

Cobrança pela drenagem urbana de águas pluviais: bases conceituais

Vanessa Lucena Cançado
Nilo de Oliveira Nascimento
José Roberto Cabral

RESUMO: Este artigo avalia a possibilidade de criação de uma taxa de drenagem urbana objetivando o autofinanciamento do sistema. Como forma de individualização da cobrança e definição da taxa, utilizaram-se os custos médios de implantação e manutenção dos serviços. Foram avaliados o sistema clássico de drenagem e, como técnica alternativa, a caixa de detenção no lote. A magnitude dos valores a serem cobrados varia em função da superfície impermeabilizada e do adensamento da área urbana. A não execução de sistemas de macrodrenagem com preservação dos talwegues e construção de caixas de detenção no lote são opções de investimento mais baixo com menor ônus para os usuários.

PALAVRAS-CHAVE: Taxa de drenagem, cobrança, drenagem pluvial

ABSTRACT: This article evaluates the possibility of creating a tax for urban drainage in order to make the system self-financing. Average costs of implementation and maintenance of the services were used to individualize the charges and definition of the tax. The conventional drainage system was evaluated along with a source control alternative, water detention in tanks on the lot. The magnitude of the values being charged varies in function of the impermeable surface and the density of the urban area. Preserving creeks in natural conditions and using source control approach, are all options with the advantages of lower investment and smaller burden for the users.

KEY-WORDS: drainage rate, charging, rain drainage

INTRODUÇÃO

Verifica-se atualmente um processo de mudanças e discussões envolvendo as políticas urbanas no Brasil. Nos debates acerca do setor de saneamento, alguns temas são centrais: a propriedade dos prestadores, onde a possibilidade de privatização é presente; a escala mais adequada para implementação dos serviços, com destaque para as potencialidades da gestão local; e, com o elevado déficit do setor público, novas formas de financiamento do setor. Rediscutem-se os mecanismos de poupança compulsória para remuneração dos serviços, a magnitude e metodologia tarifária, parcerias público-privado, empréstimos via bancos de desenvolvimento e agências internacionais, criação de taxas etc.

No setor de drenagem urbana, ao lado, e no interior, do debate sobre novas tecnologias, de menor custo ou minimizadoras de im-

pactos ambientais, discutem-se formas alternativas de custeio dos serviços. O financiamento por meio do Tesouro municipal, principalmente através do Imposto sobre Propriedade Territorial Urbana-IPTU, esbarra na crescente restrição orçamentária do setor público, onde a drenagem urbana pode não ser percebida como prioridade política.

Neste cenário, ganham ênfase os possíveis benefícios da criação de uma taxa sobre a drenagem urbana. Embora sua adoção tenha complicadores pelas características da oferta e demanda no setor, existem ganhos de eficiência alocativa quando a cobrança está relacionada com o consumo individual pelos serviços. A taxa possibilita uma distribuição socialmente mais justa dos custos, onerando mais os usuários que utilizam mais o sistema.

Esse artigo apresenta simulações objetivando a criação de uma taxa sobre os serviços de drenagem urbana. A cobrança ocorre via custo médio de implantação e manutenção. A utilização do custo médio é uma forma de rateio dos custos do sistema entre seus usuários que possibilita a individualização do débito.

O artigo compõe-se desta introdução seguida de seis seções nas quais são apresentados aspectos conceituais e cenários de aplicação de uma taxa de drenagem e, finalmente, das referências bibliográficas. Na primeira seção, são apresentadas as bases conceituais e os princípios microeconômicos utilizados para subsidiar a criação da taxa. A base geográfica de cobrança - uma bacia hidrográfica hipotética cuja ocupação urbana segue parâmetros urbanísticos e demográficos da cidade de Belo Horizonte, capital do estado de Minas Gerais, no Brasil - é apresentada na segunda seção. Na terceira são definidos os custos de manutenção e implantação e a metodologia utilizada para encontrá-los. Na seção seguinte é feita a análise do custo médio do sistema de drenagem: custo por metro quadrado de área impermeabilizada, por lote e por domicílio. Além do sistema de drenagem clássico, na quinta seção é apresentada a utilização de uma tecnologia compensatória, a caixa de retenção no lote. E na sexta são feitas as considerações finais.

BASES CONCEITUAIS E PRINCÍPIOS MACROECONÔMICOS

Os serviços de drenagem possuem características de *bens públicos*, como a não excludência e a não rivalidade. Isto significa que não é possível excluir um agente de seu consumo: quando oferecido os serviços, todos podem e vão obrigatoriamente consumi-los. Além disso, nos limites do sistema, a demanda de um usuário não afeta a disponibilidade de outros. Sua oferta é feita em regime de *monopólio natural*. Há um único ofertante dos serviços e este apresenta economias de escala até o limite da capacidade do sistema.

Pelas técnicas que envolvem a drenagem urbana em rede, os serviços são ofertados na mesma “quantidade” para todos os beneficiários. Os indivíduos podem avaliá-los de maneira desigual ou usá-los em quantidades

distintas segundo as diferentes características e impermeabilização de suas propriedades, mas todos têm à sua disposição a mesma quantidade para consumo. Ressalte-se que a drenagem urbana é um bem essencial. Embora alguns o utilizem mais ou menos, é impossível deixar de usufruí-lo.

Normalmente bens e serviços essenciais, sem substitutos e que são ofertados por um único prestador apresentam demanda inelástica em relação ao preço: preços maiores não afetam significativamente as quantidades consumidas. Esta inelasticidade ocorre na drenagem urbana.

A provisão da drenagem envolve custos fixos elevados - essencialmente investimentos na implantação dos sistemas de drenagem -, e custos marginais pequenos, quase nulos. Nestas condições, um preço de eficiência econômica, aquele que se iguala ao custo marginal dos serviços, pode não ser capaz de cobrir os custos totais do sistema: o custo marginal tende a ser **menor** do que o custo médio. O ideal microeconômico de que a receita com a venda de uma unidade adicional de produto seja igual ao valor dos recursos que foram utilizados para produzi-la não permite a viabilidade financeira do empreendimento nesse caso.

Como solução, a tendência é que a administração pública defina um preço que permita o *break-even* da prestadora: produzir em um nível onde o preço se iguale aos custos médios de produção.

Funções da taxa sobre os serviços de drenagem

A definição adequada da taxa possibilita que esta cumpra algumas funções, o que depende do objetivo a ser alcançado com a receita auferida. Quatro funções principais podem ser enumeradas. Entre elas, a primeira e a segunda têm destaque neste trabalho (Andrade, 1998):

- a) Cobrir os custos de produção dos serviços e gerar recursos financeiros extras para a expansão dos mesmos: visa a sustentabilidade financeira do sistema de drenagem.
- b) Fazer adequadamente a ligação entre oferta e demanda com a sinalização para

o consumidor do valor dos serviços de drenagem. Esta função está associada à eficiência econômica. A cobrança específica pelo uso dos sistemas estimula ao uso mais “racional” do solo urbano e evita-se a impermeabilização desnecessária ou excessiva deste. Há maior consciência individual do impacto daquela propriedade nos custos envolvidos na drenagem do que em uma cobrança via impostos gerais.

- c) Remunerar o capital utilizado na produção. A receita gerada pela prestação dos serviços constitui parte da composição do capital a ser empregado no investimento e define a maior ou menor necessidade de recursos financeiros complementares.
- d) Ser instrumento de redistribuição de renda (Andrade & Lobão, 1996). No Brasil, uma das principais formas de “utilização social” da tarifa ou taxa sobre os serviços públicos ocorre por meio da concessão de subsídios dos usuários de maior poder aquisitivo para os de menor, assim como dos grandes para os pequenos usuários.

Se do ponto de vista econômico-financeiro, a taxa de drenagem apresenta funcionalidade, na ótica jurídica ela *atende ao princípio da boa política tributária, que consiste em repartir tanto quanto possível os ônus com aqueles que se beneficiam do serviço* (Bastos, 1994). Segundo a legislação, serviços prestados para uma pluralidade de pessoas, onde não é possível determinar qual seria a mais diretamente aquinhoadada, devem ser financiados pelos cofres públicos. São os casos da segurança pública ou da iluminação de praias. Por outro lado, se o beneficiário é passível de identificação deve-se cobrar diretamente dele. Esta cobrança pode ser por meio de tarifa ou taxa. A primeira opção é utilizada quando o serviço público implica alternativa, quando o indivíduo pode escolher entre usá-lo ou não. É o que ocorre nos serviços de transporte público ou telefonia. A segunda alternativa, a cobrança via taxa, está presente nos serviços públicos com utilização obrigatória pela população, independente de seu uso efetivo. Basta apenas que os serviços tenham sido disponibilizados à sociedade pela admi-

nistração pública. É o que ocorre com a drenagem urbana.

A **divisibilidade** aparece como a característica essencial dos serviços para que ocorra a sua individualização e, por conseguinte, a cobrança por meio de taxa ou tarifa. Embora o sistema de drenagem seja “imposto” à população, é possível identificar o usuário e estimar a contribuição de cada terreno no escoamento pluvial lançado às redes. A indivisibilidade ocorre na oferta e não na demanda.

Principais alternativas para a definição de uma taxa de drenagem

Nos próximos parágrafos, discutem-se, ainda que brevemente, algumas das principais alternativas para a definição de uma taxa de drenagem.

 **Preço igual ao custo marginal social:** Esta forma de cobrança define o preço igual ao custo marginal. Mas este não se restringe à mudança do custo de operação e manutenção com a variação no número de usuários. Os custos sociais decorrentes daquela atividade também são incorporados no cálculo, como o aumento da insegurança em relação ao risco de inundações ou a poluição da água ou as enchentes a jusante. As dificuldades de adoção de uma tarifa via custo marginal são as prováveis perdas financeiras incorridas pela prestadora dos serviços de drenagem (custo médio maior do que o custo marginal, mesmo o social), e a quantificação em termos monetários da ampla gama de custos incorporados ao cálculo da tarifa.

 **Preço igual ao benefício marginal:** Esta alternativa de cobrança ocorre para os bens públicos com consumo não rival e custo marginal bastante baixo ou nulo. A provisão do bem deve ocorrer, pois gera benefícios marginais positivos. Esta envolve custos fixos que precisam ser remunerados. A cobrança via benefício marginal aloca o bem de acordo com o retorno econômico para cada usuário. O seu preço efetivamente se iguala ao seu valor para o usuário. Essa alternativa tem complicadores relevantes. Primeiramen-

te é necessário conhecer os benefícios marginais individuais, o que encerra dificuldades. Como o consumo é não excludente, pois se trata de bens públicos, os indivíduos nem sempre estão dispostos a revelar o valor de seus benefícios a fim de pagarem menos ou nada pelo consumo do bem (*free-rider*) ou mesmo por desconhecimento. O resultado é uma arrecadação de recursos inferior à ótima que pode não ser suficiente para financiar a provisão do serviço. Nos serviços de drenagem urbana esta opção poderia ser utilizada em obras locais de controle de inundações quando os benefícios são melhores percebidos e os beneficiários estão mais sensíveis aos danos. No caso de uma cobrança generalizada e continuada pelos serviços tradicionais de drenagem para fins de financiamento haveria dificuldades para sua operacionalização e implementação.

Regra Ramsey ou regra de preços públicos¹: Esta regra, que pode ser utilizada em firmas multiproduto ou quando é feita uma discriminação de preços sobre serviços e/ou consumidores, possibilita a criação de uma estrutura de preços que leve à maximização do bem-estar social com a garantia de receita que cubra os custos. Segundo a regra de Ramsey, para se alcançar o objetivo financeiro e de eficiência, deve-se adicionar na cobrança via custo marginal um *mark-up* sobre este custo na proporção inversa da elasticidade-preço da demanda dos consumidores. Logo, quanto menor for a elasticidade-preço da procura pelo serviço, maior deve ser o preço cobrado em relação ao seu custo marginal. A alternativa de Ramsey, com qualidades financeiras e de eficiência econômica (evita-se o sobrelucro), pode ser ineficaz do ponto de vista social, pois elasticidades menores levam a tarifas maiores. Os usuários com menor nível de renda pagariam maiores tarifas pelos serviços públicos do que os de maior rendimento, pois, por terem me-

nores opções de consumo, usualmente possuem uma demanda menos elástica. O mesmo ocorreria com os serviços essenciais em relação aos supérfluos (Andrade, 1998). Além disso, é necessária a informação detalhada sobre as demandas individuais dos bens. As elasticidades-preço de demanda dos serviços de drenagem urbana são de difícil quantificação e não estão presentes no escopo deste trabalho.

Preço igual ao custo médio: No Brasil, onde praticamente inexistem informações precisas sobre a demanda dos serviços de drenagem, com análises de elasticidades e de benefícios marginais, e sem experiências de medição do consumo individual dos serviços e a sua cobrança, existem muitas dificuldades em se utilizar as alternativas anteriores – alternativas que contemplam primordialmente a eficiência econômica. Como solução *second-best* define-se uma taxa equivalente ao custo médio de produção, priorizando o financiamento do sistema com a recuperação dos custos associados ao mesmo. Este é o procedimento usual na cobrança dos serviços de abastecimento de água. Ao priorizar o financiamento, a eficiência é negligenciada, pois quaisquer que sejam os gastos, inclusive as perdas, estes são rateados entre os consumidores.

Preço igual ao custo marginal de longo prazo: O custo marginal de longo prazo, também chamado custo incremental médio de produção, é calculado como a média dos custos de expansão futura do sistema, por unidade adicional produzida. A cobrança pelo custo marginal de longo prazo garante os recursos financeiros para expansão do sistema e sinaliza o comportamento do custo de produção com a variação na quantidade produzida: se os custos marginais de expansão são crescentes (deseconomias de escala), o custo incremental médio também cresce, aumenta-se a receita e sinaliza-se para os consumidores o valor econômico crescente do bem ou serviço. Esta é uma alternativa eficaz quando, com o aumento

¹ Esta regra foi formulada inicialmente por Frank Ramsey em 1924.

da escala de produção, os custos marginais aumentarem de forma mais acelerada do que os custos médios. Uma desvantagem desta metodologia são as incertezas sobre os custos futuros do projeto, principalmente com o desenvolvimento tecnológico. Ademais, os custos marginais de drenagem são pequenos, o que torna o custo médio melhor parâmetro para a cobrança.

 **Preço igual ao custo médio de longo prazo:** Uma análise de longo prazo, com o custo médio, também é possível. Porém, quando não se contempla, nos projetos de drenagem, uma perspectiva de longo prazo, i.e., um horizonte de planejamento onde ocorrem mudanças no “tamanho” do sistema de drenagem, as metodologias de longo prazo não são adequadas quando o custo total é usado como base tarifária. Adaptá-las ao curto prazo é possível desde que se utilize apenas o custo de manutenção na definição da taxa (Souza, 1997). Analisa-se o comportamento do custo de manutenção e da área impermeabilizada ao longo do período de estudo, por exemplo, 30 anos, e a partir destas informações calcula-se o custo marginal e o custo médio de “longo prazo”. Essa metodologia, como a anterior, também é condicionada pelas incertezas sobre custos futuros, principalmente com o desenvolvimento tecnológico.

Definição da taxa

Nos parágrafos anteriores, foi apontado que uma cobrança pelos serviços que defina o preço igual ao custo marginal não é viável financeiramente na drenagem urbana. Mesmo em um espectro amplo deste custo, com a incorporação de custos **sociais** decorrentes da atividade de drenagem (insegurança em relação ao risco de inundações, poluição da água, enchente a jusante etc.), o preço via custo marginal pode implicar em perda financeira para o prestador dos serviços. Além disso, é grande a dificuldade para se estimar monetariamente esta ampla gama de custos. Conforme discutido, formas alternativas de precificação baseadas na teoria marginalista também não são adequadas.

Na cobrança por meio do benefício marginal há problemas para avaliar os verdadeiros benefícios do usuário, pois este tende a omiti-los. A regra de *Ramsey*, que adiciona ao custo marginal um *mark-up* na proporção inversa da elasticidade-preço da demanda dos consumidores, encerra dificuldades. Ela requer informações sobre as demandas individuais, o que praticamente não existe na drenagem. A definição de preços em análises de longo prazo, onde há mudanças também nos fatores fixos de produção, não estão presentes nas hipóteses deste trabalho. Portanto, na ausência de informações precisas sobre a demanda dos serviços de drenagem e sem experiências de medição do consumo individual e a sua cobrança, define-se uma taxa equivalente ao custo médio de produção, priorizando o financiamento do sistema.

Os custos do sistema de drenagem urbana para fins de financiamento utilizados neste trabalho são divididos em dois: implantação (micro e macrodrenagem) e manutenção (limpeza de bocas-de-lobo e redes de ligação, vistorias no canal e recuperação de patologias estruturais). A soma destes dois componentes do custo representa o custo total (*CT*) de prestação dos serviços. O custo em relação ao total da área impermeabilizada da bacia (*Cme*) é:

$$Cme = \frac{CT}{ai_{vias} + \sum ai_j} \quad (1)$$

sendo:

ai_{vias} = área impermeabilizada das vias;

ai_j = área impermeabilizada do imóvel j ;

$ai_{vias} + \sum ai_j$ = parcela do solo impermeabilizada na área coberta pelo sistema de drenagem.

A parcela de solo impermeabilizado é o determinante essencial no dimensionamento dos sistemas de drenagem e o grande responsável pela especificidade do escoamento urbano em relação ao escoamento gerado em um ambiente natural. Uma taxa incidente sobre a área impermeabilizada, além de cumprir a função de recuperação dos custos associados aos serviços, incorpora o componente econômico da cobrança, citado anteriormente na segunda função das taxas.

A taxa, linear, é definida como:

$$\text{Taxa de drenagem} = Cme \cdot ai_j \quad (2)$$

sendo:

Cme = custo médio do sistema por metro quadrado de área impermeável;

ai_j = área impermeabilizada do imóvel j .

Neste caso, o custo é rateado segundo as demandas individuais.

BASE GEOGRÁFICA DE COBRANÇA: BACIA HIPOTÉTICA

Para a definição de uma taxa sobre os serviços de drenagem criou-se uma bacia hidrográfica padrão como base geográfica para os estudos com área de 6,90 km² (Figura 1). Desse total, 1,43 km² corresponde a uma bacia rural a montante e 5,40 km² referem-se a uma bacia urbanizada a jusante. A parte urbanizada constituiu-se de 400 quarteirões de 10.000 m² cada um, com uma rua de fundo de vale com 35 metros de largura ao longo do talvegue prin-

cipal e vias transversais e paralelas a essa com 15 metros de largura.

Para desenvolver o projeto urbanístico da bacia virtual, adotou-se como referência a cidade de Belo Horizonte, capital do estado de Minas Gerais, Brasil. A escolha de Belo Horizonte, cidade com população de cerca de 2.300.000 habitantes, deveu-se, por um lado, à necessidade de atribuir um grau de realismo à bacia virtual, em termos de referencial legal de uso do solo, bem como demográfico, incluindo-se o nível de renda da população, e, por outro lado, à riqueza e à facilidade de acesso a dados e informações sobre essa cidade, a maior parte deles obtidos por meio de internet (e.g.: www.pbh.gov.br).

O parcelamento da bacia segue os padrões do município de Belo Horizonte com a utilização, como referência, dos parâmetros da Lei de Parcelamento, Ocupação e Uso do Solo - Lei. 7166 - (Belo Horizonte, 1996) e a frequência de tamanho de lotes na cidade. Desta forma, obteve-se um total de 8.240 lotes. A Figura 2 mostra a frequência de lotes na bacia, segundo a área.

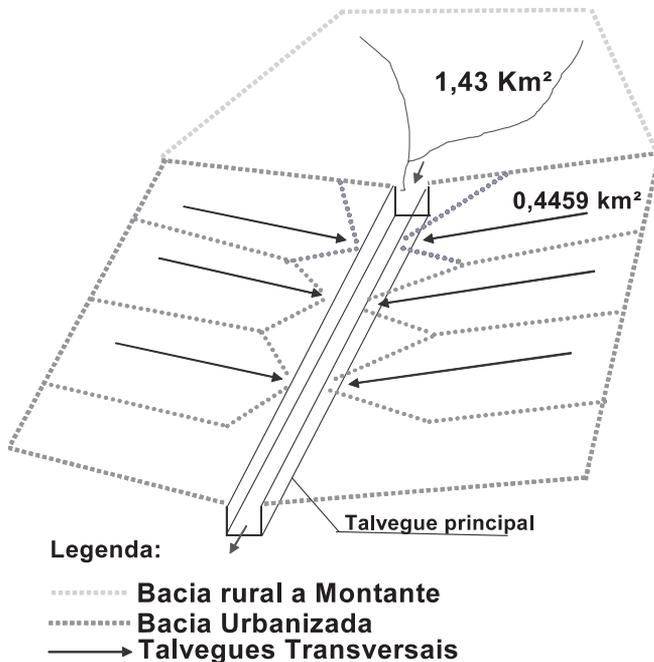


Figura 1. Bacia hidrográfica hipotética

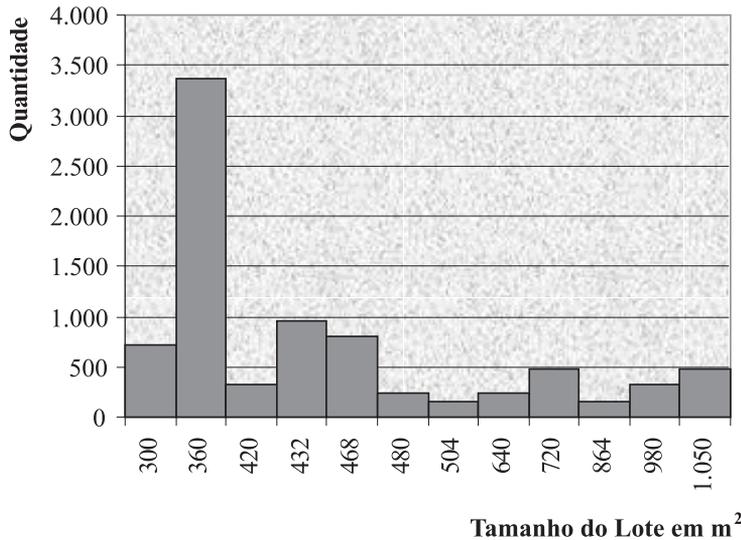


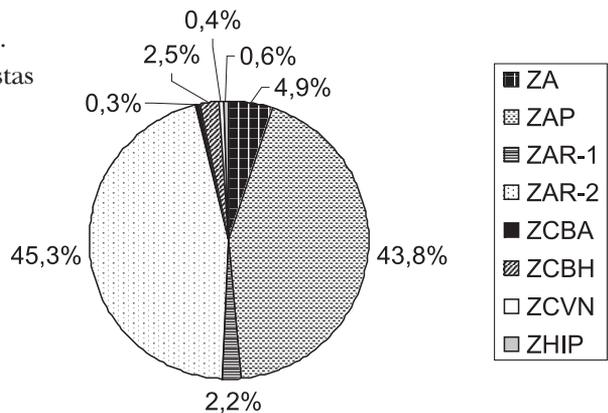
Figura 2. Distribuição de lotes adotada bacia hipotética, por área de lote

Da mesma forma que Belo Horizonte, supõe-se que a bacia possui um zoneamento misto, formado por nove zonas residenciais (Belo Horizonte, 1996)²:

- Zona de Proteção 3 - ZP3;
- Zona de Adensamento Restrito 1 - ZAR1;
- Zona Adensamento Restrito 2 - ZAR2;
- Zona Adensada – ZA;
- Zona de Adensamento Preferencial – ZAP;
- Zona Hipercentral – ZHIP;
- Zona Central de Belo Horizonte – ZCBH;
- Zona Central do Barreiro -ZCBA e
- Zona Central de Venda Nova - ZCVN.

A Figura 3 apresenta a distribuição destas zonas na área urbana da bacia hipotética.

Figura 3. Participação percentual das zonas na bacia hipotética.



² Zonas são áreas de Belo Horizonte diferenciadas “segundo os potenciais de adensamento e as demandas de preservação e proteção ambiental, histórica, cultural, arqueológica e paisagística”. Em Belo Horizonte existem quinze zonas, mas cinco não foram consideradas neste estudo por não serem zonas residenciais típicas.

12

Diferentes zonas implicam em diferentes potenciais de adensamento. E o adensamento, além da área impermeabilizada da bacia e do lote, é a outra variável relevante para definir a dimensão da taxa incidente sobre os proprietários urbanos. De certa forma, nas áreas mais adensadas, a “produtividade” da impermeabilização da superfície é maior, logo o ônus financeiro dos serviços de drenagem sobre os moradores é menor em razão do rateio de custos por um número maior de domicílios. Portanto, o adensamento é, também, uma variável relevante para avaliar o impacto da cobrança sobre as economias das unidades domiciliares.

Nessa pesquisa foram utilizadas duas possibilidades de adensamento da bacia: a primeira é um cenário de adensamento máximo. O

número de domicílios em cada zona é o máximo permitido pela legislação. Pela Lei 7.166, o parâmetro urbanístico que define o adensamento da zona é a “quota de terreno por unidade habitacional”. Dividindo-se a área do terreno por este parâmetro, tem-se o número máximo de unidades domiciliares permitido no lote.

Na segunda possibilidade, utiliza-se na bacia a mesma proporção de domicílios por zona existente em Belo Horizonte. O primeiro adensamento pode ser considerado o limite inferior de pagamento da drenagem da bacia por domicílio. O segundo seria um cenário de custo individual mais realista, relacionado a uma cidade concreta. A Tabela 1 apresenta o adensamento da bacia referente a estas duas possibilidades.

TABELA 1
Adensamento adotado na bacia hipotética

Número de Lotes	Número de Domicílios	
	Adensamento Máximo	“Padrão Belo Horizonte”
8.240	123.622	19.724

Além das possibilidades de adensamento, outro aspecto trabalhado foi os cenários de impermeabilização máxima da área de lotes da bacia. Utilizaram-se seis cenários:

- Cenário I, com impermeabilização de 100% da área dos lotes;
- Cenário II, com impermeabilização de 80% da área dos lotes;
- Cenário III, com impermeabilização de 70% da área dos lotes;
- Cenário IV, com impermeabilização de 60% da área dos lotes;
- Cenário V, com impermeabilização de 50% da área dos lotes, e
- Cenário VI, com impermeabilização de 30% da área dos lotes.

Estes percentuais são fundamentais no dimensionamento dos respectivos sistemas de drenagem e implicam distintos custos de manutenção e implantação.

CUSTOS DO SISTEMA DE DRENAGEM TRADICIONAL

Os custos totais de implantação foram obtidos por meio de modelagem hidrológica e hidráulica e os custos de manutenção com dados de galerias restauradas em Belo Horizonte.

A elaboração dos projetos dos sistemas tradicionais de microdrenagem e macrodrenagem foi realizada com base em simulações hidrológicas, para a estimativa de hidrogramas de projeto, e hidráulicas, para a definição de dimensões de canais e estabelecimento das linhas d'água ao longo da rede de canais. Os hidrogramas de projeto foram construídos com base na equação regionalizada de chuvas intensas (equações IDF) para a Região Metropolitana de Belo Horizonte e em hidrogramas adimensionais ambos propostos por Pinheiro e Naghettini (1998). Foram utilizados períodos de retorno de 5 e 10 anos, para as estrutu-

ras de microdrenagem, e 25 e 50 anos, para as estruturas de macrodrenagem.

Os hidrogramas de projeto foram obtidos por métodos indiretos de transformação chuva-vazão, com a utilização do método racional, para bacias com áreas menores que 0,5 km², e do método do hidrograma unitário do SCS, para as demais sub-bacias. Os coeficientes de escoamento do método racional foram determinados em função da área impermeabilizada da bacia conforme Tucci (2000).

Em termos hidráulicos, adotaram-se os regimes de escoamento uniforme, para o dimensionamento das redes tubulares, e gradualmente variado, para os canais celulares de concreto. As simulações hidrológicas e hidráulicas foram feitas com recursos computacionais e uso dos modelos HEC-HMS versão 2.2.2 e HE-RAS, versão 3.1.1, do Estados Unidos. Corps of Engineers (2000, 2002 e 2003). Para cada cenário de impermeabilização máxima da área de lotes foi dimensionado um sistema tradicional de drenagem, constituído por um sistema de microdrenagem, com utilização de sarjetas, bocas de lobo, poços de visita e redes coletoras tubulares, e um sistema de macrodrenagem constituído de canais fechados de concreto armado.

Para a definição dos custos de implantação do sistema, adotaram-se os preços unitários que remuneram os serviços de infraestrutura urbana praticados pela SUDECAP-

BH (Superintendência de Estudos da Capital de Belo Horizonte) sendo os mesmos referentes ao mês de Janeiro de 2003. Aos custos tabelados aplicou-se um acréscimo de 45% referentes a todos os custos indiretos relacionados ao desenvolvimento de projetos e à construção, no Brasil designados por BDI, ou seja, bonificação de despesas indiretas.

Devido à ausência de procedimentos sistemáticos para recuperação e manutenção dos sistemas de drenagem urbana e registro de seus custos, utilizou-se como referência os custos de recuperação da galeria da Avenida Uruguai, em Belo Horizonte-MG, realizada no ano de 2001. Esse trabalho constitui uma das ações do Plano Diretor de Drenagem de Belo Horizonte contida no Volume IV – Tomo I (Caracterização Estrutural e Plano de Ação). Aos custos de correções de Patologias Estruturais inclui a avaliação dos custos de limpezas rotineiras do canal, como a retirada de lixo. Foram usados como referência para estabelecimento de valores os custos distribuídos ao longo de trinta anos. A recuperação de patologias estruturais foi prevista em cinco etapas ao longo do período, tendo sido essas intervenções concentradas nos anos 5, 9, 16, 23 e 30 anos.

Por meio desses procedimentos, foi possível encontrar os custos totais do sistema de drenagem clássico para os seis cenários de impermeabilização máxima (Tabela 2).

TABELA 2
Custos de implantação e manutenção do sistema de drenagem na bacia hipotética

Cenários	Implantação	Manutenção e Operação	Total
Cenário I	55.872.924,82	3.300.124,88	59.173.049,70
Cenário II	50.981.762,58	3.165.045,16	54.146.807,74
Cenário III	48.309.350,91	3.035.728,07	51.345.078,99
Cenário IV	45.974.878,48	2.951.055,16	48.925.933,63
Cenário V	44.051.105,37	2.929.838,40	46.980.943,78
Cenário VI	38.604.546,12	2.700.873,27	41.305.419,39

A fim de simplificar a compreensão do presente texto, o sistema projetado para cada cenário de impermeabilização máxima da bacia recebe o nome deste. Para o cenário I, sistema I; para o cenário II, sistema II e assim sucessivamente.

Definição do custo médio

Para definir o custo médio, a primeira etapa foi elaborar um fluxo de caixa dos custos de manutenção e do financiamento da implantação do sistema de drenagem. Considerou-se que os recursos para a implantação foram viabilizados por meio de um empréstimo hipotético que utiliza em seus parâmetros a referência dos financiamentos concedidos pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Social (taxa de juros mais *spread* de 16,6% ao ano; pagamentos anuais constantes; carência de três anos e prazo de amortização de vinte anos). Para definição do plano de manutenção utilizou-se um horizonte de trinta anos, considerado a vida útil típica de estruturas de drenagem.

Estes fluxos foram uniformizados ao longo de trinta anos, resultando em um único fluxo de custo total. Neste a taxa de desconto utilizada é de 16,87% ao ano, que representa a

média ponderada das taxas envolvidas nos custos da drenagem urbana. Por meio desta taxa chega-se aos custos anuais listados na Tabela 3. O custo anual é calculado a partir do quarto ano, quando o sistema de drenagem entra em operação, ou seja, considera-se um período de carência de 3 anos para o início da amortização do capital.

TABELA 3

Custo anual total do sistema de drenagem tradicional da bacia hipotética (R\$ de janeiro de 2003)

Sistemas	Custo Total (a partir do ano 4)
Sistema I	13.609.867,60
Sistema II	12.450.250,26
Sistema III	11.804.994,82
Sistema IV	11.247.270,49
Sistema V	10.797.841,33
Sistema VI	9.490.054,60

Os custos anuais por metro quadrado de área impermeabilizada, segundo a Equação (2), são mostrados na Tabela 4. A Figura 4 ilustra informações semelhantes.

TABELA 4

Custo total anual por metro quadrado de área impermeabilizada do lote na bacia hipotética (R\$ de janeiro de 2003)

Percentual de Impermeabilização				Custo Anual por m ² de Área Impermeabilizada					
Bacia	Lotes	Vias	Área Natural	Sistema I	Sistema II	Sistema III	Sistema IV	Sistema V	Sistema VI
79%	100%	100%	0%	2,49					
73%	90%	100%	0%	2,69					
68%	80%	100%	0%	2,92	2,67				
62%	70%	100%	0%	3,19	2,92	2,77			
56%	60%	100%	0%	3,52	3,22	3,05	2,91		
50%	50%	100%	0%	3,92	3,59	3,40	3,24	3,11	
44%	40%	100%	0%	4,43	4,06	3,85	3,67	3,52	
39%	30%	100%	0%	5,10	4,67	4,42	4,21	4,05	3,56
33%	20%	100%	0%	6,00	5,49	5,20	4,96	4,76	4,18
27%	10%	100%	0%	7,28	6,66	6,32	6,02	5,78	5,08
21%	0%	100%	0%	9,27	8,48	8,04	7,66	7,35	6,46

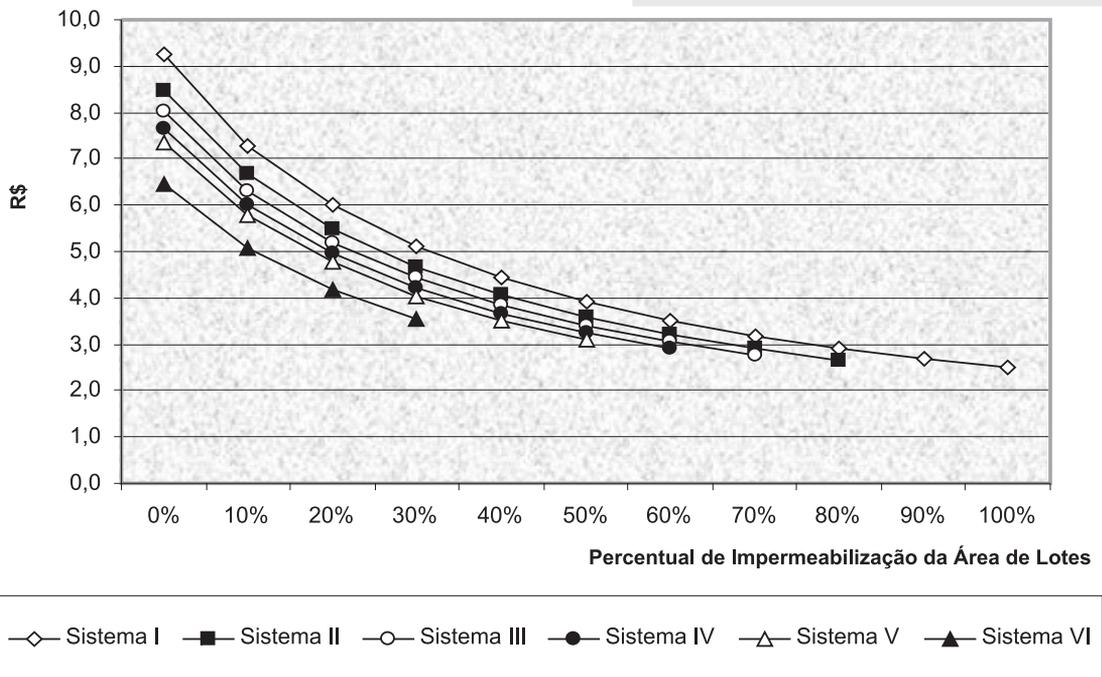
Apenas o sistema I cobre todas as possibilidades de impermeabilização da área de lotes, pois é dimensionado para uma expectativa de impermeabilização de 100%. Com ele ocorre o menor custo total por m² de área impermeabilizada - 2,49 reais ao ano -, com percentual de 100% de impermeabilização dos lotes e do sistema viário que compõem a área de urbanização da bacia, e o maior - 9,27 reais - com 0% de área de lotes impermeabilizada. Nesse último caso, apenas as vias têm superfície impermeável na bacia. Notar que a bacia virtual possui uma área de preservação *non aedificandi*, designada por área natural, fato pelo qual, no cenário de maior impermeabilização, a taxa de impermeabilização global da bacia não ultrapassa 79%.

Ressalta-se que quanto menor a impermeabilização, maior o custo unitário do projeto de drenagem; afinal, o sistema, uma vez implantado, tem que ser financiado, mesmo se

o percentual impermeabilizado ficar aquém do esperado. Por essa razão, é relevante a análise minuciosa do sistema adequado para cada tipo de projeto de ocupação urbana, ou, em outra perspectiva, é necessário avaliar-se o modelo de ocupação urbana projetado tendo em conta as limitações naturais de drenagem ou de sistemas de drenagem de área urbanizadas, pré-existentes a jusante.

Além de soluções de drenagem tradicional, técnicas compensatórias de drenagem de águas pluviais, como caixas ou reservatórios de retenção domiciliares, as bacias de retenção, as trincheiras de infiltração, os pavimentos permeáveis e outras, podem ser utilizadas complementando-as ou substituindo-as. Análises custo-benefício são importantes para a escolha das soluções mais adequadas, com a incorporação de valores sociais, culturais e ambientais à análise de projetos.

Figura 4. Custo anual total por m² de área impermeabilizada segundo variação no dimensionamento do sistema de drenagem para a bacia hipotética (R\$ de janeiro de 2003).



Custo médio por lote

A Tabela 5 apresenta a média do custo total anual, por lote, dos serviços de drenagem na bacia hipotética. Na pesquisa realizada foram elaborados estudos considerando a distribuição de lotes conforme anteriormente apresentado (ver Figura 2). Tendo em vista o elevado número de cenários resultante desse estudo, optou-se por apresentar aqui resultados de simulações de cobrança com base em um lote de equivalente cuja área resulta da média ponderada dos lotes previstos para a bacia hipotética. Resultados completos de simulação po-

dem ser encontrados em Nascimento et al (2003).

O custo médio anual por lote varia de 1.208 a 246 reais anuais. Em um cenário de grande urbanização (sistema dimensionado para 100% de impermeabilização), dificilmente o custo é menor do que 1.000 reais por ano. Fator determinante para diminuição do custo por domicílio é o número de unidades domiciliares em cada lote, o que possibilita um maior número de participantes no rateio dos custos do sistema. Este assunto é discutido nos itens seguintes.

16

TABELA 5
Média do custo total anual por lote segundo o dimensionamento dos sistemas de drenagem para a bacia hipotética (R\$ de janeiro de 2003)

Percentual de Impermeabilização do Lote	Sistema I	Sistema II	Sistema III	Sistema IV	Sistema V	Sistema VI
100%	1.208,08					
90%	1.173,08					
80%	1.132,07	1.035,61				
70%	1.083,38	991,07	939,71			
60%	1.024,62	937,32	888,74	846,75		
50%	952,31	871,17	826,02	787,00	755,55	
40%	861,16	787,78	746,95	711,66	683,23	
30%	742,67	679,39	644,18	613,75	589,22	517,86
20%	582,41	532,78	505,17	481,30	462,07	406,11
10%	353,53	323,41	306,65	292,16	280,49	246,52

Custo médio por domicílio

O custo médio por domicílio foi determinado para os dois cenários de adensamento previstos (ver Tabela 1). No cálculo, ponderou-se a magnitude do custo por unidade domiciliar (U.D) segundo os diferentes tamanhos de lote e os diferentes tipos de zonas presentes na bacia (Tabelas 6 e 7).

As Tabelas 6 e 7 mostram os limites do custo por unidade domiciliar para cada sistema de drenagem dimensionado. Para o sistema I, o limite superior corresponde a uma impermea-

bilização da área de lotes de 100%, e o limite inferior, de 10%; o custo no sistema II cobre percentuais de 80% a 10% de impermeabilização; o sistema III, de 70% a 10%; o IV, de 60% a 10%; o V, de 50% a 10% e o VI de 30% a 10%. Além disso, como ilustração, aparece qual seria o custo médio da drenagem para um domicílio situado em um lote com 70% ou 80% de sua área impermeabilizada, que representam taxas frequentes de impermeabilização de lotes com área no intervalo de 300 a 500 m².

TABELA 6

Custo anual do sistema de drenagem tradicional por unidade domiciliar no cenário "Máximo Permitido pela Legislação" – bacia hipotética com zoneamento misto (R\$ de janeiro de 2003)

Sistema de Drenagem Dimensionado	Custo anual por U.D		
	Intervalo	80%	70%
Sistema I	80,24 a 23,48	75,20	71,96
Sistema II	68,79 a 21,48	68,79	65,83
Sistema III	62,42 a 20,37	–	62,42
Sistema IV	56,24 a 19,41	–	–
Sistema V	50,19 a 18,63	–	–
Sistema VI	34,40 a 16,37	–	–

TABELA 7

Custo anual do sistema de drenagem tradicional por unidade domiciliar no cenário "Padrão Belo Horizonte" - bacia hipotética com zoneamento misto (R\$ de janeiro de 2003)

Sistema de Drenagem Dimensionado	Custo anual por U.D		
	Intervalo	80%	70%
Sistema I	461,07 a 134,93	432,06	413,48
Sistema II	395,24 a 123,43	395,24	378,25
Sistema III	358,64 a 117,03	–	358,64
Sistema IV	323,17 a 111,50	–	–
Sistema V	288,36 a 107,05	–	–
Sistema VI	197,64 a 94,08	–	–

Nota-se que um aumento do adensamento "Padrão Belo Horizonte" para o "Máximo Permitido pela Legislação" implica em uma queda de cerca de 83% do custo por domicílio. A

importância destes custos na renda familiar é apresentada na Tabela 8, com base nos valores listrados nas Tabelas 6 e 7.

TABELA 8

Participação do custo dos serviços de drenagem no rendimento nominal médio do responsável pelo domicílio – bacia hipotética com zoneamento misto (em %)

Sistema de Drenagem Dimensionado	Cenários	
	Máximo permitido pela legislação	Padrão Belo Horizonte
Sistema I	0,4 a 0,1	2,1 a 0,6
Sistema II	0,3 a 0,1	1,8 a 0,6
Sistema III	0,3 a 0,1	1,6 a 0,5
Sistema IV	0,3 a 0,1	1,4 a 0,5
Sistema V	0,2 a 0,1	1,3 a 0,5
Sistema VI	0,2 a 0,1	0,9 a 0,4

Nota: dados de rendimento obtidos do Censo Demográfico (IBGE, 2000), atualizados para 2003 pelo IGP-DI da FGV.

Os altos investimentos dos sistemas de drenagem implicam em uma participação não desprezível do seu custo no orçamento familiar, onerando significativamente o proprietário do imóvel caso este seja o financiador do sistema. Ressalte-se que os valores da Tabela 8 referem-se a uma ocupação mista da bacia. Eles são a média dos valores médios encontrados em cada uma das zonas. Aquelas menos adensadas, como ZCBA e ZCVN (maior quota de terreno por unidade habitacional), possuem custos unitários de drenagem ainda maiores; enquanto na ZHIP ou ZA os custos por domicílio são significativamente menores.

Como referência de valor, a Pesquisa de Orçamentos Familiares – POF feita pelo Instituto Brasileiro de Estatística – IBGE pode ser útil: a despesa com aluguel de moradia representa 3,23% do rendimento médio familiar. O imposto predial tem participação de 0,73%; o condomínio, 1,37%; água e esgotamento, 1,00% e despesas com energia elétrica, 1,89%.

Uma comparação irrestrita das informações da POF com os dados de drenagem da bacia hipotética não pode ser feita. As informações do IBGE são de 1996, para toda a Região Metropolitana de Belo Horizonte e utiliza o rendimento familiar como referência e não o do responsável pelo domicílio. Ainda assim é útil como parâmetro para comparação.

UTILIZAÇÃO DE TÉCNICAS COMPENSATÓRIAS: CAIXA DE DETENÇÃO NO LOTE

Além de apresentar elevados custos, os sistemas tradicionais de drenagem tendem a intensificar os impactos gerados pela urbanização, com efeitos como aumentos significativos dos volumes e das velocidades de escoamento superficial. Com isso, é comum o aumento da frequência e da gravidade de inundações em áreas urbanas antigas situadas a jusante de áreas de urbanização mais recente. As soluções tradicionais tendem a privilegiar alternativas estruturais, como a canalização generalizada de cursos d'água urbanos, resultando em impactos ambientais de monta. Por outro lado, essas alternativas não integram objetivos de controle de poluição difusa de origem pluvial em contexto urbano,

geralmente resultando na degradação da qualidade de água em corpos receptores nas próprias cidades e a jusante destas (e.g.: Nascimento et al, 1999; Tucci, 1995).

Em anos mais recentes, tem-se notado uma crescente preocupação com os impactos ambientais gerados pelo emprego de conceitos tradicionais de drenagem de águas pluviais em contexto urbano, com os altos custos de implantação, de manutenção e de freqüentes ampliações de sistemas que resultam do emprego dessas soluções e com sua baixa efetividade em controle de inundações, particularmente em razão de inadequações em seu emprego, como muitas vezes ocorre em municípios brasileiros. Soluções alternativas de drenagem de águas pluviais que buscam compensar os impactos causados pela urbanização, como as mencionadas em parágrafos anteriores, têm sido utilizadas em diferentes países e começam a encontrar emprego também no Brasil (Baptista et al., 1998; Goldenfum e Souza, 2001).

Diante de tais aspectos considerou-se, no presente trabalho, a alternativa de utilização de caixa de detenção no lote, também denominadas reservatórios domiciliares de águas pluviais, para redução das vazões de saída a um valor correspondente ao estimado para condições de pré-urbanização, para um tempo de retorno dado. Como tipologia construtiva utilizou-se a caixa de concreto armado com paredes de alvenaria. Essa possui um custo relativamente mais baixo do que outras alternativas - como o uso do concreto armado em toda a caixa - e razoável durabilidade. O dimensionamento das caixas foi realizado por meio de recursos de modelagem correntes, equação de orifícios e emprego do método de Puls modificado.

No padrão urbano adotado para a bacia virtual, foi considerada a possibilidade de não canalização do curso d'água principal. Essa alternativa visa atender a objetivos de proteção ambiental, criação de áreas verdes e controle de inundações em áreas construídas, resultando na preservação de uma faixa *non aedificandi* ao longo do curso d'água, tendo por consequência uma redução do número de lotes aproveitados em relação à solução tradicional de drenagem – de 8.240 lotes na bacia, passa-se a 6.720.

Os requisitos específicos de manutenção dessa alternativa resultam em quatro lavagens anuais das caixas, implicando em custos de faxineiro, energia elétrica e consumo de água. Prevê-se ainda a recuperação de 2% da área de alvenaria com uma camada de cimento para regularização e de 1% da área de concreto do fundo da caixa (calafetagem com argamassa de cimento e areia), igualmente em base anual.

As análises mostram que a utilização das caixas de retenção só leva a uma diminuição do custo da drenagem quando há preservação

do fundo de vale (exceção para os cenários IV e V). Afinal, a complementação do sistema de drenagem tradicional, segundo o cenário aqui construído, ainda terá que existir, principalmente devido à impermeabilização das vias. Este exige grande investimento inicial, com planta mínima de grandes dimensões. A preservação do fundo de vale, por sua vez, diminui substancialmente os gastos com macrodrenagem, o que representa redução significativa nos custos, além de incorporar ganhos ambientais (ver Tabelas 9 e 10).

TABELA 9
Custo total anual por lote dos sistemas de drenagem convencional e alternativo para a bacia hipotética (R\$ de janeiro de 2003)

Cenários/ Sistema	Sistema Clássico ¹	Sistema Alternativo ²	
		Redução da Vazão de Saída dos Lotes ao Cenário Natural	
		Sem Preservação do Fundo de Vale	Com Preservação do Fundo de Vale
Cenário I	1.651,68	1.957,23	1.270,57
Cenário II	1.510,95	1.783,04	1.082,50
Cenário III	1.432,65	1.746,15	1.068,35
Cenário IV	1.364,96	1.649,26	949,32
Cenário V	1.310,42	1.591,98	891,95

Notas: 1. Sem preservação do fundo de vale

2. Sistema alternativo de drenagem, incorporando caixas de retenção em todos dos lotes, com área superficial de forma retangular, tendo por dimensões de 25 m x 10 m e profundidade de 1,0 m.

Na Tabela 9, considerou-se o custo total do sistema e não apenas a parcela do custo que recai sobre o proprietário do terreno pela impermeabilização do mesmo. Por isto, os valores para o sistema tradicional são mais elevados do que aqueles mostrados na Tabela 5. Nesta, a intenção é visualizar a magnitude da cobrança incidente apenas sobre a impermeabilização do lote, ou seja, o ônus do sistema para o proprietário do imóvel. Cabe ao setor público arcar com o custo da impermeabilização das vias.

Na Tabela 10, percebe-se uma redução de até 46% do custo com a utilização do sistema alternativo e com a preservação do fundo de vale. Parece evidente que, da mesma forma que na drenagem tradicional, quanto maior a quantidade de domicílios por lote, maior o número de participantes do rateio de custos e menor a contribuição monetária de cada proprietário de domicílio.

TABELA 10
Variação percentual do custo anual por lote da tecnologia compensatória
em relação ao sistema de drenagem tradicional para a bacia hipotética

Cenários/ Sistema	Sistema Alternativo	
	Redução da Vazão de Saída dos Lotes ao Cenário Natural	
	Sem Preservação do Fundo de Vale	Com Preservação do Fundo de Vale
Cenário I	18,50%	-23,07%
Cenário II	7,95%	-34,46%
Cenário III	5,72%	-35,32%
Cenário IV	-0,15%	-42,52%
Cenário V	-3,61%	-46,00%

CONCLUSÕES

A criação de uma taxa sobre os serviços de drenagem não significa, obrigatoriamente, o aumento do nível geral de tributos. A taxa pode vir sob a forma de um acréscimo no IPTU cobrado ou de uma redução no mesmo, conforme se impermeabilize mais ou menos o terreno do que a média. O que se pretende é refletir sobre alternativas para mudar a forma de financiar a drenagem urbana, com ganhos de transparência, racionalidade econômica e eficiência tributária.

Nesse estudo, foi possível analisar as duas variáveis fundamentais que interferem na magnitude da cobrança pelo sistema tradicional de drenagem: a impermeabilização e o adensamento. Participações expressivas do custo da drenagem urbana no orçamento familiar podem levar a criação de estratégias pelos usuários para pagar menos pelos serviços. A diminuição da impermeabilização desnecessária do terreno é a mais evidente. Mas a taxa também pode influenciar na escolha da localização residencial, com a priorização de regiões mais adensadas. Uma participação da taxa superior a 2% da renda, por exemplo, provavelmente possui importância no cálculo econômico do demandante do imóvel.

Os resultados mostram que a utilização da tecnologia compensatória do tipo caixa de de-

tenção no lote combinada à preservação do fundo de vale é viável financeiramente. Além disso, agregam-se valores ambientais e institucionais ao espaço. Um aspecto que pode ser considerado negativo para alguns produtores e consumidores do espaço urbano é a perda da área “aproveitável” da bacia, a faixa de implantação de áreas verdes ao longo do curso d’água. Aí entra a negociação e a disputa entre os atores políticos que interferem na cidade e o estabelecimento das prioridades de ação pelos gestores.

A caixa de retenção pode ser uma forma complementar de drenagem urbana utilizada quando o escoamento gerado no terreno ultrapassar determinado limite fixado pela legislação. Alternativamente, seu uso pode levar a um desconto na taxa de drenagem. De qualquer forma, existem conflitos que o administrador público terá que enfrentar. A diminuição da área impermeável ou a utilização das caixas nos lotes pode chegar a tal nível que torne inviável o financiamento do sistema convencional pelos usuários, na hipótese de um sistema desse tipo previamente implantado. Ressalte-se que existem abordagens diferentes relacionadas ao custeio do sistema de drenagem na gestão e no planejamento da cidade. A atuação sobre uma urbanização já cristaliza-

da, em movimento ou inteiramente nova é bastante distinta. Significam diferentes graus

de liberdade para a administração pública interferir no espaço urbano.

Referencias

- ANDRADE, Thompson A. 1998. Tarifas das Utilities em um Contexto de Liberalização/ Privatização. In: REZENDE, F., PAULA, T. B. (coord.). In: *Infra-Estrutura: perspectivas de reorganização; financiamento*. Brasília: IPEA. p.101-124.
- ANDRADE, Thompson A., LOBÃO, Waldir J. A. 1996. *Tarifação Social no Consumo Residencial de Água*. Rio de Janeiro: IPEA (*Texto para Discussão: n. 438*). 62p.
- BASTOS, C. R. 1994. *Curso de Direito Administrativo*. São Paulo: Saraiva, 345p.
- BA, M.B., NASCIMENTO, N.O., SOUZA, V.C.B. e COSTA, L.S.G.M., 1998. *Utilização de Tecnologia Compensatórias no Projeto de um Sistema de Drenagem Urbana*. In: Congreso Nacional del Agua y del II Simpósio de Recursos Hídricos del Conosur. 17., 1998, Santa Fe. *Anales...* Santa Fe: Facultad de ingeniería y Ciencias Hídricas de la Universidad Nacional del Litoral, p. 248- 256.
- BELO HORIZONTE. (agosto de 1996). **Lei Nº 7.166**. Estabelece Normas e Condições para Parcelamento, Ocupação e Uso do Solo Urbano no Município. Disponível em: <<http://www.bhz5.pbh.gov.br/legislacao.nsf/>>.
- BELO HORIZONTE. Prefeitura Municipal. Superintendência de Desenvolvimento da Capital. 2001. **Plano Diretor de Drenagem de Belo Horizonte**. Belo Horizonte : SUDECAP, v. IV, t. I.
- ESTADOS UNIDOS. Army. Corps of Engineers. 2003. **HEC-HMS: hydrologic modeling system : technical reference manual**. Davis: U.S Hydrologic Engineering Center. 6p.
- ESTADOS UNIDOS. Army. Corps of Engineers. 2000. **HEC-HMS: hydrologic modeling system : release notes version 2.2.2**. Davis: U.S Hydrologic Engineering Center. 149p.
- ESTADOS UNIDOS. Army. Corps of Engineers. 2002. **HEC-RAS: rivers Analysis System: hydraulic reference manual**. Davis: U.S Hydrologic Engineering Center.
- GOLDENFUM, J.A., SOUZA, V.C.B. 2001. Infiltration trenches in urban runoff control: an experimental study, In: International Conference on Innovative Technologies in Urban Storm Drainage , 4, 2001 , Lyon. *Anais...* Lyon: GRAYE. v.2, p.1039-1046.
- NASCIMENTO, N.O., CANÇADO, V.L., CABRAL, J.R. e MACHADO, A.R., 2003. *Drenagem urbana: características econômicas e definição de uma taxa sobre os serviços*. Relatório de Projeto de Pesquisa, FINEP e CT-HIDRO, Belo Horizonte.
- NASCIMENTO, N.O., ELLIS, J.B., BAPTISTA, M.B. e DEUTSCH, J.-C., 1999. *Using detention basins: operational experience and lessons*. *Urban Water*. v.1, p.113-124.
- PINHEIRO, M. M. G., NAGHETTINI, M. 1998. Análise regional de frequência e distribuição temporal das tempestades na região metropolitana de Belo Horizonte. *RBRH- Revista Brasileira de Recursos Hídricos*. Porto Alegre, RS, v.3, n.4 , p.73-88.
- SOUZA, Daniel A. 1997. *Avaliação Econômico-Financeira de Modelos de Cálculo de Tarifas para Infra-Estruturas Rodoviárias*. Dissertação. Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. xii,76p.[32]f.
- TUCCI, C. E. M. 2000. Coeficiente de escoamento e vazão Máxima de Bacias Urbanas. *RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos*. Porto Alegre, RS, v. 5, n.1, p. 61-68.
- TUCCI, C.E.M. Inundações urbanas. 1995. In: Tucci, C. E. M., Porto, R. L. e Barros, M. T. (Ed.), *Drenagem Urbana*. Porto Alegre: ABRH / Ed. da UFRGS, 1995, p. 15-36.
- VARIAN, H. R. 1997. *Microeconomia: Princípios Básicos*. Rio de Janeiro: Campus. 710p.

Vanessa Lucena Cançado UFMG, Departamento de Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos. vanessa.cancado@terra.com.br

Nilo de Oliveira Nascimento UFMG, Departamento de Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos. niloon@ehr.ufmg.br

José Roberto Cabral UFMG, Departamento de Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos. jolu@lagoaminas.com.br