

Gerenciamento da Drenagem Urbana

Carlos E. M. Tucci

Instituto de Pesquisas Hidráulicas - Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Caixa Postal 15029
91501-970 Porto Alegre, RS - tucci@ifufrgs.br

Recebido: 04/05/01 - revisão: 17/09/01 - aceito: 13/12/01

RESUMO

O desenvolvimento urbano brasileiro tem produzindo um impacto significativo na infra-estrutura de recursos hídricos. Um dos principais impactos tem ocorrido na drenagem urbana, na forma de aumento da frequência e magnitude das inundações e deterioração ambiental.

Para o controle deste impacto é necessário desenvolver uma série de ações ordenadas de forma a buscar equilibrar o desenvolvimento com as condições ambientais das cidades. Este mecanismo é o Plano Diretor de Drenagem integrado com os outros planos de esgotamento sanitário, resíduo sólido e principalmente o desenvolvimento urbano.

Neste artigo são apresentados os elementos básicos para a política do Plano Diretor de Drenagem e a sua compatibilidade dentro da realidade brasileira, destacando-se: princípios básicos de controle; estrutura do Plano, estratégias, interfaces com os outros planos e mecanismos de financiamento.

Estes elementos foram apresentados para o Plano da cidade de Porto Alegre, concluída a sua primeira etapa e como propostas para os Planos da Região Metropolitana de Curitiba e Belo Horizonte.

Palavras-chave: gerenciamento; drenagem urbana.

IMPACTOS DO DESENVOLVIMENTO URBANO BRASILEIRO

O crescimento da população urbana tem sido acelerado nas últimas décadas no Brasil (Tabela 1). Este crescimento gerou grandes metrópoles na capital de cada Estado brasileiro. Estas regiões metropolitanas possuem um núcleo principal e várias cidades circunvizinhas, resultado da expansão deste crescimento.

A tendência dos últimos anos tem sido a seguinte: a) redução das taxas de crescimento populacional do país; b) taxa pequena de crescimento na cidade núcleo da região metropolitana (RM) (Tabela 2) e aumento da taxa de crescimento na sua periferia; e c) aumento da população em cidades que são pólos regionais de crescimento.

Cidades acima de 1 milhão de habitantes crescem a uma taxa média de 0,9% anual, enquanto os núcleos regionais como cidades entre 100 e 500 mil habitantes, crescem à taxa de 4,8%. Portanto, todos os processos inadequados de urbanização e impacto ambiental que se observaram nas RM (Regiões Metropolitanas) estão se reproduzindo nestas cidades de médio porte.

Tabela 1. Crescimento da população brasileira e a taxa de urbanização (IBGE, 1998).

Ano	População (milhões de habitantes)	Parcela da população urbana (%)
1970	93,1	55,9
1980	118,0	68,2
1991	146,8	75,6
1996	157,1	78,4
2000 ¹	169,0	81,1

Este crescimento urbano tem sido caracterizado por expansão irregular de periferia com pouca obediência da regulamentação urbana relacionada com o Plano Diretor e normas específicas de loteamentos, além da ocupação irregular de áreas públicas por população de baixa renda. Esta tendência dificulta o ordenamento das ações não-estruturais do controle ambiental urbano.

Um dos graves problemas neste processo de desenvolvimento urbano resulta da expansão, geralmente irregular, que ocorre sobre as áreas de mananciais de abastecimento humano, comprometendo a sustentabilidade hídrica das cidades.

Algumas das causas são as seguintes:

- pequena renda econômica de parte importante da sociedade, agravada nos períodos de crise econômica e desemprego significativo;
- falta de planejamento e investimento público no direcionamento da expansão urbana: como o preço da infra-estrutura exigida para o lote é inferior ou próximo do valor de mercado do próprio lote (empreendimentos de baixa renda), a mesma não é realizada ficando para o poder público o ônus da regularização e implementação futura da infra-estrutura;
- medidas restritivas incompatíveis com a realidade brasileira. A proteção de mananciais gerou legislações restritivas que condicionaram a desobediência. Estas leis impedem o uso das áreas de mananciais sem que o poder público compre a propriedade. O proprietário é penalizado por possuir esta área, já que na maioria das vezes deve continuar pagando imposto e ainda preservar a área quase intacta. A desobediência acaba ocorrendo devido ao aumento do valor econômico das áreas circunvizinhas. Observou-se em algumas cidades a invasão destas áreas por população de baixa renda por convite dos proprietários, como um meio de negociar com o poder público.

Observa-se assim uma cidade legal e uma cidade ilegal que necessita de ordenamento, controle e de políticas mais realistas quanto às áreas de mananciais e de riscos de inundação.

IMPACTOS DO GERENCIAMENTO DA ÁGUA NO MEIO URBANO

Limitações dos serviços de saneamento

O acesso à água e ao saneamento reduz, em média, 55% da mortalidade infantil (WRI, 1992). O desenvolvimento adequado da infra-estrutura de abastecimento e saneamento é essencial para um adequado desenvolvimento urbano. O abastecimento de água no Brasil tem evoluído satisfatoriamente nos últimos anos (Tabela 4). Os problemas residem principalmente na falta de coleta e tratamento dos esgotos cloacais, como na maioria dos países em desenvolvimento.

Tabela 2. População e crescimento de algumas cidades brasileiras (IBGE, 1998).

Cidade	População em 1996 (milhões)	Aumento do núcleo entre 91 e 96 (%)	Aumento da periferia entre 91 e 96 (%)
São Paulo	16,667	2	16,3
Rio de Janeiro	10,532	1,3	7,1
Belo Horizonte	3,829	3,5	20,9
Porto Alegre	3,292	2,0	9,4
Recife	3,258	3,7	7,4
Salvador	2,776	6,6	18,1
Fortaleza	2,639	11,1	14,7
Curitiba	2,349	12,3	28,2
Belém	1,629	-8,1	157,9

Wright (1997) avaliou os procedimentos utilizados em países em desenvolvimento para a-bastecimento de água e saneamento e suas principais conclusões foram:

- o planejamento e a construção dos sistemas são baseados em práticas de países desenvolvidos que não consideram as reais necessidades locais, resultando em investimentos com baixo retorno. Por exemplo, em Acra, Ghana, após 20 anos apenas 130 ligações foram realizadas ao sistema de esgoto, previsto para 2000 ligações;
- falta de gerenciamento: dificuldades em financiamento, pouco contato com os clientes e centralização;
- grandes projetos: projetos com grandes custos no qual o pagamento dificilmente pode ser realizado pela população pobre;
- desempenho ruim da operação e manutenção dos sistemas.

O referido autor sugere a ampliação de opções quanto a tecnologias, avaliação do desejo dos consumidores quanto ao pagamento dos serviços e necessidades; melhoria da eficiência da cobertura com menor custo, inovações institucionais e financeiras, educação em diferentes níveis e participação pública.

O desenvolvimento da cidade tem sido realizado com baixa cobertura de redes de coleta de esgoto, além da quase total falta de tratamento. Inicialmente, quando a cidade tem pequena densi-

dade, é geralmente utilizada a fossa séptica para disposição do esgoto. A medida que a cidade cresce e o poder público não investe no sistema, a saída do esgoto de cada propriedades é ligada à rede de esgotamento pluvial sem nenhum tratamento. Este escoamento converge para os rios urbanos e o sistema fluvial de jusante gerando os conhecidos impactos na qualidade da água.

Nos últimos anos, as empresas de saneamento têm investido em redes de coleta de esgoto e estações de tratamento, mas a parcela do volume gerado pelas cidades que efetivamente é tratado antes de chegar ao rio é ainda muito pequena. Algumas das questões são as seguintes:

- Quando as redes de esgoto são implementadas ou projetadas não tem sido prevista a ligação da saída das habitações ou condomínios às redes. Desta forma as redes não coletam o esgoto projetado e as estações não recebem o esgoto para o qual têm a capacidade. Neste caso, ou o projeto foi elaborado de forma inadequada ou não foi executado como deveria. Como o esgoto continua escoando pelo sistema pluvial para os rios, o impacto ambiental continua alto. A conclusão é que os investimentos públicos são realizados de forma inadequada, atendendo apenas as empresas de engenharia (obras) e não a sociedade que aporta os recursos.
- Como uma parte importante das empresas de saneamento cobra pelo serviço de coleta e tratamento, mesmo sem que o tratamento seja realizado, qual será o interesse das mesmas em completar a cobertura de coleta e tratamento do esgoto?
- Quando for implementado o sistema de cobrança pela poluição quem irá pagar as penas previstas para a poluição gerada? Será novamente a população?
- Existe atualmente um impasse sobre a concessão dos serviços de água e esgoto que tem imobilizado o financiamento e a privatização do setor. A constituição federal previu que a concessão dos serviços de água e esgoto pertence aos municípios, enquanto que as empresas de água e saneamento geralmente são estaduais. Como as mesmas não detêm a concessão o seu valor econômico fica reduzido no mercado de privatização. Recentemente o governo federal noticiou o envio de projeto de lei ao Congresso Nacional sobre a matéria, reacendendo a polêmica que decorre de enormes conflitos de interesse.

Doenças de veiculação hídrica

As doenças de veiculação hídrica podem ocorrer devido: a) à falta de água segura de abastecimento da população, que envolve o abastecimento de água. Neste caso a diarreia é a doença mais frequente (Tabela 3); b) às doenças que dependem da higiene das pessoas, relacionado com a sua educação; c) às doenças relacionadas com o ambiente e a disposição da água, como a malária, dengue e esquistossomose, entre outros; d) às doenças relacionadas com as inundações como a leptospirose, que é a contaminação da urina do rato na água de inundação.

Na Tabela 3 são apresentados valores de mortalidade do Brasil em dois períodos e por faixa etária. Na Tabela 4 são apresentadas as alterações dos serviços de água e esgoto, mostrando a correspondência de redução dos indicadores com o aumento da cobertura dos serviços, apesar do aumento da população no período. Observa-se na Tabela 4 que a cobertura aumenta com a classe de renda da população, um indicativo que a população mais pobre possui um índice de cobertura ainda menor que a média do país.

Impactos devido aos resíduos sólidos

No desenvolvimento urbano são observados alguns estágios distintos da produção de material sólido na drenagem urbana, que são os seguintes:

- no estágio inicial quando ocorre modificação da cobertura da bacia pela retirada da sua proteção natural, o solo fica desprotegido e a erosão aumenta no período chuvoso, aumentando também a produção de sedimentos. Exemplos desta situação são: enquanto um loteamento é implementado o solo fica desprotegido; da mesma forma na construção de grandes áreas ou quando os lotes são construídos ocorre também grande movimentação de terra, que é transportada pelo escoamento superficial. Nesta fase existe predominância dos sedimentos e pequena produção de lixo;

Tabela 3. Mortalidade devido a doenças de veiculação hídrica no Brasil (Mota e Rezende, 1999).

Idade	Infecção intestinal		Outras*	
	1981	1989	1981	1989
< 1 ano	28.606	13.508	87	19
1 a 14 anos	3.908	1.963	44	21
> 14 anos	2.439	3.330	793	608

* cólera, febre tifóide, poliomielite, dissenteria, esquistossomose, etc.

- no estágio intermediário: parte da população está estabelecida, ainda existe importante movimentação de terra devido a novas construções e a produção de lixo da população se soma ao processo de produção de sedimentos;
- no estágio final: nesta fase praticamente todas as superfícies urbanas estão consolidadas e apenas resulta produção de lixo urbano, com menor parcela de sedimentos de algumas áreas de construção ou sem cobertura consolidada.

Neste último caso, os sólidos totais que chegam à drenagem são devido ao seguinte:

- frequência e cobertura da coleta de lixo;
- frequência da limpeza das ruas;
- forma de disposição do lixo pela população;
- frequência da precipitação.

A produção de lixo *coletada* no Brasil é da ordem de 0,5 a 0,8 kg/pessoa/dia, mas não existem informações sobre a *quantidade de lixo que fica retida na drenagem*. Mesmo a nível internacional as informações são reduzidas. Em San José, Califórnia o lixo que *chega na drenagem* foi estimado em 4 lb/pessoa/ano. Após a limpeza das ruas resultam 1,8 lb/pessoa/ano na rede (Larger et al., 1977). Para o Brasil este volume deve ser maior, considerando que muitas vezes a drenagem é utilizada como destino final de resíduos sólidos.

Na última década houve um visível incremento de lixo urbano devido as embalagens plásticas que possuem baixa reciclagem. Os rios e todo o sistema de drenagem ficam cheios de garrafas tipo *pet*, além das embalagens de plásticos de todo o tipo.

Tabela 4. Proporção da cobertura de serviços, por grupos de renda do Brasil em % (Mota e Rezende, 1999).

Domicílios SM	Água tratada		Coleta de esgoto		Tratamento de Esgoto	
	1981	1989	1981	1989	1981	1989
0 - 2	59,3	76,0	15	24,2	0,6	4,7
2 - 5	76,3	87,8	29,7		1,3	8,2
> 5	90,7	95,2	54,8		2,5	13,1
Todos	78,4	89,4	36,7	47,8	1,6	10,1

SM = Slário Mnimo.

Impactos devido ao escoamento pluvial

O escoamento pluvial pode produzir inundações e impactos nas áreas urbanas devido a dois processos, que ocorrem isoladamente ou combinados:

- *inundações de áreas ribeirinhas*: os rios geralmente possuem dois leitos, o leito menor onde a água escoar na maioria do tempo e o leito maior, que é inundado com risco geralmente entre 1,5 e 2 anos (Tucci e Genz, 1994 obtiveram um valor médio de 1,87 anos para os rios do Alto Paraguai). O impacto devido à inundação ocorre quando a população ocupa o leito maior do rio, ficando sujeita à inundação;
- *inundações devido à urbanização*: as enchentes aumentam a sua frequência e magnitude devido à impermeabilização, ocupação do solo e à construção da rede de condutos pluviais. O desenvolvimento urbano pode também produzir obstruções ao escoamento, como aterros e pontes, drenagens inadequadas e obstruções ao escoamento junto a condutos e assoreamento.

Inundações ribeirinhas - Estas enchentes ocorrem, principalmente, pelo processo natural no qual o rio escoar pelo seu leito maior. Este tipo de enchente é *decorrência de processo natural do ciclo hidrológico*. Quando a população ocupa o leito maior, que são áreas de risco, os impactos são frequentes. Essas condições ocorrem, em geral, devido às seguintes ações:

- como, no Plano Diretor Urbano da quase totalidade das cidades brasileiras, não exis-

te nenhuma restrição quanto ao loteamento de áreas de risco de inundação, a seqüência de anos sem enchentes é razão suficiente para que empresários loteiem áreas inadequadas;

- invasão de áreas ribeirinhas, que pertencem ao poder público, pela população de baixa renda;
- ocupação de áreas de médio risco, que são atingidas com freqüência menor, mas que quando o são, sofrem prejuízos significativos.

Os principais impactos sobre a população são:

- prejuízos de perdas materiais e humanas;
- interrupção da atividade econômica das áreas inundadas;
- contaminação por doenças de veiculação hídrica como leptospirose, cólera, entre outras;
- contaminação da água pela inundação de depósitos de material tóxico, estações de tratamentos entre outros.

O gerenciamento atual não incentiva a prevenção destes problemas, já que à medida que ocorre a inundação o município declara calamidade pública e recebe recursos a fundo perdido e não necessita realizar concorrência pública para gastar. Como a maioria das soluções sustentáveis passam por medidas não-estruturais que envolvem restrições à população, dificilmente um prefeito buscará este tipo de solução porque geralmente a população espera por uma obra. Enquanto que, para implementar as medidas não-estruturais, ele teria que interferir em interesses de proprietários de áreas de risco, o que politicamente é complexo a nível local.

Para buscar modificar este cenário é necessário um programa a nível estadual voltado à educação da população, além de atuação junto aos bancos que financiam obras em áreas de risco.

Inundações devido a urbanização - A medida que a cidade se urbaniza, em geral, ocorrem os seguintes impactos:

- aumento das vazões máximas (em até 7 vezes, Figura 2) e da sua freqüência (Figuras 1 e 2) devido ao aumento da capacidade de escoamento através de condutos e canais e impermeabilização das superfícies;

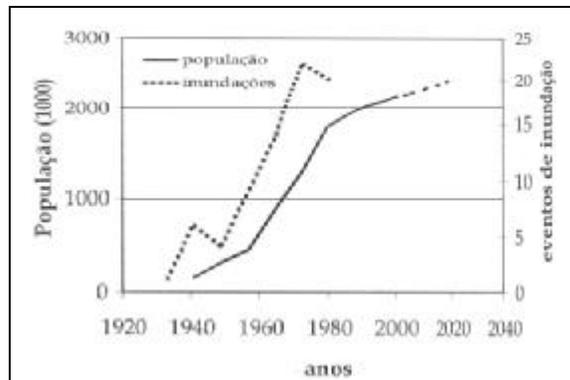


Figura 1. Evolução urbana e ocorrência de inundações (adaptado de Ramos, 1998).

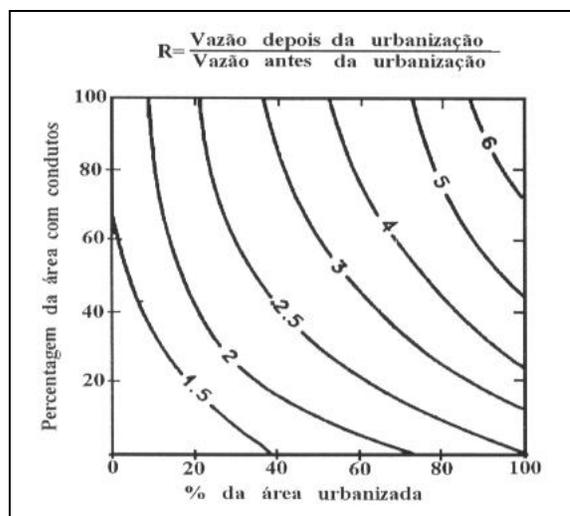


Figura 2. As curvas fornecem o valor de R, aumento da vazão média de inundação (média das vazões máximas anuais) em função da proporção de área impermeável e da canalização do sistema de drenagem, em % (Leopold, 1968).

- aumento da produção de sedimentos devido à desproteção das superfícies e à produção de resíduos sólidos (lixo);
- deterioração da qualidade da água superficial e subterrânea, devido a lavagem das ruas, transporte de material sólido e às ligações clandestinas de esgoto cloacal e pluvial e contaminação de aquíferos;
- devido à forma desorganizada como a infraestrutura urbana é implantada, tais como: a) pontes e taludes de estradas que obstruem o escoamento; b) redução de seção do escoamento por aterros de pontes e para construções em geral; c) deposição e

obstrução de rios, canais e condutos por lixos e sedimentos; d) projetos e obras de drenagem inadequadas, com diâmetros que diminuem para jusante, drenagem sem esgotamento, entre outros.

Alguns dos principais impactos ambientais produzidos pela urbanização são destacados a seguir:

Aumento da temperatura - As superfícies impermeáveis absorvem parte da energia solar aumentando a temperatura ambiente, produzindo *ilhas de calor* na parte central dos centros urbanos, onde predomina o concreto e o asfalto. O asfalto, devido a sua cor, absorve mais energia da radiação solar do que as superfícies naturais e o concreto. A medida que as superfícies de concreto envelhecem tendem a escurecer e a aumentar a absorção de radiação solar.

O aumento da absorção de radiação solar por parte da superfície aumenta a emissão de radiação térmica de volta para o ambiente, gerando o calor. O aumento de temperatura também cria condições de movimento de ar ascendente que pode gerar aumento de precipitação. Silveira (1999) mostra que a parte central de Porto Alegre apresenta maior índice pluviométrico que a sua periferia, atribuindo essa tendência à urbanização. Como na área urbana as precipitações críticas são as mais intensas e com baixa duração, estas condições contribuem para agravar as enchentes urbanas.

Aumento de sedimentos e material sólido - As principais conseqüências ambientais da produção de sedimentos são as seguintes:

- assoreamento das seções de canalizações da drenagem, com redução da capacidade de escoamento de condutos, rios e lagos urbanos. A lagoa da Pampulha (em Belo Horizonte) é um exemplo de um lago urbano que tem sido assoreado. O arroio Dilúvio em Porto Alegre, devido a sua largura e pequena profundidade, durante as estiagens, tem depositado no canal a produção de sedimentos da bacia e criado vegetação, reduzindo a capacidade de escoamento durante as enchentes. Na Tabela 5 são apresentados alguns valores de produção de sedimentos de cidades brasileiras;
- transporte de poluente agregado ao sedimento, que contaminam as águas pluviais.

Qualidade da água pluvial - A quantidade de material suspenso na drenagem pluvial apresenta uma carga muito alta considerando a vazão envolvida. Esse volume é mais significativo no início das enchentes. Os primeiros 25 mm de escoamento superficial geralmente transportam grande parte da carga poluente de origem pluvial (Schueller, 1987). Na Tabela 6 são apresentados alguns valores de concentração da literatura. Schueller (1987) cita que a concentração média dos eventos não se altera em função do volume do evento e é característico de cada área.

Os esgotos podem ser combinados (cloacal e pluvial num mesmo conduto) ou separados (rede pluvial e cloacal separadas). A legislação estabelece o sistema separador, mas na prática isto não ocorre devido às ligações clandestinas e à falta de rede cloacal. Devido à falta de capacidade financeira para ampliação da rede cloacal, algumas prefeituras têm permitido o uso da rede pluvial para transporte do cloacal, o que pode ser uma solução inadequada à medida que esse esgoto não é tratado. Quando o sistema cloacal é implementado a grande dificuldade envolve a retirada das ligações existentes da rede pluvial, o que na prática resulta em dois sistemas misturados com diferentes níveis de carga.

As vantagens e desvantagens dos dois sistemas têm gerado longas discussões sobre o assunto em todo o mundo. Considerando a *inter-relação com a drenagem, o sistema unitário geralmente amplia o custo do controle quantitativo da drenagem pluvial* a medida que exige que as detenções sejam no sub-solo. Este tipo de construção tem um custo unitário 7 vezes superior à detenção aberta (IPH, 2000). As outras desvantagens são: na estiagem, nas áreas urbanas o odor pode ser significativo; durante as inundações, quando ocorre extravasamento, existe maior potencial de proliferação de doenças. Este cenário é mais grave quando os extravasamentos forem freqüentes.

As cidades, que de outro lado priorizaram a rede de esgotamento sanitário e não consideraram os pluviais sofrem freqüentes inundações com o aumento da urbanização, como tem acontecido em Santiago e Montevideo.

Não existem soluções únicas e milagrosas, mas soluções adequadas e racionais para cada realidade.

O ideal é buscar conciliar a coleta e tratamento do esgotamento sanitário somado a retenção e tratamento do escoamento pluvial dentro de uma visão integrada de tal forma que tanto os aspectos higiênicos como ambientais sejam atendidos.

Tabela 5. Estimativa dos sedimentos depositados na drenagem urbana de algumas cidades brasileiras (Collischonn e Tucci, 1998).

Rio e cidade	Características da fonte de sedimentos	Volume m ³ /km ² .ano	Referência
Rio Tietê em São Paulo	Sedimento de dragado	393	Nakae e Brighetti (1993)
Tributários do rio Tietê em São Paulo	Sedimentos de fundo	1400	Lloret Ramos et al. (1993)
Lago da Pampulha em Belo Horizonte	Sedimentos de 1957 até 1994	2436	Oliveira e Baptista (1997)
Arroio Dilúvio em Porto Alegre	Sedimentos dragado	750	DEP (1993)

Tabela 6. Valores médios de parâmetros de qualidade da água de pluviais em mg/l para algumas cidades.

Parâmetro	Durham (1)	Cincinatti (2)	Tulsa (3)	P. Alegre (4)	APWA (5)	
					Mínimo	Máximo
DBO		19	11,8	31,8	1	700
Sólidos totais	1440		545	1523	450	14.600
PH		7,5	7,4	7,2		
Coliformes (NMP/100ml)	23.000		18.000	1,5x10 ⁷	55	11,2x10 ⁷
Ferro	12			30,3		
Chumbo	0,46			0,19		
Amônia		0,4		1,0		

1 - Colson (1974); 2 - Weibel et al. (1964); 3 - AVCO (1970); 4 - Ide (1984); 5 - APWA (1969).

A qualidade da água da rede pluvial depende de vários fatores: da limpeza urbana e sua frequência, da intensidade da precipitação e sua distribuição temporal e espacial, da época do ano e do tipo de uso da área urbana. Os principais indicadores da qualidade da água são os parâmetros que caracterizam a poluição orgânica e a quantidade de metais.

- a rede de drenagem pluvial pode contaminar o solo através de perdas de volume no seu transporte e até por entupimento de trechos da rede que pressionam a água contaminada para fora do sistema de condutos.

Contaminação de aquíferos - As principais condições de contaminação dos aquíferos urbanos são devidas ao seguinte:

- aterros sanitários contaminam as águas subterrâneas pelo processo natural de precipitação e infiltração. Deve-se evitar que sejam construídos aterros sanitários em áreas de recarga e deve-se procurar escolher as áreas com baixa permeabilidade. Os efeitos da contaminação nas águas subterrâneas devem ser examinados quando da escolha do local do aterro;
- grande parte das cidades brasileiras utilizam fossas sépticas como destino final do esgoto. Esse conjunto tende a contaminar a parte superior do aquífero. Esta contaminação pode comprometer o abastecimento de água urbana quando existe comunicação entre diferentes camadas dos aquíferos através de percolação e de perfuração inadequada dos poços artesianos;

Comparação entre países desenvolvidos e em desenvolvimento

A Tabela 7 apresenta uma comparação dos cenários de desenvolvimento dos aspectos da água no meio urbano entre países desenvolvidos e países em desenvolvimento.

Pode-se observar que nos países desenvolvidos grande parte dos problemas foram resolvidos quanto ao abastecimento de água, tratamento de esgoto e controle quantitativo da drenagem urbana. Neste último caso, foi priorizado o controle através de medidas não-estruturais que obrigam a população a controlar na fonte os impactos devido a urbanização. O principal problema nos países desenvolvidos é o controle da poluição difusa devido às águas pluviais.

Tabela 7. Comparação dos aspectos da água no meio urbano.

Infra-estrutura urbana	Países desenvolvidos	Brasil
Abastecimento de água	Resolvido, cobertura total.	Grande parte atendida, tendência de redução da disponibilidade devido a contaminação, grande quantidade de perdas na rede.
Saneamento	Cobertura quase total.	Falta de rede e estações de tratamento; as que existem não conseguem coletar esgoto como projetado.
Drenagem Urbana	Controlado os aspectos quantitativos; Desenvolvimento de investimentos para controle dos aspectos de qualidade da água.	Grandes inundações devido a ampliação de inundações; Controle que agrava as inundações através de canalização; Aspectos de qualidade da água nem mesmo foram identificados.
Inundações Ribeirinhas	Medidas de controle não-estruturais como seguro e zoneamento de inundação.	Grandes prejuízos por falta de política de controle.

De outro lado o controle nos países em desenvolvimento ainda está no estágio do tratamento de esgoto. Em alguns países, como o Brasil, o abastecimento de água que poderia estar resolvido, devido à grande cobertura de abastecimento, volta a ser um problema devido a forte contaminação dos mananciais. Este problema é decorrência da baixa cobertura de esgoto tratado. Na realidade existem muitas redes e estações de tratamento, mas a parcela de esgoto sem tratamento ainda é muito grande. Devido ao ciclo de contaminação produzido pelo aumento do volume de esgoto não tratado para a mesma capacidade de diluição, os objetivos também são de saúde pública, pois a população passa ser contaminada pelo conjunto do esgoto produzido pela cidade no que chamamos aqui de ciclo de contaminação urbana (Figura 3).

O controle quantitativo da drenagem urbana ainda é limitado nos países em desenvolvimento. O estágio do controle da qualidade da água resultante da drenagem está ainda mais distante nestes países.

POLÍTICAS DE CONTROLE

O cenário atual

Atualmente um dos principais, se não o principal problema de recursos hídricos no país é o impacto resultante do desenvolvimento urbano, tanto a nível interno dos municípios como a nível externo, exportando poluição e inundações para jusante.

Este cenário tende a gerar um retorno a condições sanitárias que produzem novos tipos de endemias. As algas tóxicas produzidas pela prolifera-

ção devido ao aumento de nutrientes em lagos é um exemplo recente deste problema.

As regiões metropolitanas deixaram de crescer no seu núcleo, mas se expandem na periferia (veja item anterior), justamente onde se concentram os mananciais, agravando este problema. A tendência é de que as cidades continuem buscando novos mananciais sempre mais distante e com alto custo. A ineficiência pública é observada no seguinte:

- a grande perda de água tratada nas redes de distribuição urbana. Não é compreensível que se busquem novos mananciais quando as perdas continuam em níveis tão altos. As perdas podem ser de faturamento e físicas, as primeiras estão relacionadas com medição e cobrança e as seguintes devido a vazamento na rede. O valor médio nacional é de 39,6% (MPO-SEPURB-IPEA, 1998);
- quando existem, as redes de tratamento não coletam esgoto suficiente, da mesma forma, as estações de tratamento continuam funcionando abaixo da sua capacidade instalada;

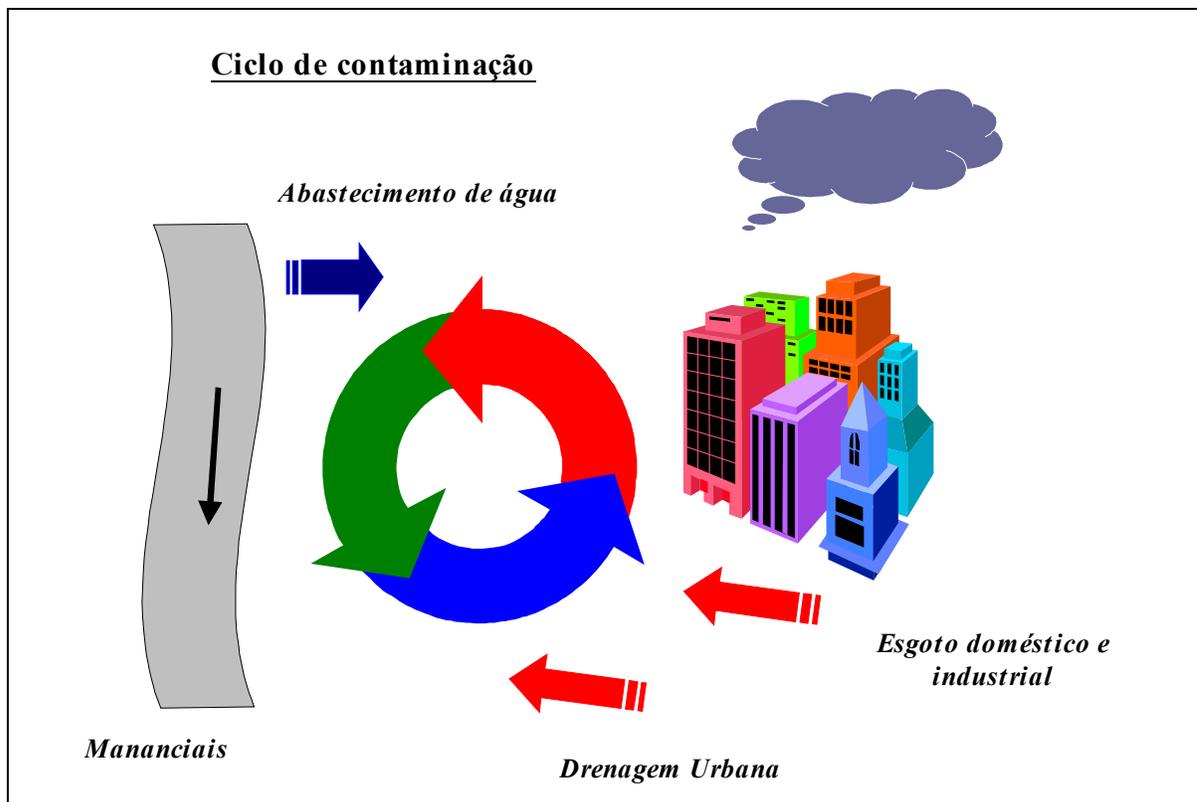


Figura 3. Ciclo da água no ambiente urbano ou ciclo de contaminação da água urbana devido a falta de tratamento de esgoto e o controle do esgoto pluvial na realidade brasileira.

- a rede de pluviais apresenta dois problemas: a) além de transportar o esgoto que não é coletado e tratado, também transporta a contaminação do escoamento pluvial (carga orgânica, tóxicos e metais); b) a construção excessiva de canais e condutos que apenas transferem as inundações de um local para outro dentro da cidade, a custos insustentáveis para os municípios.
- drenagem urbana e controle de inundações;
- resíduo sólido;
- controle ambiental.

O planejamento urbano deve considerar os aspectos relacionados com a água, no uso do solo e na definição das tendências dos vetores de expansão da cidade.

Considerando os aspectos relacionados com a água, existe uma forte inter-relação entre os mesmos. Quando vistos dentro de cada uma de suas disciplinas em planos setoriais, certamente resultarão em prejuízos para a sociedade. Na Figura 4 pode-se observar a representação do planejamento integrado dos setores essenciais relacionados com a água no meio urbano.

Algumas destas inter-relações são as seguintes:

Visão integrada do controle

Os aspectos relacionados com a infraestrutura de água têm sido planejados de forma inadequada. Grande parte dos problemas citados está relacionada com a forma setorial como são tratados. O desenvolvimento do planejamento das áreas urbanas envolve principalmente:

- planejamento do desenvolvimento urbano;
- transporte;
- abastecimento de água e saneamento;
- o abastecimento de água é realizado a partir de mananciais que podem ser contaminados pelo esgoto cloacal, pluvial ou por depósitos de resíduos sólidos;

- a solução do controle da drenagem urbana depende da existência de rede de esgoto cloacal e suas características;
- a limpeza das ruas, a coleta e disposição de resíduos sólidos interfere na quantidade e na qualidade da água dos pluviais.

A maior dificuldade para a implementação do planejamento integrado decorre da limitada capacidade institucional dos municípios para enfrentar problemas tão complexos e interdisciplinares.

Aspectos institucionais

A estrutura institucional é a base do gerenciamento dos recursos hídricos urbanos e da sua política de controle. A definição institucional depende dos espaços de atribuição da organização do país, sua inter-relação tanto legal quanto de gestão, da água, uso do solo e meio ambiente.

Para estabelecer o mecanismo de gerenciamento destes elementos é necessário definir os espaços geográficos relacionados com o problema.

Espaço geográfico de gerenciamento

O impacto dos efluentes de esgotamento sanitário e da drenagem urbana podem ser analisados dentro de dois contextos espaciais diferentes, discutidos a seguir:

1. *impactos que extrapolam o município*, ampliando as enchentes e contaminando a jusante os sistemas hídricos como rios, lagos e reservatórios. Esta contaminação é denominada *poluição pontual e difusiva urbana*. Este tipo de impacto é a resultante das ações dentro da cidade, que são transferidas para o restante da bacia. Para o seu controle podem ser estabelecidos padrões a serem atingidos e geralmente são regulados por legislação ambiental e de recursos hídricos federal ou estadual;
2. *impacto dentro das cidades*: estes impactos são disseminados dentro da cidade e atingem a sua própria população. O controle neste caso é estabelecido através de medidas desenvolvidas dentro do município através de legislação municipal e ações estruturais específicas.



Figura 4. Visão integrada do planejamento dos aspectos da água no ambiente urbano.

Experiências

A experiência americana no processo tem sido aplicada através de um programa nacional desenvolvido pela EPA (Environmental Protection Agency) que obriga a todas as cidades com mais de 100 mil habitantes a estabelecer um programa de BMP (Best Management Practices). Recentemente iniciou-se a segunda fase do programa para cidades com população inferior à mencionada, (Roesner & Traina, 1994). As BMPs envolvem o controle da qualidade e quantidade por parte do município através de medidas estruturais e não-estruturais. O município deve demonstrar que está avançando e buscar atingir estes objetivos através de um Plano. Este processo contribui para reduzir a poluição difusa dos rios da vizinhança das cidades. A penalidade que pode ser imposta é a ação judicial da EPA contra o município.

A experiência francesa envolve o gerenciamento dos impactos e controles através do comitê de bacia, que é o Fórum básico para a tomada de decisão. As metas que os municípios e outros atores devem atingir são decididas no comitê.

Legislação federal e estadual

As legislações que envolvem a drenagem urbana e a inundação ribeirinha estão relacionadas com: recursos hídricos, uso do solo e licenciamento ambiental.

Quanto aos recursos hídricos - A Constituição Federal define o domínio dos rios, a legislação de

recursos hídricos a nível federal e estabelece os princípios básicos da gestão através de bacias hidrográficas. As bacias podem ser de domínio estadual ou federal.

Algumas legislações estaduais de recursos hídricos estabelecem critérios para a outorga do uso da água, mas não legislam sobre a outorga relativa ao despejo de efluentes de drenagem. A legislação ambiental estabelece normas e padrões de qualidade da água dos rios através de classes, mas não define restrições com relação aos efluentes urbanos lançados nos rios.

Dentro deste contexto o escoamento pluvial resultante das cidades deve ser objeto de outorga ou de controle a ser previsto nos Planos de bacia. Como estes procedimentos ainda não estão sendo cobrados pelos Estados, não existe no momento uma pressão direta para a redução dos impactos resultantes da urbanização.

Quanto ao uso do solo - Na Constituição Federal, Artigo 30, é definido que o uso do solo é municipal. Porém, os Estados e a União podem estabelecer normas para o disciplinamento do uso do solo visando a proteção ambiental, controle da poluição, saúde pública e da segurança. Desta forma, observa-se que, no caso da drenagem urbana que envolve o meio ambiente e o controle da poluição, a matéria é de competência concorrente entre Município, Estado e Federação. A tendência é dos municípios introduzirem diretrizes de macrozoneamento urbano nos Planos Diretores urbanos, incentivados pelos Estados.

Observa-se que no zoneamento relativo ao uso do solo não têm sido contemplado pelos municípios os aspectos de drenagem e inundações. O que tem sido observado são legislações restritivas quanto à proteção de mananciais e ocupação de áreas ambientais. A legislação muito restritiva somente produz reações negativas e desobediência. Portanto, não atingem os objetivos de controle ambiental. Isto ocorre na forma de invasão das áreas, loteamentos irregulares, entre outros. Um exemplo feliz foi o introduzido pelo município de Estrela que permitiu a troca de áreas de inundação (proibida para uso) por solo criado ou índice de aproveitamento urbano acima do previsto no Plano Diretor nas áreas mais valorizadas da cidade.

Ao introduzir restrições do uso do solo é necessário que a legislação dê alternativa econômica ao proprietário da terra ou o município deve comprar a propriedade. Numa sociedade democrática o impedimento do uso do espaço privado para o bem público deve ser compensado pelo público beneficiado, caso contrário torna-se um confisco. Atualmente as legislações do uso do solo se apropriam da propriedade privada e ainda exigem o pagamento de impostos pelo proprietário que não possui alter-

nativa econômica. A consequência imediata na maioria das situações é a desobediência legal.

Quanto ao licenciamento ambiental - Este licenciamento estabelece os limites para construção e operação de canais de drenagem, regulado pela Lei 6938/81 e resolução CONAMA nº237/97. Da mesma forma, a resolução CONAMA nº1/86 art 2º, VII estabelece a necessidade de licença ambiental para “obras hidráulicas para drenagem”.

Gerenciamento de bacias urbanas compartilhadas - Grande parte das cidades brasileiras possuem bacia hidrográfica comum com outros municípios. Geralmente existem os seguintes cenários: a) um município está a montante de outro; b) o rio divide os municípios.

O controle institucional da drenagem que envolve mais de um município pode ser realizado pelo seguinte:

- através de legislação municipal adequada para cada município; ou
- através de legislação estadual que estabeleça os padrões a serem mantidos nos municípios de tal forma a não serem transferidos os impactos;
- uso dos dois procedimentos anteriores.

Provavelmente a última hipótese deverá ocorrer a longo prazo. A curto prazo é mais viável a primeira opção, até que o comitê da bacia e os Planos Estaduais desenvolvam a regulamentação setorial. Portanto, quando forem desenvolvidos os Planos das bacias que envolvam mais de um município deve-se buscar acordar ações conjuntas com estes municípios para se obter o planejamento de toda a bacia.

Legislação municipal

Em cada município existe uma legislação específica definida pelo Plano Diretor Urbano que geralmente introduz o uso do solo e as legislações ambientais, mas dificilmente aborda a drenagem urbana.

Belo Horizonte foi precursora neste processo e no seu Plano de Desenvolvimento Urbano de 1996 estabelece que toda a área prevista como permeável poderia ser impermeabilizada, desde que compensada por uma detenção com volume estimado na razão de 30 l/m² (PMBH, 1996). No entanto, a legislação previa uma exceção, ou seja, que a construção do mesmo dependeria do parecer de viabilidade de um engenheiro. Infelizmente, a exceção virou regra, pois geralmente as empresas obtiveram o parecer e praticamente nenhuma detenção foi construída.

Em Porto Alegre o Plano Diretor foi denominado de Desenvolvimento Urbano e Ambiental (PMPA, 2000) e se tornou lei no início de 2000. Este Plano introduziu artigos relativos à drenagem urbana. O Plano especifica a necessidade de redução da vazão devido à urbanização para as áreas críticas através de detenção e remete a regulamentação ao Departamento de Esgotos Pluviais. O detalhamento desta regulamentação está em curso, mas todos os projetos de novos empreendimentos (loteamentos) são obrigados atualmente a manter as vazões pré-existentes.

No final de 2000, no Código de Obras de Guarulhos (Guarulhos, 2000) foi introduzido um artigo que estabelece a obrigatoriedade de detenção para controle de inundações em áreas superiores a 1 ha.

Estas legislações já são resultado de várias ações realizadas no meio técnico nos últimos anos como:

- carta de Recife da ABRH (Associação Brasileira de Recursos Hídricos) de 1995;
- aumento significativo de artigos e publicações, palestras sobre a nova concepção em drenagem;
- o aumento da frequência das inundações urbanas;
- mudança no *curriculum* das escolas de engenharia (ainda que em poucas universidades).

A grande dificuldade de implementar o controle na fonte da drenagem urbana reside:

- na resistência de profissionais desatualizados;
- falta de capacidade técnica dos municípios para atuar na fiscalização e controle, de forma efetiva;
- a falta de tratamento de esgoto e de um sistema eficiente de limpeza urbana.

Proposta de política de controle da drenagem urbana

A política de controle da drenagem urbana envolve dois ambientes: externo à cidade e o interno à cidade. Na Figura 5, pode-se observar de forma esquemática a caracterização institucional dos elementos que podem permitir o gerenciamento dos controles da drenagem urbana.

Existe uma grande inter-relação entre os elementos de uso do solo, controle ambiental e recursos hídricos tanto internamente na cidade como no Plano da Bacia Hidrográfica. Como figurado, o gerenciamento da cidade é controlado monitorando o que ela exporta para o restante da bacia, induzindo a mesma ao seu controle interno, utilizando-se dos meios legais e financeiros.

O processo interno dentro da(s) cidade(s) é uma atribuição essencialmente do município ou de consórcios de municípios, dependendo das características das bacias urbanas e seu desenvolvimento.

A seguir são destacados os elementos principais institucionais dos dois ambientes.

Controle externo às áreas urbanas

O mecanismo previsto na legislação brasileira para o gerenciamento externo das cidades é o Plano de Recursos Hídricos da Bacia. No entanto, dificilmente no referido Plano será possível elaborar o Plano de Drenagem de cada cidade contida na bacia. O Plano deveria estabelecer as metas que as cidades devem atingir para que o rio principal e seus afluentes atinjam níveis ambientalmente adequados de qualidade da água. O Plano de Drenagem Urbana deve obedecer os controles estabelecidos no Plano da bacia no qual estiver inserido.

Os mecanismos de indução básicos para este processo são: a) institucional e b) econômico financeiros.

A legislação - Atualmente a legislação prevê a outorga para efluentes. Desta forma, poderiam ser estabelecidos dois mecanismos básicos:

- a. definição de normas e critérios para outorga de efluentes que alterem a qualidade e quantidade de águas provenientes de áreas urbanas; Por exemplo:

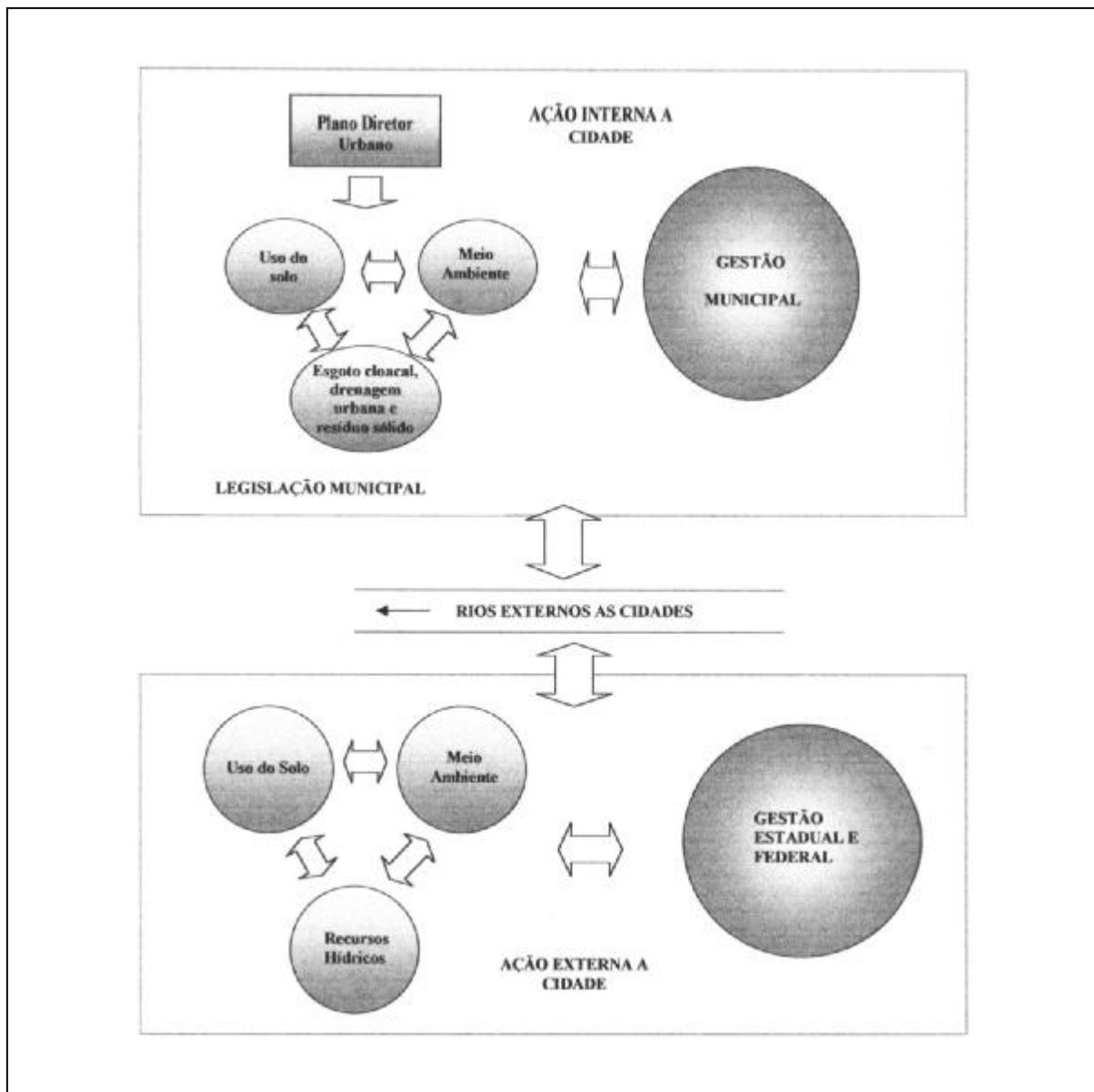


Figura 5. Política de controle do ciclo da água das cidades.

Art. (?) É de responsabilidade da (?) a definição de critérios e normas quanto a alterações na quantidade e qualidade da água pluvial proveniente de áreas urbanas.

Art (?) A outorga dos esgotos cloacais, pluviais e disposição dos resíduos sólidos dos municípios deve ser precedido dos Planos Integrados de Esgotamento Sanitário, Resíduos Sólidos e Drenagem Urbana do município visando o atendimento das exigências do artigo (?) deste decreto.

- b. o segundo componente se refere ao mecanismo para atingir estes objetivos. Este mecanismo deve ser um *Plano Integrado de Esgotamento Sanitário, Drenagem Urbana e Resíduo Sólido*. Não é possível imaginar um planejamento setorial já que os aspectos citados estão intimamente ligados. Por exemplo,

Parágrafo 1º Para as cidades com mais de 200.000 (a ser melhor definido) habitantes o plano deverá ser concluído no máximo em 5 anos. Para as

demais cidades o plano deverá ser concluído em até 10 anos.

Parágrafo 2º O acompanhamento da implementação dos Planos ficará a cargo do comitê das bacias hidrográficas.

O texto acima não passou por uma revisão jurídica adequada e deve servir como orientação apenas do conteúdo técnico.

Financiamento - Os elementos de indução para os municípios seriam os seguintes:

- o comitê de bacia subsidiaria parte dos recursos para elaboração dos Planos;
- criar um fundo econômico para financiar as ações do Plano previsto para as cidades. O ressarcimento dos investimentos seria através das taxas municipais específicas para esgotamento sanitário, resíduo sólido e drenagem urbana, este último baseado na área impermeável das propriedades. O Plano deveria induzir a transparência destes mecanismos dentro do município.

PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA

A estrutura básica do Plano é baseada nos Fundamentos do Plano: nos elementos do seu desenvolvimento, nos produtos que serão gerados e nos programas a curto e médio prazo.

Informações - O Plano de Drenagem Urbana é desenvolvido com base num conjunto de informações relacionadas de acordo com o seguinte (Figura 6):

- cadastro da rede pluvial, bacias hidrográficas, uso e tipo de solo das bacias, entre outros dados físicos;
- planos: Plano de Desenvolvimento urbano da cidade, Plano de Saneamento ou esgotamento sanitário, Plano de Controle dos Resíduos Sólidos e Plano Viário. São Planos que apresentam interface importante com a Drenagem Urbana. Quando os planos de Água e Saneamento e Resíduos sólidos são desenvolvidos de forma integrada, as interfaces entre estes elementos devem ser destacadas;
- aspectos institucionais: legislação municipal relacionada com o Plano Diretor Urbano e meio ambiente; Legislação estadual de recursos hídricos e Legislação federal; Gestão da drenagem dentro do município;

- dados hidrológicos: precipitação, vazão, sedimentos e qualidade da água do sistema de drenagem.

O ideal é que este conjunto de informações esteja informatizado através de um SIG (Sistema Geográfico de Informações) e banco de dados.

Fundamentos - São elementos definidores do Plano, como os princípios, objetivos, estratégias, cenários e riscos; sub-divisão da cidade em sub-bacias e sua compatibilização com o sistema de administração da mesma para a gestão da drenagem; e um diagnóstico do conjunto da drenagem urbana da cidade e suas interfaces.

Princípios - Os princípios a seguir caracterizados visam evitar os problemas descritos no capítulo anterior. Estes princípios são essenciais para o bom desenvolvimento de um programa consistente de drenagem urbana.

1. Plano de Drenagem Urbana faz parte do Plano de Desenvolvimento Urbano e Ambiental da cidade. A drenagem faz parte da infra-estrutura urbana, portanto deve ser planejada em conjunto com os outros sistemas, principalmente o plano de controle ambiental, esgotamento sanitário, disposição de material sólido e tráfego.
2. O escoamento durante os eventos chuvosos não pode ser ampliado pela ocupação da bacia, tanto num simples loteamento, como nas obras de macrodrenagem existentes no ambiente urbano. Isto se aplica a um simples aterro urbano, como à construção de pontes, rodovias, e à impermeabilização dos espaços urbanos. O princípio é de que *cada usuário urbano não deve ampliar a cheia natural*.
3. Plano de controle da drenagem urbana deve contemplar as bacias hidrográficas sobre as quais a urbanização se desenvolve. As medidas não podem reduzir o impacto de uma área em detrimento de outra, ou seja, *os impactos de quaisquer medidas não devem ser transferidos*. Caso isso ocorra, deve-se prever medidas mitigadoras.

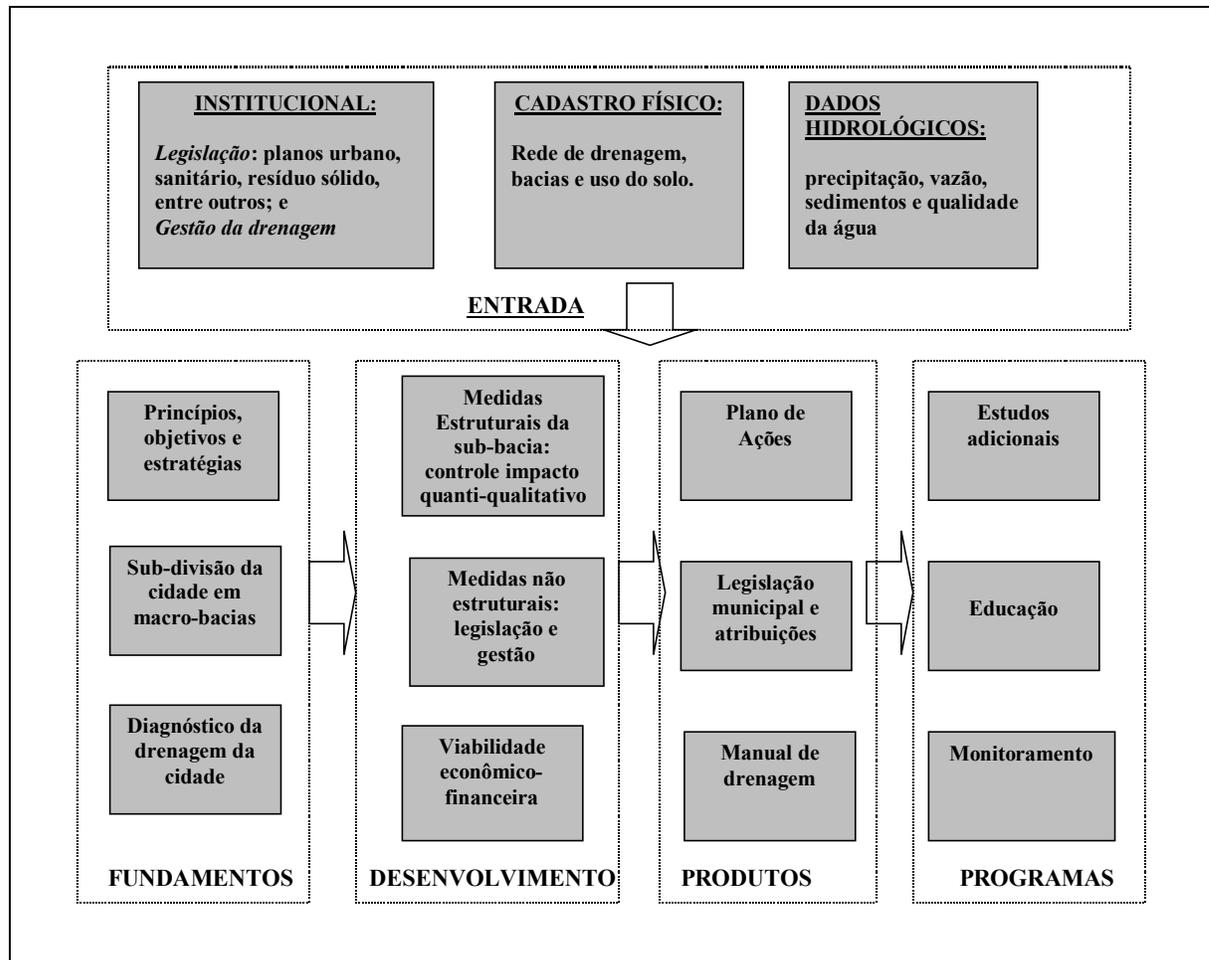


Figura 6. Estrutura do plano diretor de drenagem urbana.

4. Plano deve prever a *minimização do impacto ambiental devido ao escoamento pluvial* através da compatibilização com o planejamento do saneamento ambiental, controle do material sólido e a redução da carga poluente nas águas pluviais que escoam para o sistema fluvial externo à cidade.
5. Plano Diretor de Drenagem urbana, na sua regulamentação, deve contemplar o planejamento das áreas a serem desenvolvidas e a densificação das áreas atualmente loteadas. Depois que a bacia, ou parte dela, estiver ocupada, dificilmente o poder público terá condições de responsabilizar aqueles que estiverem ampliando a cheia, portanto, se a ação pública não for realizada preventivamente através do gerenciamento, as conseqüências econômicas e sociais futuras serão muito maiores para todo o município.
6. O controle de enchentes é realizado através de medidas estruturais e não-estruturais, que, dificilmente, estão dissociadas. As medidas estruturais envolvem grande quantidade de recursos e resolvem somente problemas específicos e localizados. Isso não significa que esse tipo de medida seja totalmente descartável. A política de controle de enchentes, certamente, poderá chegar a soluções estruturais para alguns locais, mas dentro da visão de conjunto de toda a bacia, onde estas estão racionalmente integradas com outras medidas preventivas (não-estruturais) e compatibilizadas com o esperado desenvolvimento urbano. *O controle deve ser realizado considerando a bacia como um todo e não trechos isolados.*

7. *Valorização dos mecanismos naturais de escoamento* na bacia hidrográfica, preservando, quando possível os canais naturais.
8. *Integrar o planejamento setorial* de drenagem urbana, esgotamento sanitário e resíduo sólido.
9. Os meios de implantação do controle de enchentes são o Plano Diretor Urbano, as Legislações Municipal/Estadual e o Manual de Drenagem. O primeiro estabelece as linhas principais, as legislações controlam e o Manual orienta.
10. O controle permanente: *o controle de enchentes é um processo permanente*; não basta que se estabeleçam regulamentos e que se construam obras de proteção; é necessário estar atento as potenciais violações da legislação na expansão da ocupação do solo das áreas de risco. Portanto, recomenda-se que:
 - nenhum espaço de risco seja desapropriado se não houver uma imediata ocupação pública que evite a sua invasão;
 - a comunidade tenha uma participação nos anseios, nos planos, na sua execução e na contínua obediência das medidas de controle de enchentes.
11. A educação: a educação de engenheiros, arquitetos, agrônomos e geólogos, entre outros profissionais, da população e de administradores públicos é essencial para que *as decisões públicas sejam tomadas conscientemente por todos*.
12. O custo da implantação das medidas estruturais e da operação e manutenção da drenagem urbana devem ser transferido aos proprietários dos lotes, proporcionalmente à sua área impermeável, que é a geradora de volume adicional, com relação as condições naturais.
13. O conjunto destes princípios prioriza o *controle do escoamento urbano na fonte* distribuindo as medidas para aqueles que produzem o aumento do escoamento e a contaminação das águas pluviais.

Objetivos - O Plano Diretor de Drenagem Urbana tem o objetivo de criar os mecanismos de gestão da infra-estrutura urbana relacionado com o escoamento das águas pluviais e dos rios na área urbana da cidade. *Este planejamento visa evitar perdas econômicas, melhoria das condições de saúde e meio ambiente da cidade.*

O Plano Diretor de Drenagem Urbana tem como meta buscar:

- planejar a distribuição da água no tempo e no espaço, com base na tendência de ocupação urbana compatibilizando esse desenvolvimento e a infra-estrutura para evitar prejuízos econômicos e ambientais;
- controlar a ocupação de áreas de risco de inundação através de restrições nas áreas de alto risco e;
- convivência com as enchentes nas áreas de baixo risco.

Cenários de desenvolvimento - Geralmente os cenários variam em função dos seguintes componentes: a) condições atuais; b) Plano Diretor Urbano (PDDU); c) tendencial; d) máximo.

O atual permite identificar a situação existente de ocupação. Caso forem obedecidas as medidas não-estruturais, passaria a ser o cenário de projeto.

O PDDU - Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano em vigor na cidade estabelece diferentes condicionantes de ocupação urbana para a cidade. Admitindo-se que será obedecido, este seria o cenário máximo. Neste caso as medidas não-estruturais teriam efeito mínimo sobre os futuros desenvolvimentos.

O tendencial identifica o cenário urbano para o horizonte de projeto com base nas tendências existentes. Nos cenários anteriores não é definido o horizonte de projeto (a data para o qual o Plano foi realizado).

A ocupação máxima: envolve a ocupação máxima de acordo com o que vem sendo observado em diferentes partes da cidade que se encontram neste estágio. Este cenário representa a situação que ocorrerá se o PDD não for obedecido e as medidas não-estruturais não forem implementadas.

Risco de projeto - As medidas estruturais são planejadas para controle dos impactos do cenário adotado nas diferentes bacias urbanas baseado num risco ou probabilidade relacionada com os eventos hidrológicos. A definição do risco envolve um compromisso entre segurança e custos das obras.

A maioria das estimativas de vazão para um tempo de retorno (ou a probabilidade), que caracterizam o risco, são obtidas com base na precipitação que ocorre sobre a bacia. O tempo de re-

torno, neste caso é o da precipitação e não necessariamente da vazão. Portanto o risco final se refere a ocorrência da precipitação associada às condições do modelo hidrológico utilizado.

Na literatura (ASCE, 1992; Wilken, 1978) existem vários manuais e livros que definem os riscos adequados de acordo com o tipo de ocupação urbana, onde nitidamente os riscos menores (menor tempo de retorno, 2 a 5 anos) ficam para a microdrenagem e os riscos maiores (10 a 100 anos) para a macrodrenagem. A definição do risco também pode variar de acordo com a capacidade econômico financeira da comunidade, da frequência de ocorrência e magnitude dos eventos. Em regiões tropicais os eventos de intensidade de precipitação podem possuir uma magnitude muito superior aos de outras regiões (Tucci e Porto, 2000). Por exemplo, a precipitação com 1 hora e 50 anos de tempo de retorno em Porto Alegre é um pouco superior a precipitação de 5 anos em Manaus para a mesma duração.

A escolha do risco está relacionada com: a) avaliação econômica, ou seja o risco que melhor atende a relação entre os benefícios do controle e o custo de implementá-lo; b) definições de ordem de segurança; ou c) sociais.

Estratégias - As estratégias do Plano estão relacionadas aos outros Planos ou infra-estruturas existentes na cidade. A seguir são apresentadas estratégias utilizadas no Plano Diretor de Drenagem Urbana de Porto Alegre relacionadas as medidas de controle e ao meio ambiente.

Quanto ao Desenvolvimento do Plano - O Plano Diretor de Drenagem Urbana foi desenvolvido segundo duas estratégias básicas:

- Para as áreas não-ocupadas: desenvolvimento de medidas não-estruturais relacionadas com a regulamentação da drenagem urbana e ocupação dos espaços de risco visando conter os impactos de futuros desenvolvimentos. Estas medidas buscam transferir o ônus do controle das alterações hidrológicas devido à urbanização para quem efetivamente produz as alterações.
- Para as áreas que estão ocupadas o Plano desenvolveu estudos específicos por macro bacias urbanas visando planejar as medidas necessárias para o controle dos impactos dentro destas bacias, sem que as mesmas transfiram para jusante os impactos já existentes. Neste planejamento foi priorizado o uso de armazenamento temporário através de detenções.

Quanto ao cenário e riscos dos Planos de bacia - No estudo do plano de medidas de controle em cada bacia é necessário definir o cenário e o risco das precipitações de planejamento.

O cenário escolhido para planejamento foi o PDDU (considerando as alterações já existentes na bacia) com medidas estruturais devido ao seguinte: a) O planejamento para o cenário atual com as medidas não-estruturais pressupõe que as mesmas passam a funcionar na data em que foram realizados os levantamentos da bacia. O que não é verdade, já que haverá um tempo entre a finalização destes estudos e a aprovação da regulamentação; b) O cenário escolhido é o patamar superior de intervenções, pois pressupõe que as medidas de regulamentação poderão demorar a serem adotadas; c) quando a regulamentação proposta for aprovada, as dimensões das alternativas serão revistas a nível de projeto; d) a folga potencial neste caso, pode ser utilizada para o controle ambiental.

O risco de 10 anos de tempo de retorno foi escolhido para dimensionamento da macrodrenagem com base numa avaliação qualitativa dos impactos econômico das medidas de controle. Geralmente, os maiores custos dos prejuízos das inundações encontram-se nas inundações com alto risco (baixo tempo de retorno), devido a sua grande frequência de ocorrência. Desta forma o benefício de uso de medidas de controle para riscos baixos (alto tempo de retorno) podem representar grandes custos e não apresentam um benefício médio alto.

Quanto ao controle ambiental - Com relação ao controle ambiental, caracterizado pela qualidade da água do escoamento pluvial, material sólido transportado pela drenagem e a contaminação da água subterrânea, as estratégias foram as seguintes:

- Para as áreas onde não existe rede de esgoto cloacal ou existe grande quantidade de ligações de efluentes cloacais na rede pluvial, as medidas de controle priorizaram o controle quantitativo. Este tipo de medida utiliza a detenção apenas para o volume excedente da capacidade de drenagem atual, evitando que o escoamento em estiagem e o volume da primeira parte do hidrogra-

ma contamine as detenções. Estas áreas de armazenamento são mantidas a seco durante o ano e somente nos eventos com tempo de retorno acima de 2 anos são utilizadas.

- O Plano previu que após a rede cloacal estar implementada é possível modificar a distribuição da vazão junto as detenções, retendo o início do escoamento superficial, que transporta a maior carga poluente. Desta forma a detenção contribui para redução da carga para jusante do sistema de drenagem.

Para o controle da contaminação dos aquíferos e o controle de material sólido deverão ser criados programas de médio prazo visando a redução desta contaminação através de medidas distribuídas pela cidade.

Desenvolvimento - O Planejamento das medidas se baseia no seguinte:

Medidas não – estruturais: através da legislação ou da regulamentação da legislação existente deve-se buscar introduzir os princípios estabelecidos para o Plano. Estes elementos legais são estabelecidos para os futuros desenvolvimentos na cidade. Os desenvolvimentos podem ser:

- densificação: que representa a construção em lotes ou áreas anteriormente parceladas na cidade. Neste caso, os impactos das áreas públicas já ocorreram e o controle passa a ser sobre a ocupação dos lotes;
- parcelamentos ou loteamentos: quando são propostos novos parcelamentos do solo urbano para construção de residências, áreas comerciais e industriais.

Dentro do contexto deste desenvolvimento as principais medidas não-estruturais são:

- limite da vazão da saída do novo empreendimento. Para o caso de lotes, deve-se estabelecer um tamanho mínimo para esta obediência ou deixar para a Prefeitura a avaliação para lotes menores (por exemplo, 600 m²) e para habitação unifamiliar;
- estabelecer padrões de volume para sistema de detenção para empreendimentos de áreas menores (por exemplo < 100 ha). Este tipo de regulação permite facilitar a implementação das medidas;

- definição clara da faixa de domínio das áreas urbanas;
- para as áreas ribeirinhas o uso do solo é definido com base em faixas de riscos definidos (Tucci, 1993).

Medidas estruturais - Em cada sub-bacia urbana são determinados os locais onde a drenagem não tem capacidade de escoamento e produz inundações para o cenário e risco escolhido. O Plano deve apresentar solução para evitar que eventos deste tipo ocorram. As etapas usuais são as seguintes: a) avaliação da capacidade de drenagem existente; b) a identificação dos locais críticos, onde ocorrem inundações para o cenário e riscos definidos; c) o estudo de alternativas para controle destas inundações; d) avaliação econômica; e) avaliação ambiental.

Para as *áreas ribeirinhas* não protegidas atualmente poderá ser estabelecido o zoneamento de áreas de inundação, definindo-se zonas de alto e baixo risco de ocupação, e critérios de construção no código de obras da cidade.

Avaliação econômica - Possui dois componentes neste Plano: a) avaliação econômica das alternativas das medidas estruturais. Neste caso, é avaliado o custo das obras e seus benefícios; b) mecanismos de financiamento das obras e da manutenção da rede de drenagem.

A distribuição dos custos do controle de inundações devem ser definidos de acordo com o tipo de inundação: a) Para as *áreas ribeirinhas*, a principal causa dos impactos se deve a ocupação da população em áreas de riscos. Neste caso, o beneficiário e o agente causador são os mesmos e o rateio dos custos deve ser realizado entre os beneficiários; b) para inundação *na drenagem urbana* os beneficiários são os que sofrem a inundação e se encontram nos trechos de jusante. No entanto, os agentes causadores encontram-se em toda a bacia a montante da sub-bacia. Portanto, o rateio de custos deve ser distribuído pelos proprietários da bacia, de acordo com a sua área impermeável.

Na drenagem urbana os custos são devido a:

- *Implementação das obras* de macrodrenagem e outras medidas estruturais para controle dos impactos existentes na cidade. Estes custos estão distribuídos pelas bacias hidrográficas, através do Plano de cada bacia. Além disso, este custo ocorre quando da sua implementação.

- *Custos de operação* do sistema de drenagem existente da rede de pluvial, que envolve a limpeza, manutenção dos condutos e solução de problemas localizados. Este custo deve ser distribuído pelos usuários da rede de drenagem.

O princípio básico do financiamento das ações da drenagem urbana é o de distribuir os custos de acordo com as áreas impermeáveis não controladas da propriedade. A distribuição dos custos da implantação da drenagem propostos neste Plano são baseados no seguinte:

Obras de controle - Para as obras de controle planejadas em cada bacia, os custos de sua implantação devem ser distribuídos dentro de cada bacia planejada de acordo com a área impermeável de cada propriedade a partir de um valor total cobrado pelo período estimado de implantação da mesma ou seu financiamento. A população das bacias onde a impermeabilização é maior e, portanto, com condições mais críticas de drenagem deverá pagar quantias maiores.

Operação e manutenção - O custo referente a operação e manutenção da rede de drenagem urbana. Este custo pode ser cobrado através de: a) como parte do orçamento geral do município, sem uma cobrança específica dos usuários; b) através de uma taxa fixa para cada propriedade, sem distinção de área impermeável; c) baseada na área impermeável de cada propriedade. Esta última alternativa é a mais justa sobre vários aspectos, na medida em que quem mais utiliza o sistema deve pagar proporcionalmente ao volume que gera de escoamento.

A principal dificuldade no processo de cobrança está na estimativa real da área impermeável de cada propriedade. O seguinte procedimento pode ser utilizado:

- utilizar a área construída de cada propriedade projetada para o plano da área do terreno como a área impermeável. Este valor não é o real, pois o espaço impermeabilizado tende a ser maior em função dos pavimentos;
- estabelecer um programa de avaliação da área impermeável com base em imagem de satélite e verificação por amostragem através de visita local.

O rateio dos custos se baseia no seguinte:

- para cada bacia, no primeiro caso, e para a cidade deve ser estimada a área total impermeabilizada na bacia, a área total e o custo total da intervenção ou da operação e manutenção;
- no Anexo A é apresentada a metodologia de rateio de custo para as áreas não-controladas baseado no volume de escoamento gerado em cada superfície. O cálculo do custo de operação e manutenção deve ser calculado com base no custo de operação total da cidade, pois as diferenças geográficas não são significativas e a separação de custo operacional por bacias é mais complexo.

Produtos - Os produtos do Plano são os seguintes:

- Legislação e/ou Regulamentação que compõem as medidas não-estruturais.
- Proposta de gestão da drenagem urbana dentro da estrutura municipal de administração.
- Mecanismo financeiro e econômico para viabilizar as diferentes medidas.
- Plano de controle das bacias hidrográficas urbanas: os estudos necessários de controle estrutural de cada sub-bacia da cidade.
- O Plano de Ações é o conjunto de medidas escalonadas no tempo de acordo com a viabilidade financeira.
- Manual de Drenagem: o manual de drenagem deve dar bases do Planos e todos os elementos necessários ao preparo dos projetos na cidade.

Programas - Os programas são os estudos complementares de médio e longo prazo que são recomendados no Plano visando melhorar as deficiências encontradas na elaboração do Plano desenvolvido.

Alguns dos programas propostos nos Planos de Porto Alegre e Curitiba foram:

Monitoramento: os programas de monitoramento previstos foram:

- Monitoramento de bacias representativas da cidade.
- Monitoramento de áreas impermeáveis.
- Monitoramento de resíduos sólidos na drenagem.

- Revisão do Cadastro do sistema de drenagem.

Estudos complementares: os estudos identificados foram os seguintes:

- Avaliação econômica dos riscos.
- Revisão dos parâmetros hidrológicos.
- Metodologia para estimativa da qualidade da água pluvial.
- Dispositivos para retenção do material sólido nas detenções.
- Verificação das condições de projeto dos dispositivos de controle da fonte.

Manutenção: Devido ao uso de dispositivos de controle distribuídos pela cidade o programa de manutenção deverá ser eficiente para manter as condições de controle ao longo do tempo.

Educação: a educação envolve os seguintes programas:

- Atualização dos engenheiros de drenagem urbana.
- Arquitetos e engenheiros que projetam obras na cidade.
- Gestores urbanos.
- Educação a população.

CONCLUSÃO

A avaliação dos impactos do desenvolvimento urbano sobre a bacia hidrográfica e sobre a própria população mostra a forma insustentável com vem ocorrendo este desenvolvimento.

Caso não sejam realizadas mudanças substanciais na forma de gerenciar o espaço das cidades o prejuízo para população e para o ambiente podem se tornar irreversíveis. Esta herança será transferida para as próximas gerações e seremos lembrados principalmente pela nossa irresponsabilidade em não conter este tipo de desenvolvimento.

Este trabalho procura destacar os problemas e apresentar soluções que estão sendo encaminhadas em duas metrópoles brasileiras, Porto Alegre e Curitiba. No entanto, a realidade brasileira necessita que mais profissionais se conscientizem do problema e busquem trabalhar para alterar esta realidade com elementos como os apresentados e avancem na melhoria e nas suas alterações.

A ação coordenada entre os poderes públicos, estaduais, federais e municipais é essencial para encontrar um caminho viável legal institucional e econômico. Este trabalho procura introduzir estes vários aspectos dentro de uma visão de gerenciamento institucional, econômico e ambiental. Em

artigo posterior são apresentados os elementos básicos de regulamentação de apoio às idéias aqui apresentadas.

ANEXO A

Rateio dos custos de operação e manutenção da rede

O custo unitário uniforme seria:

$$C_u = \frac{C_t}{A_b} \text{ (R\$/m}^2\text{)} \quad (1)$$

onde A_b é a área da bacia em km^2 e C_t , custo total em R\$ milhões.

A área da bacia pode ser sub-dividida em:

$$100 = A_p + A_i \quad (2)$$

para A_p , parcela de áreas permeáveis (%); A_i , parcela de áreas impermeáveis (%).

Numa área urbana as áreas impermeáveis podem ser desdobradas na expressão:

$$A_i = \alpha i_m + \beta i_l \quad (3)$$

onde α é a parcela da área com arruamentos e logradouros públicos, como parques e praças; i_m é a parcela impermeável desta área (%); β é a parcela da área ocupada pelos lotes urbanos; i_l é a parcela de impermeabilização do lote. Neste caso, $\beta = 1 - \alpha$. A equação acima fica:

$$A_i = \alpha \cdot i_m + (1 - \alpha) i_l \quad (4)$$

O valor de α usualmente varia de 0,25 a 0,35 da área loteada. Considerando $\alpha = 0,25$, distribuindo 15% para ruas e 10% para praças, sendo que como as ruas possuem 100% de áreas impermeáveis e as praças próximo de zero, resulta para:

$$i_m = (0,15 \times 100 + 0 \times 0,10) / 0,25 = 60\%$$

A Equação (4) fica:

$$A_i = 15 + 0,75 \cdot i_l \quad (5)$$

O princípio da taxa de cobrança da operação e manutenção da drenagem urbana é o da proporcionali-

dade com relação ao volume de escoamento superficial gerado. Considerando que as áreas impermeáveis possuem coeficiente de escoamento 0,95 e as áreas permeáveis 0,15 ($C_p = 0,15$ e $C_i = 0,95$), o volume gerado pelas áreas impermeáveis é 6,33 superior ao das áreas permeáveis. Desta forma o custo unitário de uma área permeável é:

$$C_{u_p} = \frac{0,95}{0,15} C_{u_i} = 6,33 C_{u_i} \quad (6)$$

onde o C_{u_i} é o custo unitário das áreas impermeáveis.

O custo total da operação e manutenção é igual:

$$C_t = \frac{A_b}{100} [C_{u_p} \cdot A_p + C_{u_i} \cdot A_i] \quad (7)$$

Utilizando as Equações (2) e (6) na Equação (7), resulta:

$$C_t = \frac{A_b \cdot C_{u_i}}{100} (15,8 + 0,842 \cdot A_i) \quad (8)$$

O custo unitário das áreas impermeáveis fica:

$$C_{u_i} = \frac{100 \cdot C_t}{A_b \cdot (15,8 + 0,842 \cdot A_i)} \quad (9)$$

onde C_{u_i} em R\$/m², para C_t em milhões; A_b em km². Conhecidos os valores de C_t , A_b e A_i da bacia total. O valor de C_{u_i} é fixado para a bacia ou para área total em questão.

O cálculo do custo a ser pago por propriedade fica:

$$T_x = \frac{A}{100} \cdot (C_{u_i} \cdot A_i + C_{u_p} \cdot A_p) \quad (10)$$

e:

$$T_x = \frac{A}{100} [C_{u_i} \cdot A_i + 0,158 C_{u_i} \cdot (100 - A_i)]$$

$$T_x = \frac{A \cdot C_{u_i}}{100} (15,8 + 0,842 \cdot A_i) \quad (11)$$

onde A é a área da propriedade em m² e A_i é a área impermeável da área A em %. A expressão de A_i pode ser obtida da Equação (5), substituindo na Equação (11) fica:

$$T_x = \frac{A \cdot C_{u_i}}{100} (28,43 + 0,632 i_1) \quad (12)$$

Para verificar a coerência desta equação, considere uma bacia onde a área impermeável total é de 40%. Para que a área total da bacia tenha 40% de áreas imper-

Tabela 8. Exemplo do rateio de custo baseado na área impermeável do lote.

Área impermeável %	Taxa anual para um terreno de 300 m ² R\$
5	26,86
10	29,59
20	35,04
30	40,49
40	45,94
50	51,39
60	56,84
70	62,29
80	67,74

meáveis, a área impermeável dos lotes terá $i_1 = 33,33\%$ e considerando $A = A_b$, utilizando as Equações (11) e (12), deve-se obter $T_x = C_t$.

Para exemplificar, considere o custo de R\$ 1.400,00/ha, numa bacia de 40% de área impermeável, o custo de manutenção de um lote de 300 m² é obtido utilizando inicialmente a Equação (8):

$$C_{u_i} = \frac{100 \times 0,14}{1 \times (15,8 + 0,842 \times 40)} = \text{R\$ } 0,283/\text{m}^2$$

onde $C_{u_p} = 0,283/6,33 = \text{R\$ } 0,045/\text{m}^2$.

Na Equação (11), resulta:

$$T_x = \frac{300 \times 0,283}{100} (28,43 + 0,642 i_1) = 24,137 \quad b + 0,545 \cdot i_1$$

Na Tabela 8 são apresentados valores deste caso.

Rateio dos custos para implementação das obras do plano de drenagem

Neste caso, o rateio de custos é distribuído apenas para as áreas impermeabilizadas, que aumentaram a vazão acima das condições naturais. Neste caso, a Equação (1) fica:

$$C_{u_p} = \frac{C_{t_p} \cdot 100}{A_b \cdot A_i} \quad (13)$$

onde C_{t_p} é o custo total de implementação do Plano.

O custo para cada área de lote urbanizado de $i_1\%$ é obtida pela expressão:

$$T_{x_p} = \frac{A_i \cdot C_{u_p} \cdot A}{100} \quad (14)$$

onde A_i é a distribuição das áreas impermeáveis em cada área, dada pela Equação (5), o que resulta:

$$T_{xp} = (15 + 0,75i_1) C_{up} \frac{A}{100} \quad (15)$$

Substituindo a Equação (13) resulta:

$$T_{xp} = \frac{A \cdot C_{tp} \cdot (15 + 0,75i_1)}{A_b \cdot A_i} \quad (16)$$

onde, como anteriormente, A_i é a área impermeável de toda a bacia em %; A é a área do terreno em m^2 ; A_b é a área da bacia em km^2 ; C_{tp} é o custo total em R\$ milhões; i_1 é a área impermeável do lote em %.

Para um lote sem área impermeável, a contribuição tarifária do proprietário se refere a parcela comum das ruas e fica:

$$T_{xp} = \frac{15 \cdot A \cdot C_{tp}}{A_b \cdot A_i} \quad (17)$$

Considere uma bacia que necessita R\$ 3 milhões de investimentos para o Plano Diretor. A área impermeável é de 40% e a área da bacia de 5 km^2 . A taxa a ser paga para um terreno de 300 m^2 para implantação das medidas na bacia é obtida por:

$$T_{xp} = \frac{300 \times 3}{5 \times 40} (15 + 0,75i_1) = 67,5 + 3,375 \cdot i_1 \quad (18)$$

Na Tabela 9 são apresentados os valores de acordo com a área impermeável do lote.

Tabela 9. Taxa para implementação do Plano Diretor da bacia para um lote de 300 m^2 .

Área impermeável %	Tx R\$
0	67,50
10	101,25
20	135,00
30	168,75
40	202,50
50	236,25
60	270,00
70	303,75
80	337,50

AGRADECIMENTOS

O conteúdo deste artigo é uma compilação da experiência obtida: no Plano Diretor para a cidade de Porto Alegre elaborado no Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS, de consultoria junto a empresa CH2MHill do Brasil para o Plano Diretor da Região Metropolitana de Curitiba, da empresa Magna Engenharia para a primeira fase do Plano Diretor de Drenagem Urbana de Belo Horizonte e do projeto PRONEX de Avaliação dos Impactos do

Escoamento Urbano em desenvolvimento no núcleo de Hidrologia Urbana do IPH/UFRGS.

O autor agradece aos anônimos revisores pela paciência e perseverança em corrigir este longo artigo e os seus vários erros originais. Somente a partir desta contribuição foi possível obter um resultado final adequado.

REFERÊNCIAS

- APWA (1969). *Water pollution aspects of urban runoff*. Water Quality Administration. (Water Pollution Control Research Series. Report N. WP-20-15).
- ASCE (1992). *Design and construction of urban stormwater management systems*. American Society of Civil Engineer, 753 p.
- AVCO (1970). *Stormwater pollution from urban activity*. Water Quality Administration. (Water Pollution Control Research Series. Report n° 11034 FKL).
- COLLISCHONN, W. e TUCCI, C. E. M. (1998). *Drenagem urbana e controle de erosão*. VI Simpósio Nacional de Controle da Erosão. 29/3 a 1/4 1998, Presidente Prudente, São Paulo.
- COLSON, N. V. (1974). *Characterization and treatment of urban land runoff*. EPA. 670/2-74-096.
- DEP (1993). *Concurso Arroio Dilúvio*. Edital 01/93. Prefeitura Municipal de Porto Alegre, Departamento de Esgotos Pluviais. 12p.
- GUARULHOS (2000). *Código de obras do município de Guarulhos* Lei 5617 de 9 de novembro de 2000, Município de Guarulhos.
- IBGE (1998). *Anuário estatístico do Brasil – 1997*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, 1998 (CD-ROM).
- IDE, C. (1984). *Qualidade da drenagem pluvial urbana*. Porto Alegre: UFRGS - Curso de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento 137 f. Dissertação (mestrado).
- IPH (2000). *Plano Diretor de Drenagem Urbana de Porto Alegre*. DEP - Departamento de Esgotos Pluviais - PMPA. Instituto de Pesquisas Hidráulicas. 5 vols.
- LARGER, J.ª; SMITH, W. G.; LYNARD, W. G.; FINN, R. M. & FINNEMORE, E. J. (1977). *Urban stormwater management and technology: upadate and user's guide*. US EPA Report – 600/8-77-014 NTIS N. PB 275654.
- LEOPOLD, L. B. (1968). *Hydrology for urban planning - a guide book on the hydrologic effects on urban land use*. USGS circ. 554, 18 p.
- LLORET RAMOS, C.; HELOU, G. C. N. e BRIGHETTI, G. (1993). Dinâmica do transporte sólido nos rios Tietê e Pinheiros na região metropolitana de São Paulo. *Anais. X Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*. Gramado.

- MOTTA, R. & REZENDE, L. (1999). The impact of sanitation on waterborne diseases on Brazil in: Peter H. May (org.) *Natural Resource Valuation and Policy in Brazil: Methods and Cases*, p.174-187 New York Columbia University Press.
- MPO-SEPURB-IPEA (1998). *Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS - Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos - 1997*. Ministério do Planejamento e Orçamento - MPO, Secretaria de Política Urbana - SEPURB, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - IPEA. Brasília, novembro de 1998, 226 p.
- NAKAE, T. e BRIGHETTI, G. (1993). Dragagem a longa distância aplicada ao desassoreamento da calha do rio Tietê. *Anais. X Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*. Gramado.
- OLIVEIRA, M. G. B. e BAPTISTA, M. B. (1997). Análise da evolução temporal da produção de sedimentos na bacia hidrográfica da Pampulha e avaliação do assoreamento do reservatório. *Anais. XII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos - ABRH*. Vitória.
- PMBH (1996). *Plano Diretor Urbano*. Prefeitura Municipal de Belo Horizonte.
- PMPA (2000). *Segundo plano de desenvolvimento urbano e ambiental de Porto Alegre*. Prefeitura Municipal de Porto Alegre.
- RAMOS, M. M. G. (1998). *Drenagem urbana: aspectos urbanísticos, legais e metodológicos em Belo Horizonte*. Dissertação de Mestrado Escola de Engenharia Universidade Federal de Minas Gerais.
- ROESNER, L. A. & TRAINA, P. (1994). Overview of federal law and USEPA regulations for urban runoff. *Water Science & Technology*, vol. 29, n^o1-2, p.445-454.
- SCHUELLER, T. (1987). *Controlling urban runoff: a practical manual for planning and designing urban BMPs*.
- SILVEIRA, A. L. L. (1999). *Impactos hidrológicos da urbanização em Porto Alegre*. 4^o Seminário de Hidrologia Urbana e Drenagem. Belo Horizonte ABRH.
- TUCCI, C. E. M. (1993). *Hidrologia: ciência e aplicação*. EDUSP, Editora da UFRGS, ABRH, 952 p.
- TUCCI, C. E. M., GENZ, F. (1994). Medidas de controle de inundações. In: *Estudos Hidrossedimentológicos do Alto Paraguai*, IPH/MMA.
- TUCCI, C. E. M. & PORTO, R. L. (2000). Storm hydrology and urban drainage. In: Tucci, C. *Humid Tropics Urban Drainage*, cap. 4. UNESCO.
- WEIBEL, S. R.; ANDERSON, R. J. e WOODWARD, R. L. (1964). Urban land runoff as a factor in stream pollution. *Journal Water Pollution Control Federation*. Washington, vol. 36, n^o 7, 914-924.
- WILKEN, P. (1978). *Engenharia de drenagem superficial*. São Paulo: CETESB
- WRI (1992). *World Resources 1992-1993*. New York: Oxford University Press, 385 p.
- WRIGHT, A. M. (1997). *Toward a strategic sanitation approach: improving the sustentability of urban sanitation in developing countries*. UNDP – World Bank, 38 p.

Urban Drainage Management

ABSTRACT

Brazilian urban management has produced a significant impact on the water resources infrastructure. One of the main impacts has occurred in urban drainage, in the form of increased frequency and magnitude of floods and environmental deterioration.

In order to control this impact, it is necessary to develop a series of actions organized in such a form as to seek to balance the development with the environmental conditions of the cities. This mechanism is the Master Drainage Plan integrated with the other sanitary sewerage and solid waste plans, and especially those of urban development.

This article presents the basic elements for the Master Drainage Plan and its compatibility within Brazilian reality, the main points being: basic principles of control; Plan structure, strategies, interfaces with the other financing plans and mechanisms.

These elements were presented for the Porto Alegre city Plan, with the first stage concluded and as proposals for the Plans of Metropolitan Regions of Curitiba and Belo Horizonte.

Keywords: urban drainage; management.