

# **COMISSÃO ESPECIAL PARA ELABORAÇÃO DE ESTUDOS DE POLÍTICAS PÚBLICAS PARA O AUMENTO DA PERMEABILIDADE DO SOLO URBANO NO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO**

## **RELATÓRIO FINAL**

SRA. PRESIDENTE DO CADES

### **1. Introdução**

O Conselho Municipal de Meio Ambiente e do Desenvolvimento Sustentável deliberou em sua 37ª reunião e através de sua resolução 44/CADES/99 pela criação de Comissão Especial com o objetivo de elaborar estudo sobre a impermeabilidade do solo urbano no Município de São Paulo. Posteriormente ela tomou o nome de Comissão Especial para a Elaboração de Estudos de Políticas Públicas para o Aumento da Permeabilidade do Solo Urbano no Município de São Paulo. O presente documento constitui-se em relatório final.

O processo documental que trata das atividades da comissão é o de número 2000-0.103.837-7 e os integrantes da Comissão são:

**Maria Helena Braga Brasil (SIURB) Paulo Mantey D. Caetano**

Presidente Relator (SMMA/DEAPLA)

**Bruno Queiroz Silva (SMT) Carlos Eduardo L. e Silva (SIS)**

**Eduardo Della Manna (FCESP) George L. Fruehauf (ABEPPOLAR)**

**João Paulo Pantaleão (SIMPI) Paulo Delgado (SMMA/DECONT)**

**Regina F. M. Fernandes (SMMA/DEPAVE) Rosane C. Gomes (SEHAB)**

**Roberto I. E. Saruê (Mov. Defenda S.P.) Stella Nivis V. Pazzanese (SSO)**

Colaboradores:

- Domingos Gonçalves (SIURB)
- Pedro Luiz Algodoal (SIURB)
- Renato Zuccolo (SIURB)

### **2. Histórico**

#### **2.1. Listagem de estudos e relatórios apresentados**

Para a Comissão foram elaborados e apresentados os relatórios e estudos seguintes, a saber:

- Planos do GEPROCAV para a Cidade de São Paulo e sua visão da preservação dos fundos de vale, Renato Mattos Zuccolo, fls. 4 a 13 do p.a. 2000-0.103.837-7;
- Instrumentos jurídicos para a proteção das várzeas, Lúcia Bastos Ribeiro de Sena, fls. 17 a 33 do p.a. 2000-0.103.837-7;
- Propostas de SVP referentes ao PL 01/ - 0583/99, Maria Helena Braga Brasil, fls. 101 a 104 do p.a. 2000-0.103.837-7;
- Avaliação da eficácia hidrológica da reserva de 15% de área de terreno livre de pavimentação ou construção, Paulo Mantey Domingues Caetano, fls. 192 a 202 do p.a. 2000-0.103.837-7;
- Proposta da aplicação do princípio do poluidor pagador à drenagem urbana, Paulo Mantey Domingues Caetano, fls. 177 a 182;

- Determinação da solução de mínimo custo em bacia envolvendo canalização e desimpermeabilização (I), Paulo Mantey Domingues Caetano, fls. 188 a 191 do p.a. 2000-0.103.837-7;
- Determinação da solução de mínimo custo em bacia envolvendo canalização e desimpermeabilização (II), Paulo Mantey Domingues Caetano, fls. 185 a 187 do p.a. 2000-0.103.837-7;
- Resumo da Portaria de Compensação por Cobertura do Solo do Senador de Desenvolvimento Urbano e Proteção Ambiental do Estado de Berlim, Paulo Mantey Domingues Caetano, fls. 183 a 184 do p.a. 2000-0.103.837-7;
- Avaliação da taxa de impermeabilização do Município de São Paulo, Paulo Mantey Domingues Caetano, fls. 219 a 226 do p.a. 2000-0.103.837-7;
- Avaliação da eficácia hidrológica de reserva de 30% da área do terreno livre de pavimentação ou construção, Paulo Mantey Domingues Caetano, não incluído no p.a. 2000-0.103.837-7;
- Proposta de inclusão no COE de Fator de Qualidade Ambiental, Paulo Mantey Domingues Caetano, fls. 250 a 252 p.a. 2000-0.103.837-7;
- Medidas de drenagem distribuídas segundo Genz; Tucci (1995), Paulo Mantey Domingues Caetano, não incluído no p.a. 2000-0.103.837-7;
- Proposta de método de dimensionamento de reservatório de detenção de lote baseado no princípio de "impacto zero", Paulo Mantey Domingues Caetano, não incluído no p.a. 2000-0.103.837-7;

## **2.2. Atuação da Comissão frente ao PL 583/99**

A Comissão teve oportunidade de se manifestar em relação ao Projeto de Lei 583/99, tratando de parcelamento, uso e ocupação do solo. Foi elaborado um parecer (fls. 101 a 104 do p.a. 2000-0.103.837-7), assinado pela Conselheira Maria Helena Braga Brasil, representante da então Secretaria de Vias Públicas no CADES. Tal parecer foi aprovado através da Resolução 49/CADES/2000, de 4 de agosto de 2000. Entre outras alterações era sugerida a destinação de espaço para reservação de águas pluviais, com regulamento a ser definido pelo Executivo, com base em estudos hidrológicos.

## **2.3. Atuação da Comissão frente ao PL 320/97 do Vereador Adriano Diogo**

O Vereador Adriano Diogo, tendo na Câmara um projeto de lei tratando de reservatórios de detenção de águas pluviais em lotes urbanos, compareceu a duas reuniões da Comissão, quando teve oportunidade de dialogar com seus membros a respeito de aspectos técnicos de seu PL.

## **3. Considerações gerais**

### **3.1. Taxa de impermeabilização do Município de São Paulo**

O relator realizou estudo expedito objetivando obter uma estimativa da taxa de impermeabilização de cada distrito do Município de São Paulo (anexo 3.1.1.). Para o território do Município foi obtida uma estimativa de 45% de taxa de impermeabilização.

### **3.2. Marco conceitual básico**

O marco conceitual básico adotado consiste na divisão das medidas de controle do escoamento em (Genz; Tucci, 1995):

- a. *macrodrenagem*;
- b. *microdrenagem*;
- c. *medidas distribuídas ou na fonte*: é o tipo de controle sobre o lote, sobre praças ou sobre passeios (poderíamos acrescentar, sobre o pavimento).

Tal marco foi sugerido em estudo apresentado pelo relator à Comissão (anexo 3.2.1.), sendo adotado por ela. Além disso, a Comissão adotou como critério ocupar-se eminentemente das medidas de controle distribuídas.

### **3.3. Análise crítica do item 10.1.5 do anexo I da lei municipal 11.228/92**

Uma tarefa a que a Comissão se propôs foi examinar criticamente os instrumentos legais disponíveis a nível municipal para o controle da impermeabilização e eventualmente propor alterações. Em particular foi examinado em detalhe o item 10.1.5 do anexo I da lei municipal 11.228/92 (Código de Obras e Edificações). Dispõe tal item:

10.1.5- As condições naturais de absorção das águas pluviais no lote deverão ser garantidas pela execução de um ou mais dos seguintes dispositivos:

- a. reserva de, no mínimo, 15% (quinze por cento) da área do terreno livre de pavimentação ou construção;
- b. construção de reservatório ligado a sistema de drenagem.

10.1.5.1- Na hipótese de utilização de piso drenante para atendimento à letra "a", apenas sua área efetivamente vazada será considerada como livre de pavimentação.

10.1.5.2- Considera-se reservatório qualquer dispositivo dimensionado de acordo com a fórmula:

$$V = (0,15 \times S - S_p) \times IP \times t, \text{ onde:}$$

V = volume do dispositivo adotado;

S = área total do terreno;

S<sub>p</sub> = área do terreno livre de pavimentação ou construção;

IP = índice pluviométrico igual a 0,06m/hora;

t = tempo de duração da chuva igual a 1 (uma) hora.

10.1.5.3- O volume de água captado e não drenado em virtude da capacidade de absorção do solo, determinado conforme critérios fixados pelas N.T.O., deverá ter seu sistema público de águas pluviais retardado, para tão logo este apresente condições de receber tal contribuição.

A Comissão se propôs a examinar o dispositivo legal acima apenas e tão somente do ponto de vista hidráulico-hidrológico.

#### **3.3.1. Estudo da reserva do lote livre de pavimentação e construção**

O relator apresentou estudo com avaliação hidrológica de reserva de 15% no lote livre de construção ou pavimentação (anexo 3.3.1.1.), conforme faculta o item 10.1.5a. Para o estudo foi utilizado o método do U.S. Soil Conservation Service – SCS de obtenção de precipitação efetiva, tendo como hipótese básica que a porção permeável do solo corresponde a pastos em boas condições hidrológicas. Tal hipótese foi adotada porque se constitui na hipótese implícita adotada pelo próprio SCS para a confecção dos parâmetros apresentados em tabelas para a aplicação do método em áreas urbanas. Uma particularidade do estudo consistiu em adotar o parâmetro S e não o parâmetro CN para a ponderação do solo dos lotes, como usualmente ocorre; isto está relacionado ao fato de o parâmetro S ter um significado físico (valor limite da infiltração mais interceptação nas depressões mais armazenamento superficial acumulados para uma dada condição antecedente de umidade do solo), enquanto o parâmetro CN se constitui em um mero artifício de cálculo, útil apenas quando o uso de calculadoras de bolso não era generalizado.

No estudo apresentado pelo relator foi estimada a chuva efetiva para precipitações de durações entre 10 e 240 min para períodos de retorno de 5, 10, 25, 50 e 100 anos, para solos tipos A, B, C e D, segundo a classificação do SCS, que teoricamente abarca todos os solos, e condições antecedentes de umidade do solo III (solo muito úmido) e II (condição intermediária de umidade

do solo). Foi utilizada a equação de chuva de Paulo Sampaio Wilken, que pode ser considerada representativa do Município de São Paulo.

A partir dos cálculos foram gerados oito gráficos, quatro para a condição II, sendo um para cada tipo de solo, e quatro para a condição III. Cada gráfico relaciona para os diferentes períodos de retorno a duração da chuva com o parâmetro  $[(\text{chuva total}) - (\text{chuva efetiva})]/(\text{chuva total})$ , que no caso pode ser considerado como aproximadamente equivalente a  $(\text{chuva infiltrada})/(\text{chuva total})$ .

A fig. 3.3.1.1., extraída do anexo 3.3.1.1 (gráfico 7), mostra um típico resultado do estudo. No caso temos o gráfico referente à condição III – solo C relacionando a duração da chuva aproximadamente ao parâmetro  $[(\text{chuva infiltrada})/(\text{chuva total})] \times 100$ .

Tais gráficos foram apresentados à Comissão e a convidados. A conclusão a que a Comissão chegou a partir da apresentação do estudo é que a reserva de 15% não é capaz de garantir uma significativa infiltração. Consideremos a fig. 3.3.1.1. novamente. Notamos que o parâmetro  $[(\text{chuva infiltrada})/(\text{chuva total})] \times 100$  tende rapidamente para um valor constante. No caso de um período de retorno de 10 anos, que se constitui em período de retorno adequado para estudos de microdrenagem, o parâmetro tende para 2%; ora, 2% de chuva infiltrada constitui-se em valor muito baixo.

Não se pode perder de vista as simplificações adotadas no estudo e as limitações do método do SCS. Além disso, é interessante comparar o comportamento do parâmetro  $[(\text{chuva infiltrada})/(\text{chuva total})] \times 100$  para chuvas de curta duração, solos mais permeáveis e condições antecedentes de umidade mais favoráveis.

Recorrentemente sugere-se o aumento da obrigatoriedade de 15% para 30% da área do lote livre de pavimentação ou construção. Por este motivo, o relator apresentou à Comissão estudo análogo tratando da avaliação da eficácia da reserva de 30% da área do lote livre de pavimentação ou construção (anexo 3.3.1.2.). A fig. 3.3.1.2. trata igualmente da condição III – solo C. É interessante observar que para o período de retorno de 10 anos, o parâmetro  $(\text{chuva infiltrada})/(\text{chuva total})$  tende para algo entre 3 e 4%.

Já observamos que para os dois estudos acima o relator considerou para a porção não impermeável do lote pastos em boas condições hidrológicas. Entretanto, a adoção de instrumentos legais do tipo do item 10.1.5 do anexo I da lei 11.2228/92 não faz exigências em relação à qualidade hidrológica da porção do lote livre de pavimentação ou construção. Neste sentido, é interessante considerar a tabela abaixo, obtida por Genz a partir de um simulador de chuva e apresentada em Genz; Tucci (1995):

<b>Superfície</b>	<b>Declividade (%)</b>	<b>Coefficiente de escoamento</b>	<b>Taxa final de infiltração (mm/h)</b>	<b>Precipitação simulada (mm/h)</b>
Gramado	1 a 9	0,54 a 0,68	19 a 23	110 a 142
Chão batido	1,3	0,92 a 0,95		110 a 120
Paralelepípedo antigo	2 a 11	0,88 a 0,95		103 a 128
Paralelepípedo novo	4	0,58 a 0,63	18 a 23	114 a 124
<i>Blockets</i>	2	0,83 a 0,85	10 a 14	116 a 127

A partir da tabela acima podemos observar que solos que cumpriram a determinação de serem livres de pavimentação ou construção teriam comportamento hidrológico completamente distinto, eventualmente próximo de um solo construído. O chão batido, por exemplo, apresenta um coeficiente de escoamento entre 0,92 e 0,95.

### **3.3.2. Estudo da reservação no lote**

O item 10.1.5 trata também da construção de reservatórios no lote.

O relator apresentou à Comissão estudo tratando do seu dimensionamento (anexo 3.3.2.1.) para uma situação de impacto zero. Infelizmente, devido ao tipo de equações que governam o fenômeno de amortecimento através do reservatório, não é possível chegar a uma equação que forneça diretamente o volume mínimo do reservatório, sendo necessário um processo de tentativas, ou seja, é necessário testar dimensionamentos de reservatórios não só em relação ao seu volume como também a sua forma bem como dispositivos de saída.

Para a condução do método, é necessário em primeiro lugar obter o hidrograma do lote na pior situação do lote relativo à situação natural. Para tanto, adota-se a hipótese do método racional segundo a qual a pior situação ocorre para uma chuva de duração igual ao tempo de concentração da bacia considerada, no caso o lote. A seguir, é necessário obter o pior hidrograma de entrada no reservatório para a situação construída; infelizmente não há como saber *a priori* qual é a pior situação, sendo necessário construir alguns hidrogramas para diferentes durações de chuva. O passo seguinte consiste em obter hidrogramas de saída para os hidrogramas de entrada acima referentes às diferentes durações de chuva; o hidrograma de entrada que produzir o hidrograma de saída com o maior pico será o mais crítico. A obtenção de um hidrograma de saída a partir de um hidrograma de entrada faz-se a partir da integração numérica da equação da continuidade na forma:

$$(\text{vazão que entra}) = (\text{vazão que sai}) + (\text{derivada do volume em relação ao tempo})$$

Deve ser levado em conta o extravasamento do reservatório. Se o pico do hidrograma de saída crítico for maior do que o pico do hidrograma crítico da condição natural, deve-se propor novo reservatório e/ou novas condições de saída. Quando o pico do hidrograma de saída for menor ou igual ao pico do hidrograma crítico da condição natural, tem-se então um reservatório com controle na saída dimensionado segundo o princípio do impacto zero.

Evidentemente este é um método trabalhoso. Na realidade, o objetivo ao propô-lo era verificar o quanto a fórmula existente no código poderia conduzir a um reservatório coerente com princípios de impacto zero.

O Eng.º Plínio Tomaz realizou um estudo para determinar o volume de reservatórios de lote utilizando o método de Baker. Tal estudo foi aproveitado pela municipalidade de Guarulhos, subsidiando o artigo 201 da lei municipal 5617/2000 (Código de Obras) (anexo 3.3.2.2.). Considerando que nos seus cálculos ele utilizou a fórmula de Paulo Sampaio Wilken, considerada representativa da Região Metropolitana de São Paulo, eles poderiam ser eventualmente aproveitados para o Município de São Paulo também. Se este for o caso, alguns pressupostos do seu cálculo precisam ser conhecidos:

Tamanho do lote	Área do lote	Período de retorno	Compr. terreno	Coef. Manning		Decl. Adotada	Tempo (min)		Coef. Esc. Superf.		Volume do reserv.
				antes	depois		antes	depois	antes	depois	
Mxm	(m <sup>2</sup> )	anos	m	antes	depois	M/m	antes	depois	antes	depois	litros
5x25	125	2	25	0,2	0,025	0,01	11,08	2,78	0,1	0,7	557
10x25	250	2	25	0,2	0,025	0,01	11,08	2,78	0,1	0,7	1114
12x25	300	2	25	0,2	0,025	0,01	11,08	2,78	0,1	0,7	1337
15x27	400	2	27	0,2	0,025	0,01	11,69	2,9	0,1	0,7	1852
15.33,33	500	2	33,33	0,2	0,025	0,01	13,6	3,3	0,1	0,7	2594
15x40	600	2	40	0,2	0,025	0,01	15,47	3,8	0,1	0,7	3512

Como resultado, o art. 201 da lei 5617/2000 do Município de Guarulhos estabelece a obrigatoriedade de serem construídos reservatórios de detenção nos lotes com os seguintes volumes de retenção:

Área do lote	Volume de retenção (litros)
125	500
250	1000
300	1500

500	2500
600	3500
> 600	6 l/m <sup>2</sup>

Tucci (2000), também utilizando o método de Baker, dimensionou o volume de detenção de reservatórios para diversas cidades brasileiras para períodos de retorno de 2 e 5 anos, conforme apresentado nas tabelas seguintes:

*Volumes de detenção em m<sup>3</sup> em função do tamanho do lote para algumas cidades brasileiras calculados pelo método de Baker. TR = 2 anos.*

cidade	Área do lote (m <sup>2</sup> )			
	300	400	500	600
Florianópolis	1,14	1,74	2,26	3,08
Aracaju	1,42	2,12	2,73	3,6
Belém	1,79	2,67	3,44	4,58
B. Horizonte	1,66	2,47	3,18	3,48
Caxias do Sul	1,36	2,03	2,62	4,7
Cuiabá	1,86	2,77	3,57	4,1
Curitiba	1,63	2,42	3,12	5,5
Fortaleza	2,18	3,25	4,19	4,7
Goiânia	1,86	2,77	3,57	3,2
R. Janeiro	1,2	1,84	2,39	3,1
J. Pessoa	1,19	1,81	2,34	2,7
Maceió	1,04	1,58	2,05	5,0
Manaus	2,01	2,98	3,84	3,3
Natal	1,3	1,94	2,5	4,2
Niterói	1,67	2,49	3,21	3,3
P. Alegre	1,3	1,94	2,5	5,2
Porto Velho	2,07	3,09	3,98	4,4
Rio Branco	1,74	2,6	3,36	3,0
Salvador	1,15	1,75	2,27	3,8
S. Luiz	1,43	2,18	2,82	4,29
S. Carlos	1,66	2,49	3,21	3,5
Uruguaiana	1,32	2,01	2,6	4,0
Média	1,54	2,32	2,99	0,9
Desv.-padrão	0,33	0,48	0,61	0,2
Cv	0,21	0,21	0,21	0,2
q(l/m <sup>2</sup> )	5,15	5,79	5,98	6,66

*Volumes de detenção em m<sup>3</sup> em função do tamanho do lote para algumas cidades brasileiras calculados pelo método de Baker. TR = 5 anos.*

cidade	Área do lote (m <sup>2</sup> )			
	300	400	500	600
Florianópolis	1,21	1,87	2,43	3,33
Aracaju	1,57	2,34	3,02	4,02
Belém	1,93	2,89	3,72	4,96
B. Horizonte	1,94	2,89	3,72	4,94

Caxias do Sul	1,49	2,23	2,88	3,85
Cuiabá	2,14	3,18	4,1	5,44
Curitiba	1,94	2,89	3,73	4,95
Fortaleza	2,46	3,66	4,72	6,26
Goiânia	2,14	3,19	4,1	5,44
R. Janeiro	1,28	1,97	2,57	3,52
J. Pessoa	1,31	1,99	2,58	3,49
Maceió	1,14	1,74	2,26	3,07
Manaus	2,27	3,36	4,33	5,72
Natal	1,37	2,05	2,65	3,54
Niterói	1,91	2,86	3,68	4,91
P. Alegre	1,42	2,13	2,75	3,68
Porto Velho	2,29	3,41	4,39	5,83
Rio Branco	1,84	2,75	3,55	4,75
Salvador	1,23	1,88	2,44	3,34
S. Luiz	1,5	2,3	2,98	4,07
S. Carlos	1,78	2,68	3,46	4,64
Uruguaiana	1,41	2,16	2,8	3,83
Média	1,71	2,56	3,31	4,44
Desv.-padrão	0,40	0,57	0,73	0,94
Cv	0,23	0,22	0,22	0,21
q(l/m2)	5,69	6,41	6,62	7,39

É fundamental observar que Canholi, conforme compreendemos em comunicação pessoal, entenderia que não é interessante dimensionar os reservatórios de detenção do lote com períodos de retorno muito baixos, como 2 ou 5 anos, porque chuvas com esta frequência normalmente não causam inundações em São Paulo.

Quanto ao custo de implantação de reservatório de detenção de lote, Cruz; Tucci; Silveira (2000) fornecem os dados, relativos a Porto Alegre, apresentados na tabela a seguir. Os esquemas construtivos dos reservatórios referidos na tabela estão apresentados na figura 3.3.2.1.

Como conclusão, os autores observam que a estrutura gramada aberta tem custo de implantação da ordem de 3 a 4 vezes inferior ao das estruturas subterrâneas para o mesmo volume. O dispositivo cilíndrico tem custo equivalente aos demais subterrâneos até volumes da ordem de 2 m<sup>3</sup>, sendo acima disso bem elevado o custo de implantação. As estruturas 1, 2, 5 e 6 têm curvas de custos com comportamentos semelhantes, com superioridade para os dispositivos 2 e 6 por apresentarem maiores áreas em planta, o que implica maiores usos de concreto armado (lajes). A consideração de custos de manutenção tem maiores influências no caso do dispositivo aberto, visto que este tem menor custo de implantação e necessita de manutenção mais periódica, devido a problemas com a saúde pública; este tipo de estrutura tem custo de manutenção anual avaliado em US\$ 130, o que pode levá-lo a atingir o custo dos demais em 4 ou 5 anos.

Tipo de reservatório	Volume (m <sup>3</sup> )	Custo total de implantação (US\$)
Reservatório de 1 m de profundidade lacrado (1)	1,0	306,77
	1,5	378,73
	2,0	450,69
	2,5	522,65
	3,0	594,61
Reservatório de 0,40 m de profundidade lacrado (2)	1,0	364,10
	1,5	448,11

	2,0	531,33
	2,5	614,55
	3,0	697,76
Reservatório cilíndrico (3)	1,0	281,77
	1,5	416,66
	2,0	551,55
	2,5	686,44
	3,0	821,33
Reservatório aberto gramado (4)	1,0	84,6
	1,5	112,06
	2,0	139,51
	2,5	166,96
	3,0	194,42
Reservatório de 1 m de profundidade com infiltração em solo batido (5)	1,0	283,56
	1,5	346,59
	2,0	409,62
	2,5	472,66
	3,0	535,69
Reservatório de 0,40 m de profundidade com infiltração em solo batido (6)	1,0	314,90
	1,5	378,89
	2,0	442,87
	2,5	506,86
	3,0	570,84

### 3.3.3. Crítica adicional ao item 10.1.5.

Uma restrição que a Comissão faz ao item 10.1.5 é que ele ignora outras medidas de controle de drenagem na fonte que não a reservação. O relator apresentou para a Comissão um resumo do trabalho de Genz; Tucci (1995) (anexo 3.2.1.), que informa a respeito de medidas de controle distribuídas:

- a. *Planos de infiltração*: em geral são gramados laterais que recebem a precipitação de uma área permeável (fig. 3.3.3.1.). O dimensionamento do volume pode ser feito através da multiplicação da vazão obtida pelo método racional pela duração da chuva efetiva considerada, acrescido de 25% para considerar a precipitação antecedente. O volume associado a uma vazão de período de retorno de 2 anos deve ser totalmente infiltrado em 36 horas. Valores de taxas de infiltração são disponíveis em tabelas. (A rigor, uma área livre de pavimentação ou construção deveria receber os cuidados de um plano de infiltração.)
- b. *Bacias de percolação*: são dispositivos construídos para recolher água da cobertura e criar condições de escoamento através do solo; para tanto, o solo é removido e preenchido com cascalho (fig. 3.3.3.2.); dependendo do solo, é necessário melhorar as condições de drenagem; para solos argilosos, é necessário drenar o dispositivo de saída.
- c. *Armazenamento*: pode ser efetuado através de pequenos reservatórios residenciais, que já foram objeto de comentários, e superfícies pavimentadas. Estas últimas podem ser utilizadas para reter parte do volume de escoamento superficial, gerado pela própria superfície ou por áreas adjacentes; alguns tipos destas superfícies são: estacionamentos, quadras esportivas e áreas de pouco trânsito. As quadras esportivas descobertas não são usadas durante dias chuvosos, podendo formar-se portanto uma lâmina de água sobre o pavimento, desde que ele não se deteriore significativamente com a frequência desta ocorrência e que, após a precipitação, esvazie-se dentro de um período aceitável. No caso de estacionamentos, deve-se evitar que a lâmina seja superior a 20 cm para uma cheia de cinco a dez anos de período de retorno, com esvaziamento de até 30 minutos, e procurar localizar os pontos mais baixos em áreas de pouco uso.

A Comissão não recomenda que na cidade de São Paulo o armazenamento seja praticado em estacionamentos.

Canholi (1995) cita classificação de Nakamura segundo a qual os dispositivos de infiltração podem ser classificados em dois grupos principais: métodos dispersivos e métodos em poços. Os primeiros incluem superfícies de infiltração, bacias de percolação e pavimentos porosos, entre outros (vamos tratar dos pavimentos porosos mais adiante). Os métodos em poços incluem poço de infiltração seco e poço de infiltração úmido.

Canholi informa que os poços de infiltração são mais recomendados que as demais medidas de contenção quando não se dispõe de espaços ou ainda quando a urbanização existente, já consolidada, inviabilize a implantação de medidas dispersivas de aumento da infiltração. Por outro lado, para a operação mais eficiente dos poços é necessário que o nível freático se encontre suficientemente baixo em relação à superfície e que o subsolo possua camadas arenosas. A qualidade da água drenada é outro fator que pode restringir a implantação de poços.

Em suma, o item 10.1.5, ao se concentrar apenas em "áreas livres de pavimentação ou construção" e em reservatórios, ignora outras medidas de controle de escoamento distribuídas, provavelmente dificulta sua aplicação e provavelmente induz os projetistas a não buscá-las.

### **3.3.4. Sugestões de aprimoramento do item 10.1.5.**

As observações acima são suficientes para concluir o exame da Comissão com relação ao item 10.1.5 do anexo I da lei municipal 11.228/1992. Cabe agora à Comissão apontar sugestões.

Os estudos que o relator conduziu para a Comissão Especial para a Elaboração de Estudos de Políticas Públicas para o Controle da Permeabilidade do Solo Urbano no Município de São Paulo forneceram-lhe subsídios para sugerir algumas alterações ao Código de Obras e Edificações em vigor no Grupo de Trabalho instituído pela Portaria 70/SMMA-G/2001, com a finalidade de propor, no âmbito de SMMA, alterações ao Código. Posteriormente estas sugestões foram levadas a discussão na Comissão.

Tais sugestões contemplam dois grandes grupos. O primeiro trata da inserção no Código, em substituição ao item 10.1.5, da obrigatoriedade de realização de medidas de controle distribuídas, a saber, planos de infiltração, bacias de percolação e reservatórios, entre outros. Estaríamos no melhor dos mundos se a adoção das medidas de reservação viabilizasse o reuso da água. Evidentemente induzir a realização de medidas de controle distribuídas dentro de um padrão de qualidade técnica adequado constitui-se em um problema razoável de redação do texto legal, a par da dificuldade de fiscalização, o que aliás já ocorre com o texto em vigor.

O segundo grupo está relacionado com a argumentação seguinte. Há pessoas desejosas de que a regulamentação tratando da reserva do lote livre de pavimentação ou construção seja aumentada de 15 para 30%. Este desejo envolve alguns problemas. Primeiramente, em alguns casos isso provocará uma certa incompatibilidade com a atual legislação de uso e ocupação do solo. Em segundo lugar, o aumento dessa reserva vai provocar oposições. Em terceiro lugar, talvez seja o caso de perguntar o quanto a reserva de área do lote favorece o interesse de controle de inundações. Em quarto lugar, é importante que outros interesses ambientais sejam contemplados também. Finalmente, é interessante que ao empreendedor esteja disponível um conjunto de soluções mais flexível que simplesmente uma exigência de certa área livre de pavimentação e construção.

A adoção simultânea da obrigatoriedade de execução de medidas de controle distribuídas bem como a adaptação da legislação referente ao Fator de Superfície de Biótopo (BFF) do Estado de Berlim, denominado Fator de Qualidade Ambiental no citado Grupo de Trabalho, poderia conciliar parcialmente os interesses divergentes listados acima. A idéia, em termos gerais, é que se exija 30% do lote como superfície vegetada em contato com o solo (anexo 4.3.4.1.). Evidentemente será difícil alcançar esta meta. Assim, poder-se-ia admitir outros tipos de superfície, que seriam ponderadas com um fator menor do que um, que dessa forma compensariam o fato de tais superfícies não se constituírem no ideal de serem vegetadas em contato com o solo. Os fatores de ponderação poderiam assumir os valores da tabela abaixo:

*Fatores de ponderação para fins de cálculo do FQA*

<b>Fator de ponderação F<sub>Pi</sub></b>	<b>Tipo de superfície</b>
1,0	Superfície de jardim, arborizado ou não, em contato com o solo.
0,7	Coberturas de edifícios ajardinadas extensivamente, exceto no caso de prédios muito altos.
0,7	Superfícies de jardim sem contato com o solo, em particular sobre porões ou sobre garagens, ou ainda em jardins arborizados nas coberturas de edifícios, com uma camada de solo superior a 80 cm de solo.
0,5	Superfícies de jardim sem contato com o solo, em particular sobre porões ou sobre garagens, ou ainda em jardins arborizados nas coberturas de edifícios, com uma camada de solo entre 30 e 80 cm de solo.
0,5	Superfícies semi-descobertas, ou seja, superfícies com revestimento permeável ao ar e à água que permitam infiltração e também crescimento de vegetação, tais como: cascalho com relva, pisos com juntas-gramas, grelhas na relva ou ladrilhos na relva.
0,5	Empenas cegas e muros vegetados, até uma altura máxima de 10 m.
0,3	Superfícies semi-permeáveis, ou seja, superfícies com revestimento permeável ao ar e à água que permitem razoável infiltração, mas não suportam nenhum crescimento de vegetação, tais como: pisos em mosaico, pisos em madeira, superfícies de areia, superfícies de cascalho, solos bastante compactados, revestimentos permeáveis de plástico, ou cascalho em superfícies de uso intensivo.
0,2	Área de cobertura não ajardinadas, desde que as águas pluviais que escoam sobre esta cobertura sejam infiltradas no solo do terreno.
0	Superfícies impermeáveis ao ar e à água, sem crescimento de plantas, tais como: concreto, asfalto, cerâmica, ladrilhos.

É importante ressaltar que o FQA, se adotado, teria significado e importância análogo a outros índices urbanísticos como a taxa de ocupação e o coeficiente de aproveitamento. Além disso, o FQA deve ser entendido mais como um índice de planejamento e não tanto um instrumento de disciplina legal. O que se propõe é que o Código fixe um FQA mínimo para todo o Município, digamos, 30%. Ao mesmo tempo, deveriam ser conduzidos estudos nas diferentes regiões que compõem o Município para que o planejamento local determine as necessidades locais e se fixem dessa forma regulamentos eventualmente mais exigentes para o FQA.

Pode-se pensar em eventualmente exigir que uma parte do lote permaneça obrigatoriamente como superfície de jardim em contato com o solo.

O fundamental que deve ser observado em relação ao FQA é que ele não trata apenas de interesses de drenagem. Na verdade, há outros interesses ambientais envolvidos no índice, a saber:

- microclima
- higiene do ar;
- funções do solo;
- ciclo hidrológico;
- habitat da flora e fauna;
- melhoria da qualidade de vida do entorno.

Finalmente, é importante observar que a tabela de fatores de ponderação apresentada acima, embora adaptada, é no fundamental a tabela de fatores de ponderação do Estado de Berlim. Tal tabela foi confeccionada a partir de considerações de evapotranspiração, capacidade de retenção de poeira, manutenção e desenvolvimento de funções do solo bem como habitat adequado para a

fauna e a flora. Se se pretende eventualmente adotar tal regulamentação, seria interessante adaptar a tabela de fatores de ponderação para as condições de São Paulo.

#### **4.4. Sugestões adicionais de ordem legal**

Além do aprimoramento do item 10.1.5, outras sugestões podem ser feitas, ainda no campo de proposição de novas leis.

##### **4.4.1. Aplicação do princípio do poluidor pagador à drenagem urbana**

O relator apresentou à Comissão um estudo tratando do tema (anexo 4.4.1.1.). A aplicação do princípio do poluidor pagador à drenagem urbana pode se dar de três maneiras. Uma delas é a cobrança pela impermeabilização do solo. Outra é a criação de um mercado de títulos que dão direito à impermeabilização, ou à venda, por parte das autoridades, do direito de impermeabilizar, desvinculado do direito de propriedade da terra. Finalmente, uma última possibilidade de aplicação do princípio do poluidor pagador à drenagem urbana é a responsabilidade civil relativa aos danos provocados por inundações. O trabalho apresentado trata das duas primeiras possibilidades.

Foi proposta uma metodologia para a realização da cobrança. Foram consideradas duas possibilidades: bacias onde não há previsão de construção de estruturas hidráulicas destinadas à diminuição de probabilidade de inundações e bacias onde há.

Para as primeiras, o relator argumentou, baseado em considerações de danos marginais, pela cobrança de preço público de impermeabilização *PPI* ao empreendedor que provoque variação positiva na área impermeável da bacia *D Ai* correspondente ao seguinte montante:

$$PPI = DMAMg \cdot D Ai \cdot (1 + d) / d$$

sendo:

*DMAMg*: dano médio anual marginal;

*d*: fator de desconto.

O dano médio anual marginal corresponde à derivada da curva obtida a partir da integração da curva de danos em função da área impermeável da bacia para diferentes probabilidades.

Para as bacias onde há previsão de construção de estruturas hidráulicas destinadas a diminuir a probabilidade de inundações, o relator argumenta por:

$$PPI = CMg \cdot D Ai$$

sendo:

*CMg*: custo marginal da estrutura hidráulica, obtido pela derivada do custo da estrutura hidráulica em relação à área impermeável da bacia.

Em resumo, nas bacias onde há previsão de construção de estruturas hidráulicas destinadas a diminuir a probabilidade de inundações, o responsável pelo aumento da impermeabilização da bacia pagaria pelo custo adicional que o Poder Público incorreria na construção da estrutura hidráulica devido ao aumento da impermeabilização, sendo apresentada a formulação matemática para tal. Nas bacias onde não há tal previsão, o responsável pelo aumento da impermeabilização pagaria pelo aumento dos danos de inundação a jusante provocados pelo aumento da impermeabilização, sendo igualmente apresentada a formulação matemática.

##### **3.4.2 Obras de detenção "in situ"**

Referem-se aos reservatórios implantados para controlar áreas urbanizadas restritas, como condomínios, loteamentos e distritos industriais.

Os estudos realizados pela Comissão a respeito do tema estão tratados no item 2.2. São adicionados aqui alguns comentários de Canholi (1995).

Canholi (1995) é da opinião que no Brasil este conceito, para as novas áreas a serem ocupadas, como os loteamentos, condomínios e zonas industriais, enquanto critério de aprovação pelos órgãos competentes, deveria ser aplicado. Observa que para a formulação desta regulamentação é necessária uma ampla discussão envolvendo diversas áreas de especialidade, principalmente quanto aos aspectos relativos a:

- definição dos critérios para dimensionamento hidrológico/hidráulico das bacias e órgãos de controle, envolvendo o critério geral de impacto a jusante, capacidade do sistema existente e outros;
- definição dos demais critérios para o projeto civil e análise das questões ambientais;
- definição das formas de compensação fiscal ou outras dos investimentos eventualmente realizados pelos proprietários;
- caracterização das responsabilidades quanto à inspeção, operação e manutenção destas áreas (proprietário ou órgão público);
- controle e monitoramento das aspectos de qualidade d'água, vetores de doença e outros.

Canholi lembra ainda que alguns autores (Edwards e Urbonas) observam que pode ser desaconselhável a pulverização de bacias de detenção em virtude das dificuldades e custos de inspeção, operação e manutenção, e das próprias incertezas quanto à real eficácia hidráulica destes sistemas, visto que em certos casos pode ocorrer o resultado inverso ao pretendido, ou seja, a ampliação dos picos de vazão. É recomendada portanto uma análise global do problema em fase anterior ao projeto de tais sistemas.

### **3.5. Recomendações de ordem administrativa: pavimentos permeáveis**

Até agora a Comissão fez apenas considerações de ordem legal. Entende porém a Comissão que deve fazer recomendações administrativas ao Executivo no sentido de proceder a estudos para o estabelecimento de padrões e práticas referentes a pavimentos permeáveis.

Segundo Genz; Tucci (1995) (v. também anexo 3.2.1.), pavimentos permeáveis podem ser utilizados em passeios, estacionamentos, quadras esportivas e ruas de pequeno tráfego. Em ruas de grande tráfego, este tipo de pavimento pode ser deformado e entupido, tornando-se impermeável. Pavimentos permeáveis podem ser de concreto ou de asfalto e são construídos da mesma maneira que os pavimentos tradicionais, com a diferença que o material fino é retirado da mistura (fig. 3.5.1.). Existem também os pavimentos construídos com módulos de blocos de concreto vazados.

Quando estes pavimentos são construídos para reter parte da drenagem, é necessário que sua base esteja a pelo menos 1,2 m acima do lençol freático do período chuvoso. A base deve ser drenada com canos perfurados. Existem desvantagens para este tipo de controle: manutenção do sistema para evitar que ele fique colmatado com o tempo; maior custo direto de construção (sem considerar o benefício da redução dos condutos de drenagem); contaminação dos aquíferos.

Genz; Tucci (1995) e Canholi (1995) apresentam resultados empíricos do desempenho de pavimentos permeáveis. Tais resultados indicam desempenho que pode ser considerado bom.

## **4. Conclusões e recomendações**

A Comissão Especial para a Elaboração de Estudos de Políticas Públicas para o Aumento da Permeabilidade do Solo Urbano no Município de São Paulo foi constituída inicialmente pela constatação de que a impermeabilização excessiva da cidade, a par de ocasionar enchentes e alagamentos, que impedem o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e do bem estar de seus habitantes, provoca degradação ambiental e confere péssima qualidade urbanística e de vida ao ambiente urbano.

Em decorrência do estudo da legislação existente, do histórico das medidas estruturais e não estruturais adotadas ao longo tempo como política de combate e prevenção de enchentes no Município de São Paulo, a Comissão dedicou-se ao estudo do uso e ocupação do solo, na medida em que a ocupação dos álveos dos rios e das várzeas – espaços naturais de amortecimento das cheias – ocorre sistematicamente em proporções gigantescas, acompanhada da remoção da

vegetação das camadas superficiais de solo que desencadeia assoreamento dos cursos d'água e contribui para os processos de erosão.

A 1ª recomendação da Comissão foi portanto, a introdução de espaço para a reserva de águas pluviais, com base em estudos hidrológicos, com vistas a garantir a retenção de águas pluviais, área permeável nos lotes e preservar suas áreas verdes. O resultado dos estudos foi apresentado como um modificativo para o PL 583/99 que dispõe sobre o parcelamento, uso e ocupação do solo no Município de São Paulo que foi aprovado através da Resolução nº 49/CADES/2000.

Na segunda parte do trabalho desta Comissão, objetivando o aumento da permeabilidade do Solo Urbano, foram consideradas as medidas existentes e as propostas para a reserva no lote além de outras medidas de controle de drenagem na fonte que não a reserva.

As principais conclusões dos estudos relativos à reserva no lote são:

1. O item 10.1.5 do anexo I da Lei Municipal 11.228/92 pode ser aprimorado na medida em que:
  1. a reserva de 15% de área livre do lote nem sempre garante significativa infiltração.
  2. a consideração do custo de outras estruturas como a área gramada aberta custa de 3 a 4 vezes menos do que a estrutura de reserva construída.
  3. O COE ignora outras medidas de controle de drenagem na fonte e neste sentido, deve ser induzida a instalação no lote de medidas de controle distribuídas, a saber, planos de infiltração, bacias de percolação e reservatórios, dentro de parâmetros técnicos adequados e atualizados. Idealmente a reserva deve estimular o reuso da água. A Comissão reconhece que tal indução envolve um desafio razoável do ponto de vista de técnica legislativa, que precisa ser encarado.
  4. Ainda no âmbito do aprimoramento do item 10.1.5, a Comissão entende como desejável a instituição de fatores de ponderação menores do que a unidade que permitam ao empreendedor compensar áreas vegetadas em contato com o solo através de áreas que não o sejam, criando-se condições efetivas para a obrigatoriedade deste tipo de área em porcentagem mínima para o lote. Tais fatores tem embasamento científico e são calculados no Fator Superficial de Biótipo (BFF) do Estado de Berlim. Desta forma, são atendidos outros interesses ambientais que não apenas o de aumentar a infiltração, a saber, microclima, higiene do ar, funções do solo, ciclo da água, hábitat da flora e fauna e melhoria da qualidade de vida do entorno. É necessária pesquisa para adaptar a tabela de fatores de ponderação do Estado de Berlim à realidade de São Paulo. A área equivalente de superfície gramada em contato com o solo deve ser entendida como um *minimum minimorum*, podendo ser eventualmente majorada em função das necessidades apontadas pelo planejamento local.
2. A construção de reservatório no próprio lote poderá ser substituída pelo pagamento do valor calculado para tal obra, pois muitas vezes o reservatório no lote não é mais necessário quando um sistema de contenção para toda a bacia é construído pela Prefeitura ou Estado. O caso da bacia do Pacaembu é um exemplo.
3. O disciplinamento da reserva no lote deve atentar para as especificidades das bacias hidrográficas e para a localização do lote dentro da bacia hidrográfica.
4. A Comissão sugere:
  1. A aplicação do princípio poluidor pagador à drenagem urbana que pode se dar, por exemplo, através de cobrança de preço público por impermeabilização, por compensação de área ou por vias tributárias.
  2. A criação de um Fundo Municipal de Drenagem com aplicação dos recursos de cobrança de preço público por impermeabilização ou compensação de áreas, vinculadas à construção de estruturas hidráulicas relacionadas à drenagem urbana.
5. A Comissão recomenda que a PMSP proceda estudos para o estabelecimento de padrões e práticas referentes a pavimentos permeáveis, incluindo o incremento de vegetação nas vias públicas e passeios.
6. Sugere ainda, que antes de qualquer manifestação do Poder Executivo acerca do PL 320/97 de autoria do Vereador Adriano Diogo, sejam contemplados todos os estudos que vem sendo elaborados pela Prefeitura, principalmente aqueles que

subsidiar tecnicamente alterações no PL que dispõe sobre a Revisão do Código de Obras e Edificações.

Por fim, a Comissão recomenda que cópias do presente relatório, se aprovado pelo plenário do CADES, sejam encaminhadas:

- a. à Secretaria Municipal de Planejamento, responsável pela coordenação dos Grupos de Trabalho que discutem o Plano Diretor do Município de São Paulo;
- b. à Comissão de Política Urbana da Câmara Municipal, responsável pelos trabalhos relativos ao PL que trata da revisão do Código de Obras e Edificações.

## **5. Referências**

CANHOLI, A.P. **Soluções estruturais não convencionais em drenagem urbana**. Tese apresentada à Poli/USP para obtenção do título de doutor em engenharia. São Paulo, 1995.

CRUZ, M.C.; TUCCI, C.E.M.; SILVEIRA, A.L.L. Controle do escoamento em lotes urbanos com retenção. In: TUCCI, C.E.M.; MARQUES, D.M.L.M. (orgs) **Avaliação e controle da drenagem urbana**. Porto Alegre: ABRH, 2000.

GENZ, F.; TUCCI, C.E.M. Controle do impacto da urbanização. In: TUCCI, C.E.M.; PORTO, R.L. (orgs.) **Drenagem urbana**. Porto Alegre: Ed. UFRGS/ABRH, 1995. (Col. ABRH de Recursos Hídricos volume 5)

TUCCI, C.E.M. Estimativa do volume para controle da drenagem urbana. In: TUCCI, C.E.M.; MARQUES, D.M.L.M. (orgs) **Avaliação e controle da drenagem urbana**. Porto Alegre: ABRH, 2000.