicialmente foram selecionadas três bacias hidrográficas. Esta seleção considerou a existência de problemas crônicos e antigos de alagamentos em regiões destas bacias. Desta forma as bacias do arroio Moinho, Arroio da Areia e Almirante Tamandaré foram selecionadas. Na segunda etapa do estudo, mais três bacias foram escolhidas: Arroios Cavallhada, Passo das Pedras e Capivara. Estas bacias, no período de seleção, não apresentavam problemas crônicos de escoamento pluvial, no entanto, possuíam grande potencial para o uso do solo em curto prazo. Para a terceira etapa pretende-se estudar as demais bacias do município.

Os sistemas de macrodrenagem dessas bacias foram simulados através de modelos hidrológico-hidráulicos, para diferentes cenários de ocupação do solo. As simulações realizadas permitiram a detecção dos principais pontos críticos de alagamentos nos sistemas de drenagem das bacias. Detectados os principais problemas em cada bacia, partiu-se para a definição de cenários de

alternativas de solução, ou seja, de eliminação dos pontos de alagamentos para os eventos de projeto.

Considerando aspectos econômicos, técnicos e práticos (como, em alguns casos, a falta de espaço físico para a ampliação de canalizações), as soluções apontadas tiveram como base, o uso de dispositivos de controle de escoamento: bacias de amortecimento de cheias. As áreas totais destas bacias hidrográficas variam entre 5,0 e 35,0 km², e os volumes para os reservatórios de amortecimento de 1.000,0 a 30.000,0 m³. Os custos de implantação destes reservatórios situaram-se entre R\$ 73,00/m³ para as bacias de amortecimento abertas gramadas e R\$ 290,00/m³ para subterrâneas em concreto armado (Porto Alegre, 2005).

A partir das diretrizes fornecidas pelo PDDrU já foram elaborados alguns projetos para a implantação das bacias de amortecimento nas áreas selecionadas nas bacias estudadas. No entanto, forte resistência está sendo encontrada para o início de qualquer obra neste sentido, principalmente por parte da população local, uma vez que a grande maioria das áreas propostas são praças (únicos espaços disponíveis sem a necessidade de desapropriação) com uso consolidado. Nestes casos é de primordial importância a discussão e o envolvimento com as populações residentes na bacia hidrográfica durante o processo de desenvolvimento das soluções durante a elaboração do plano.

Recentemente, mais especificamente em 17 de Novembro de 2006, foi publicado o Decreto Municipal número 15.371, que regulamenta o controle da drenagem urbana em Porto Alegre, completando a solicitação do art. 97 do PDDUA. Este decreto, vem suprir a necessidade de embasamento legal para as solicitações de implantação das medidas de controle que o DEP já vinha realizando junto aos empreendedores, pois desde a publicação do PDDUA, vem ocorrendo a aplicação do art.135 Parág. 6 nas aprovações de novos loteamentos na cidade, e a implantação de reservatórios em lotes através de negociação caso a caso e nos casos de empreendimentos pontuais de grande impacto. A seguir são apresentados alguns itens do decreto citado.

DECRETO N °15.371, de 17 de Novembro de 2006

Regulamenta o controle da drenagem urbana

:
Art. 1ª Toda ocupação que resulte em superfície impermeável, deverá possuir uma vazão máxima específica de saída para a rede pública de pluviais igual ou inferior a 20,8 l/(s.ha).

:
§ 5ª Para terrenos com área inferior a 600 m² e para habitações unifamiliares, a limitação de vazão referida no caput deste artigo poderá ser desconsiderada, a critério do Departamento de Esgoto Pluviais.

:
Art. 3ª A comprovação da manutenção das condições de pré-ocupação no lote ou no parcelamento do solo deve ser apresentada ao DEP (Departamento de Esgoto Pluviais).

§ 1ª Para terrenos com área inferior a 100 (cem) hectares quando o controle adotado pelo empreendedor for o reservatório, o volume necessário do reservatório deve ser determinado através da equação:

$$v = 4,25 AI$$

onde v é o volume por unidade de área de terreno em $m^3/hectare$ e AI é a área impermeável do terreno em %.

:

§ 3º Poderá ser reduzida a quantidade de área a ser computada no cálculo referido no §1º se for(em) aplicada(s) a(s) seguinte(s) ação(ões):

- Aplicação de pavimentos permeáveis (blocos vazados com preenchimento de areia ou grama, asfalto poroso, concreto poroso) – reduzir em 50% a área que utiliza estes pavimentos;
- Desconexão das calhas de telhado para superfícies permeáveis com drenagem – reduzir em 40% a área de telhado drenada;
- Desconexão das calhas de telhado para superfícies permeáveis sem drenagem – reduzir em 80% a área de telhado drenada;
- Aplicação de trincheiras de infiltração – reduzir em 80% as áreas drenadas para as trincheiras.

§ 4º A aplicação das estruturas listadas no § 3º estará sujeita a autorização do DEP, após a devida avaliação das condições mínimas de infiltração do solo no local de implantação do empreendimento, a serem declaradas e comprovadas pelo interessado.

Conforme se verifica pelo texto acima, foi estabelecida uma vazão limite para a contribuição do lote ao sistema de drenagem público em função da área contribuinte. Esta vazão reflete a condição de pré-urbanização, ou seja, a suposição da vazão de saída do lote sem nenhuma impermeabilização. Este controle é realizado através da verificação “*in loco*” do diâmetro máximo de saída da tubulação pós-reservatório de detenção, ou seja, da rede que conecta a saída da drenagem do lote com as redes públicas. Esta deve estar de acordo com as especificações do projeto pré-aprovado junto ao DEP.

O texto permite também a liberação, a critério do órgão competente, da exigência do controle por reservatório para terrenos de pequena área ou ainda com uma única habitação com uso unifamiliar. Esta abertura justifica-se pela necessidade de avaliação caso a caso, uma vez que não se deve onerar exageradamente o empreendedor, o que em alguns casos pode inviabilizar o empreendimento ou a regularização do imóvel. Para estes casos pode ser sugerido o uso de outros dispositivos de menor custo, como trincheiras de infiltração e outros.

A formulação para a determinação do volume para o reservatório de detenção tem como base a área contribuinte a este e a porcentagem de área impermeável efetiva, ou seja, aquela que contribuiria diretamente para o sistema de drenagem público, caso não houvesse o controle. Por exemplo, supondo um lote de $600m^2$, com uma urbanização multifamiliar, considerando que todos os recuos estejam pavimentados, a taxa de impermeabilização efetiva seria de 100%, o que resultaria em um volume unitário de $425m^3/ha$; gerando a necessidade de um reservatório com volume de $25,5m^3$. Considerando uma profundidade média de 1,0m seria necessária uma área de $25,5m^2$, o que representa cerca de 4% da área total do lote, sendo que em geral estes reservatórios são subterrâneos, permitindo o uso da área sobre estes.

Deve-se ressaltar que a equação foi determinada a partir de eventos de precipitação de Porto Alegre com recorrência mínima de 10 anos e duração mínima de 1 hora, alguns empreendedores podem considerar este valor alto.

Para estimular o uso de outras alternativas de controle (desde que viáveis) conjuntamente com o reservatório, o texto do decreto possibilita a redução do volume necessário em troca da aplicação de pavimentos permeáveis, desconexão de calhas de telhado e trincheiras de infiltração, bem como outros dispositivos que tenham comprovadamente efeitos semelhantes a estes. A cada um destes, permite-se o abatimento de área impermeável efetiva contribuinte a estas estruturas em percentuais que refletem a sua eficiência média de controle. Ressalte-se que estes dispositivos não eliminam a necessidade de previsão do controle por reservatório, apenas reduzem os volumes a serem implantados.

Desta forma, considerando o exemplo acima utilizado, se o empreendimento fizer uso de pavimentos permeáveis nos recuos laterais, ou seja, cerca de 200m^2 , tem-se que 50% desta área deverá ser considerada impermeável, tornando a área contribuinte igual a 500m^2 . Caso o recuo de jardim permaneça sem pavimentação (cerca de 80m^2), pode-se promover a desconexão de calhas de telhado para superfícies permeáveis drenadas, o que abateria a área de telhado (cerca de 320m^2) para 192m^2 . A área impermeável efetiva passaria então a 292m^2 , o que geraria o uso de um reservatório com volume de $12,4\text{m}^3$. Este volume representa 48,6% do volume calculado anteriormente, e cerca de 2% da área total do lote (supondo novamente profundidade de 1,0m). Este simples exemplo hipotético mostra o potencial de uso de diferentes dispositivos de controle no lote, reduzindo o impacto decorrente da impermeabilização das superfícies e valorizando os aspectos paisagísticos e de recarga de aquíferos.

Conforme observado e comentado anteriormente, os instrumentos legais hoje disponíveis para o gerenciamento da drenagem urbana no Brasil, apesar de aparentemente inovadores e de estarem desempenhando o seu papel de quebra de paradigma, necessitam ainda de aperfeiçoamentos, principalmente no que se refere aos conceitos de sustentabilidade no meio urbano.

4 - SUSTENTABILIDADE NA DRENAGEM URBANA – LID

Consideram-se sustentáveis os sistemas de drenagem que minimizam a perturbação aos processos naturais e sociais e o ônus a empreendedores e municipalidades para manutenção e ampliação de sua infra-estrutura. Desta forma, o grau de integração do sistema de drenagem a outras atividades e ao meio serve como parâmetro para identificar seu nível de sustentabilidade, isto é, se é ou não sustentável. Diante destas observações, a estratégia de Desenvolvimento Urbano de

Baixo Impacto (LID) se mostra o melhor método para aproximar a drenagem urbana ao desenvolvimento sustentável, tendo em vista que sua implementação pode ser compatível com o sistema existente, além de providenciar melhorias, especialmente no caso de reformulações de empreendimentos em regiões com sistemas combinados de drenagem (Kloss & Calarusse, 2006), pelo redirecionamento de águas pluviais para seu aproveitamento, infiltração e evaporação, mitigando os impactos provenientes da urbanização desordenada, por exemplo pela recarga subterrânea e potencial diminuição do efeito conhecido como “ilha de calor”.

A estratégia de LID consiste no planejamento de empreendimentos e espaços urbanos para a conservação de processos hidrológicos e de recursos naturais, além da prevenção à poluição do solo e das águas. Os elementos-chave para alcançar estes objetivos são (USDoD, 2004):

- Conservação – Preservação de vegetação e solo nativos, minimizando o emprego de áreas impermeáveis e permitindo a manutenção de caminhos naturais de drenagem;
- Projetos locais únicos – Elaboração de projetos que respeitem peculiaridades locais naturais e assegurem a proteção de toda a bacia, em detrimento a padronizações;
- Direcionar escoamento para áreas vegetadas – Encorajar infiltração e recarga de aquíferos, terras úmidas e riachos, aproveitamento controle e tratamento realizado pela natureza;
- Controles distribuídos de pequena-escala – Empregar técnicas de manejo hídrico o mais próximo possível da fonte de geração do escoamento, de forma integrada ao ambiente, para mimetizar processos hidrológicos naturais;
- Manutenção, prevenção à poluição e educação – Trabalhar a educação e envolvimento público (inclusive de profissionais) objetivando a redução de cargas de poluentes e o aumento da eficiência e longevidade de sistemas de drenagem, exonerando o poder público.

Assim, solo, vegetação (fitoremediação) e micro-técnicas verdes (especialmente fitotecnologias) são utilizados numa miríade de formas para harmonizar atividades de controle quali-quantitativo da drenagem com as demais atividades humanas, visando a atender fins sociais e recreacionais.

O planejamento de empreendimentos trabalha o máximo aproveitamento de recursos naturais (água pluviais, energia) e de serviços providenciados por estes (regulação térmica, infiltração, evaporação e tratamento de águas) com mínimo dano ao meio ambiente ao (a) adequar projetos arquitetônico-estruturais às características locais, (b) delimitar de forma clara as áreas a serem preservadas, (c) priorizar perturbações inevitáveis no período de estiagem e em áreas com menor capacidade de infiltração, (d) empregar técnicas verdes, (e) minimizar áreas impermeáveis e movimentação de terras e (f) seqüenciar atividades construtivas para controlar a produção de sedimentos e minimizar a compactação do solo. A filosofia vigente consiste em “deixar que a

natureza faça seu trabalho”, minimizando a construção de sistemas artificiais para desempenhar as mesmas funções pré-existentes.

Dentre os dispositivos incentivados, constam algumas das BMPs, especialmente as que atuam de forma integrada às funções locais (pavimentos permeáveis e telhados verdes ou telhados reservatórios), assim como se utilizam bio-retenções e fundações verdes, além de práticas simples, como o preparo do solo para o plantio de jardins, a convergência de escoamento não-agressivo para áreas vegetadas e a utilização de coletores de água de chuva, que, a depender do tratamento, pode servir para diversos usos.

Embora já existam estudos e aplicações de LID pelo mundo deste a década de 80, inclusive congressos específicos, poucos são os estudos no país relacionados à sua implementação, limitando-se aos trabalhos desenvolvidos no Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS (Souza, 2005 e Souza *et al.*, 2007). Nestes, se realiza uma revisão das práticas de controle da drenagem, simulações numéricas para comparação de comportamento dos diferentes sistemas de drenagem em escala de parcelamento de uso do solo (condomínios), além de investigação quanto às alterações institucionais necessárias para implementação desta estratégia no município de Porto Alegre para novos empreendimentos.

Sob a luz das propostas de abordagem para o gerenciamento sustentável da drenagem urbana apresentadas através da estratégia de LID, seguem algumas ponderações sobre os aspectos institucionais das estratégias predominantes atualmente no Brasil.

5 – PROPOSIÇÃO DE MODIFICAÇÕES PARA APROXIMAR A GESTÃO DAS ÁGUAS PLUVIAIS URBANAS NO BRASIL À SUSTENTABILIDADE

Com base no estudo efetuado por Souza (2005) para Porto Alegre e no panorama atual de gestão das águas pluviais urbanas no Brasil exposta neste artigo, mostra-se evidente a necessidade de realizar uma reformulação do corpo técnico institucional, mediante sua capacitação, implementação plena da legislação e integração do setor de águas pluviais com os demais setores com atuação direta no espaço urbano para minimizar esforços e executar atividades de forma mais completa.

A legislação que regulamenta o uso do solo se aplica apenas à cidade formal (Tucci, 2004), restringindo-se à observação do sombreamento de edificações e ao tráfego, sendo interessante considerar seu não atendimento caso se comprove a preservação de funções hidrológicas ou mesmo a inserção de exigências como limitação de áreas impermeáveis efetivas (por exemplo 5%) ou manutenção de áreas verdes (por exemplo 50%).

O PDDUA de Porto Alegre, por exemplo, embora estabeleça (artigo 135, parágrafo 6) que as condições hidrológicas de pré-desenvolvimento de parcelamentos de uso do solo devem ser mantidas, direciona o controle da drenagem ao uso de detenções (artigo 97) para limitar a vazão máxima de saída dos mesmos. Tendo em vista que o controle por meio de LID pode servir à limitação de volume e qualidade do escoamento (potencial exigência futura), além da vazão de pico, a apresentação de comprovação destes controles pode eximir o empreendedor da construção de detenções ou permitir que estas tenham volume inferior ao obtido pela formulação proposta no decreto, mas suficiente para controlar para níveis de pré-ocupação.

A participação de um especialista na área de drenagem de pluviais na entidade municipal responsável pelo desenvolvimento urbano permite que esta área seja contemplada na definição de estratégias locais, devendo ser considerada pela municipalidade.

A estruturação de corpo técnico com incumbência de avaliar a efetividade de medidas de controle da drenagem, fiscalizar projetos, atualizar e revisar a legislação surge como alternativa interessante, particularmente em municípios razoavelmente desenvolvidos, em que inexistente um setor encarregado do controle da drenagem urbana.

Um levantamento das características locais atuais e de pré-ocupação urbana de solo, vegetação, clima, topografia e hidrografia devem conferir base de referência para preservar áreas especiais, avaliar o desempenho de medidas de controle e fiscalizar projetos de drenagem de pluviais, além de identificar com isto potenciais metas hidrológicas de gestão. Em paralelo, devem ser trabalhados programas de monitoramento e pesquisa das características hidrológicas regionais, bem como um programa de capacitação geral (funcionários públicos, empreendedores e usuários). Para auxiliar no desenvolvimento destes programas, sugere-se a elaboração de projetos-piloto, como a reformulação de edificações públicas, especialmente dos setores responsáveis pela fiscalização e aprovação de projetos.

A utilização de mecanismos de incentivo ao controle de drenagem nos moldes de LID, podendo estes apresentar caráter punitivo (por exemplo, cobrança de taxa por uso do sistema público, como avaliado em Forgiarini *et al.*, 2007) e/ou de premiação (por exemplo um selo de certificação da edificação), pode auxiliar na aproximação de sistemas de drenagem à sustentabilidade inclusive por “preparar terreno” para a instalação de legislação que obrigue o controle total das condições hidrológicas de pré-ocupação (e não apenas vazão máxima). A municipalidade pode trabalhar estas alternativas, como já o fazem parcialmente o município de Santo André (Santo André, 1997) e os E.U.A., Canadá, México e Índia (USGBC, 2007). Em escala maior, a federação pode avaliar a possibilidade de aplicar punições pesadas a municipalidades que pela ausência de controle, principalmente quanto à qualidade de seus efluentes, degradarem corpos d’água. A Política Nacional de Recursos Hídricos (Brasil, 1997) contemplaria esta possibilidade

caso o lançamento difuso de efluentes provenientes de uma mesma municipalidade fossem avaliados de forma conjunta, sendo assim passíveis de sujeição à outorga.

6 - CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS

As iniciativas apresentadas por algumas das principais cidades brasileiras para o controle da drenagem por meio de técnicas compensatórias merece destaque, buscando acima de tudo a quebra do paradigma da drenagem urbana no Brasil, que sempre está ligada ao conceito exclusivo de canalização. É notória, no entanto, a setorialização existente na solução de problemas pelo incentivo à aplicação de estruturas com foco único (controle da drenagem), sendo interessante uma abordagem que integre áreas, como abastecimento de águas e drenagem urbana, para minimizar esforços e facilitar a implantação de medidas pelo atendimento de múltiplos objetivos.

Desta experiência, observa-se que o avanço da aplicação do controle na fonte não se mostra tarefa fácil, uma vez que os órgãos públicos do setor encontram-se defasados e com pouca previsão de aporte financeiro, dificultando em muito a necessária divulgação deste tipo de abordagem à drenagem urbana, a correta fiscalização e acompanhamento de projetos e obras e a manutenção indispensável ao bom funcionamento do sistema. Todavia, os bons resultados (hidráulicos e financeiros) das tentativas executadas provocam os responsáveis técnicos nos setores público e privado a uma reflexão sobre a possibilidade harmonizar os diversos projetos constituintes dos empreendimentos, tais como drenagem pluvial, esgotamento cloacal e paisagismo, por exemplo, como forma de promover um melhor bem-estar ao usuário final com o mínimo de impacto ambiental à célula de análise, que é a bacia hidrográfica. Mostra-se necessário avançar para o incentivo à implantação de medidas integradas em escala ainda menor, que não produza os inconvenientes observados (odor e acúmulo de lixo associado a sedimentos e água) para a instalação de algumas detenções, por exemplo. A flexibilidade da norma quanto à seleção de dispositivos de controle de águas pluviais conta positivamente para este objetivo.

7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BELO HORIZONTE. **Plano Diretor Urbano**. Prefeitura Municipal de Belo Horizonte. 1996.

BRASIL. **Lei nº 9.433** de 08 de janeiro de 1997: institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos. 1997.

BRASIL. **Programa Drenagem Urbana Sustentável**. Ministério das Cidades. 2006. Manual para apresentação de propostas. 23 p. 2006.

COOMBES, P.J.; KUCZERA, G.; KALMA, J.D.; ARGUE, J.R. "An evaluation of the benefits of source control measures at the regional scale". **Urban Water**. 4:307-320. 2002.

CURITIBA. **Lei nº 10785** de 18 de setembro de 2003. Cria no Município de Curitiba, o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações – PURAE. Câmara de Vereadores de Curitiba. Disponível em: < <http://www.cmc.pr.gov.br/>>. Acesso em: 24 mai. 2007.

CURITIBA. **Lei nº 8681** de 11 de julho de 1995. Dispõe sobre a instalação de Postos de Abastecimento de Combustível e Serviços e cria a obrigatoriedade em executar medidas preventivas de proteção ao meio ambiente, especialmente no sistema de armazenamento de combustíveis. Câmara de Vereadores de Curitiba. Disponível em: < <http://www.cmc.pr.gov.br/> >. Acesso em: 24 mai. 2007.

FORGIARINI, F.R.; SOUZA, C.F.; SILVEIRA, A.L.L. da; SILVEIRA, G.L.da; TUCCI, C.E.M. (no prelo) **Avaliação de cenários de cobrança pela drenagem urbana de águas pluviais** in XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Anais. CD-ROM.

GUARULHOS. Lei municipal nº 5617, de 9 de novembro de 2000. **Código de Obras do Município de Guarulhos**. Apêndice B: detenção em lotes: método não convencional. Guarulhos, 29 jul. 2001.

IBGE. **Censo Demográfico 2000**. MPOG. Governo Federal. Brasil. 2000.

IBGE. **Atlas de Saneamento**. MPOG. Governo Federal. Brasil. 2000.

KLOSS, C.; CALARUSSE, C. “**Rooftops to rivers: Green strategies for controlling stormwater and combined sewer overflows**”. Natural Resources Defense Council. vi [47]f. 2006.

McCUEN, R.H. **Hydrologic Analysis and Design**. Englewood Cliffs: Prentice-Hall. 1989.

NITERÓI. **Lei nº 1.620** de 23 de dezembro de 1997. Define disposições relativas a aprovação de edificações residenciais unifamiliares. Secretaria Municipal de Urbanismo. Niterói, 1997. Disponível em: < <http://www.urbanismo.niteroi.rj.gov.br/> >. Acesso em: 24 mai. 2007.

PORTO ALEGRE. **Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e Ambiental**. Lei Complementar 434/99 – Lei Comentada. Prefeitura Municipal de Porto Alegre, Secretaria do Planejamento Municipal. 1999.

PORTO ALEGRE. **Plano Diretor de Drenagem Urbana de Porto Alegre**. Prefeitura Municipal de Porto Alegre. Departamento de Esgotos Pluviais. Porto Alegre. 2005.

SANTO ANDRÉ. **Lei Municipal n.º 7.606**, de 23 de dezembro de 1997. Dispõe sobre a drenagem de águas pluviais. Diário Oficial do Grande ABC, São Paulo, p.12, 25 dez. 1997.

SÃO PAULO. **Lei municipal n.º 13.276**, de 4 de janeiro de 2002. Torna obrigatório a execução de reservatório para as águas coletadas por coberturas e pavimentos nos lotes, edificados ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 500 m². Diário Oficial do Município, São Paulo, jan. 2002.

SCHUELER, T.R. **Controlling Urban Runoff: A Practical Manual for Planning and Design Urban BMPs**. Washington: Metropolitan Council of Government. 1987.

SECOVI. **Água de chuva: econômica e ecológica**. SECOVI – Sindicato da Habitação do RJ. Rio de Janeiro, 18 fev. 2004. Disponível em: < <http://www.secovirio.com.br/> >. Acesso em: 25 mai. 2007.

SOUZA, C.F. 2005. Mecanismos técnico-institucionais para a sustentabilidade da drenagem urbana. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Porto Alegre. [174]f.

SOUZA, C. F.; POMPEO, C.A.; TUCCI, C.E.M. (No prelo) “Diretrizes para o estabelecimento de loteamentos urbanos sustentáveis” in: Caramori, V. (Org.) *VI Encontro Nacional de Águas Urbanas*, Belo Horizonte. 2007.

TUCCI, C. E. M. & GENZ, F. Controle do Impacto da Urbanização. In: Tucci, C. E. M., Porto, R. L.; Barros, M. T. – organizadores; **Drenagem Urbana**, Coleção ABRH de Recursos Hídricos, volume 5, Editora da Universidade, Porto Alegre. 1995.

TUCCI, C.E.M. Gerenciamento da drenagem urbana. In: RBRH: **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. Porto Alegre,RS Vol. 7, n. 1(2002 jan./mar.), p. 5-27. 2002.

TUCCI, C.E.M. “Gerenciamento integrado das inundações urbanas no Brasil” in **REGA: Revista de Gestão de Água da América Latina**, 1(1):59-73. 2004.

UNITED STATES. Department of Defense [USDOD]. “**Unified Facilities Criteria (UFC) Design: Low Impact Development Manual**”. 96 p. 2004.

UNITED STATES. Environmental Protection Agency [USEPA]. “**Low Impact Development (LID): A Literature Review**”. Washington D.C. 35 p. 2000.

UNITED STATES. Green Building Council [USGBC]. “**LEED: Leadership in Energy and Environmental Design**”. (Sítio eletrônico). Disponível em: www.usgbc.org/LEED/. Acesso em 01 jun. 2007.

URBONAS, B. , STAHR, P. **Stormwater : Best management practices and detention for water quality, drainage and CSO management**. PTR Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, USA, 1993.