

Instrumento legal para mitigação do excesso de escoamento superficial em lotes individuais: uma abordagem técnica e econômica

Pedro Augusto Pinheiro Fantinatti



Engenheiro Civil, Mestre e Doutor em Engenharia Civil. Pós-doutorado pelo DRH/FEC/UNICAMP. Pesquisador do LADSEA/UNICAMP. Professor do Instituto Federal de São Paulo. Caraguatatuba [SP], Brasil. <pedroapf@yahoo.com>.

Antonio Carlos Zuffo



Engenheiro Civil, Mestre e Doutor em Engenharia Civil. Pós-doutorado pela University of Toronto [Ontário, Canadá]. Coordenador do LADSEA/UNICAMP. Professor Livre Docente do DRH/FEC/UNICAMP. Campinas [SP], Brasil. <zuffo@fec.unicamp.br>.

Nota: Este artigo apresenta parte dos resultados da Tese de Doutorado do primeiro autor. Ambos autores são fundadores do LADSEA – Laboratório de Apoio à Decisão orientada à Sustentabilidade Empresarial e Ambiental. Cabem agradecimentos ao CNPq, pelo subsídio nos últimos 6 meses e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil do DRH/FEC/UNICAMP.

Resumo

A água é o mais importante um recurso natural. Sabe-se o quanto necessário é cuidar desse recurso essencial. Uma forma de manter a água em seu fluxo natural se dá por meio de estruturas que proporcionem a infiltração da água de chuva no solo. Poucas pesquisas têm tratado sobre os custos de dispositivos que propiciam a infiltração da água de chuva. Verificou-se que os custos destes dispositivos são menores de meio por cento dos custos totais de construção de obras individuais. Acredita-se que há uma lacuna a ser preenchida em relação às investigações a respeito de todos os custos e benefícios envolvidos nas ações (individuais e coletivas) a respeito da mitigação e ou compensação da impermeabilização do solo em áreas urbanas. Por outro lado, acredita-se que as estruturas tradicionais não estão preparadas para resolver as questões ambientais por desconsiderarem que a economia é um subsistema da natureza, a qual deveria limitar o desenvolvimento da primeira e não o contrário.

Palavras-chave

Desenvolvimento sustentável, gestão dos recursos hídricos, ciclo hidrológico, escoamento superficial, dispositivos de infiltração de água de chuva.

Legal instrument to mitigate the excess runoff on individual plots: a technical and economic approach

Abstract

Water is one the most important natural resource. It has been known how necessary is to take care of this essential resource. One way to keep water on its natural flow could be aiming the water flow to infiltrate in the soil. Few researches have treated about the costs of devices which make the water flows going directly to the soil. We have found that the costs are less than a half percent of the costs of entire buildings. We believe that there is a gap in relation to inquiries about all the costs and benefits involved in the actions (individual and collective) on the mitigation of impervious surfaces in urban areas. Moreover, we believe that traditional structures are not prepared to solve environmental issues because they do not regard that the economy is a subsystem of nature, which would limit its development. They do just the opposite.

Keywords

Sustainable development, water management, hydrological cycle, runoff, rainwater infiltration devices.

Introdução

Um dos maiores impactos ambientais decorrentes do processo de urbanização (uso e ocupação do solo) se refere à impermeabilização do solo (FANTINATTI, 2011).

Uma das externalidades negativas da impermeabilização do solo é o desequilíbrio que esta provoca no ciclo hidrológico, pois aumenta, por um lado, as vazões de pico, responsáveis pelos eventos de cheias (inundações); e, por outro, diminui a infiltração, responsável pela recarga dos aquíferos, causando, ao longo do tempo, diminuição das vazões mínimas, o que, por sua vez, provoca a diminuição do volume de água disponível nos corpos d'água.

Outra externalidade negativa se deve ao fato que as águas de chuva carregam poluição do ar e do solo impermeabilizado (por meio das enxurradas) até os cursos d'água, afetando, significativamente, sua qualidade. Em áreas urbanas, este efeito pode ser tão ou mais nocivo à qualidade dos cursos d'água que os esgotos sanitários (SCHUELER, 2000).

Muito se tem feito, atualmente, para mitigar e ou compensar o problema da impermeabilização do solo em processos de urbanização. Entre estas medidas, destacam-se ações de maior abrangência como a criação de zonas úmidas (SCHUELER, 1987 *apud* RANDOLPH, 2004) ou ações pontuais, tais como a exigência de dispositivos de infiltração em construções individuais estabelecida na Lei n.º 12.526, de 02 de janeiro de 2007 (SÃO PAULO, 2007).

Justificativa

Este trabalho se justifica por seu caráter elucidativo da necessidade e, principalmente, da viabilidade de se adotar dispositivos mitigadores das externalidades negativas dos processos de urbanização; neste caso, mais especificamente, os efeitos decorrentes da impermeabilização do solo sobre o ciclo hidrológico urbano, ao que se refere à diminuição da parcela de infiltração e recarga dos lençóis freáticos.

Objetivos

O objetivo deste artigo é demonstrar que ações individuais de mitigação dos efeitos da impermeabilização do solo não apresentam custos inviáveis para sua implantação; e podem, até mesmo, ser considerados insignificantes quando comparados, principalmente, aos custos totais de construção das edificações.

Instrumento Legal de Mitigação da Impermeabilização do Solo

No Estado de São Paulo, conforme citado anteriormente, há a Lei n.º 12.526 de 2007 (SÃO PAULO, 2007), a qual dispõe sobre a obrigação de se prever e implantar caixas de infiltração de águas pluviais em toda e qualquer edificação cuja área impermeabilizada seja igual ou superior a 500 m².

O motivo principal da publicação desta Lei se deve à prevenção de enchentes; porém, conforme já exposto, há outra externalidade negativa que pode ser mitigada pela adoção de caixas de infiltração em áreas urbanas, qual seja, a diminuição da parcela de infiltração e,

consequente diminuição da recarga dos lençóis freáticos devido à impermeabilização do solo.

Exemplo de Cálculo do Reservatório de Infiltração nos Moldes da Lei Estadual Paulista n.º 12.526/07

A seguir é apresentado um exemplo de cálculo do reservatório de acumulação nos moldes da Lei n.º 12.526 de 2007 (SÃO PAULO, 2007). Dimensionamento de um reservatório de acumulação para um edifício de área total construída de 1.200 m² localizado em um terreno retangular de dimensões iguais a 20 m de testada por 60 m de comprimento desde o alinhamento frontal até a divisa de fundos. Considerando que a taxa máxima de ocupação do terreno seja igual a 50% e que o edifício está construído junto ao recuo frontal, sendo este de 6 m e totalmente pavimentado.

Solução:

Conforme o Artigo 2 da Lei n.º 12.526/07, o sistema será composto de um reservatório de acumulação com capacidade calculada com base na Equação (1).

$$V = 0,15 \times A_i \times IP \times t \quad (1)$$

em que:

- V = volume do reservatório (m³);
- A_i = área impermeabilizada (m²);
- IP = índice pluviométrico igual a 0,06 m/h;
- t = tempo de duração da chuva (1 hora).

Assim, temos que, da Equação (1), IP e t já são pré-definidos, sendo a área impermeabilizada, A_i , determinada da seguinte maneira:

Como o terreno do exemplo tem 1.200 m², que é o mesmo valor da área total construída; porém, a taxa de ocupação é de 50%, ou seja, no máximo igual a 600 m²; isto nos indica que a construção deverá ser em 2 pavimentos – sendo um pavimento térreo e um pavimento superior. Desta forma, a área impermeabilizada correspondente à área da edificação propriamente dita será de 600 m²;

Mas, há, ainda, a área impermeabilizada do recuo frontal, igual a 120 m², correspondente aos 20 m de testada por 6 m de comprimento; totalizando 720 m² de área impermeabilizada. E, finalmente, da Equação (1), temos:

$$V = 0,15 \times 720 \times 0,06 \times 1 = 6,48 \text{ m}^3$$

Ou seja, de acordo com a Lei n.º 12.526/07, o volume mínimo da caixa de infiltração do exemplo acima deverá ser de 6,48 m³.

Aplicação da Lei n.º 12.526/07: o conflito entre as visões técnico-burocrática e econômica e a visão holística

Na prática, passados 5 anos da publicação da Lei n.º 12.526/07, pouco se tem visto sua aplicação, conforme verificou Fantinatti (2011).

De acordo com Fantinatti & Zuffo (2011), o Gerenciamento dos Recursos Hídricos (GRH) peca em sua essência por não levar em consideração dimensões consideradas transversais, tais como a dimensão ambiental ou a social, bem caracterizadas, por exemplo, no trabalho de Bana e Costa e Sanchez-Lopez (2009). Zuffo (2011) afirma, ainda, que é preciso promover uma mudança dos paradigmas atuais, quer seja o burocrático, quer seja o econômico – ainda vigentes no gerenciamento dos recursos hídricos no Brasil – para um paradigma holístico (RATTNER, 2000; RIBEIRO & VARGAS, 2001), em que se considerem todas as dimensões e os atores concernentes a ele (GRH) – em qualquer instância de seus processos decisórios, desde as etapas iniciais de mapeamento e planejamento.

Cavini (2002) apresenta um questionamento bastante pertinente, de que as estruturas tradicionais não estão preparadas para resolver as questões ambientais por considerarem que a natureza é um subsistema da economia e não o contrário. Esta consideração, segundo o autor, provoca a degradação indiscriminada da primeira que, por consequência, limita o desenvolvimento da segunda.

Nota-se que se apresenta, na prática, um conflito de interesses entre a visão holística, em que os problemas são analisados de levando-se em consideração todas as suas dimensões, conforme defendido por Pelizzoli (2002) e a visão meramente técnico-burocrática ou a visão econômica (ZUFFO, 2011).

Mas, o pior de tudo, como será demonstrado adiante, é que as barreiras à adoção, mais que urgente de ações de mitigação como a proposta pela referida Lei, são fruto da inércia técnico-burocrática ou da cegueira econômica.

Metodologia

Este trabalho é uma parte da Tese de Doutorado do primeiro autor (FANTINATTI, 2011), cuja orientação coube ao segundo autor.

Por este recorte da pesquisa, o primeiro autor buscou estabelecer um padrão de comportamento entre os atores envolvidos em questões de uso e ocupação do solo, nas quais estivesse claro o problema da impermeabilização do solo. Além dos resultados efetivos usados na Tese, os quais se referem ao comportamento dos atores visando estabelecer um padrão proativo para o mapeamento e escolha de atores que deveriam participar de uma conferência de decisão, pode-se extrair dados quantitativos importantes e inéditos a respeito do custo de implantação de dispositivos mitigadores das externalidades negativas decorrentes da impermeabilização do solo, ao que se refere à diminuição da parcela de infiltração e recarga dos lençóis freáticos.

Nesta etapa, foram identificadas algumas oportunidades de verificação das condições básicas para o desenvolvimento da pesquisa. Foram realizados dois estudos de caso, denominados de “estudos-piloto” por Fantinatti (2011), nos quais estava inserida a questão de impermeabilização do solo. O papel do pesquisador, nestes casos, com maior ou menor grau de influência, em função da percepção dos decisores, foi o de propor a adoção de medidas mitigadoras dos efeitos da impermeabilização a partir de técnicas existentes.

Primeiro estudo de caso

Unidade de análise 1: em uma fábrica de uma grande empresa multinacional, na região de Campinas, em uma sub-bacia do rio Capivari, identificou-se uma obra em andamento com área impermeável de cerca de 6.000 m², além de grande área disponível para expansão da

empresa, a qual está em constante ampliação. A fábrica está localizada em um terreno de um milhão de metros quadrados.

Foi feito um primeiro contato com os engenheiros responsáveis, por parte da empresa multinacional. Isto se deu em duas reuniões, com espaçamento de uma semana entre elas; sendo que a primeira contou com a participação do gerente (engenheiro civil) responsável pela administração das instalações e expansões (novas construções) e um engenheiro civil (que responde diretamente para o gerente), responsável pelo acompanhamento in loco das obras; na segunda reunião, além dos dois, também participou outro engenheiro civil, diretor da empresa terceirizada, e, responsável pela manutenção de toda a fábrica, inclusive áreas e instalações externas aos edifícios.

Após a verificação da existência da norma da própria multinacional que exige a execução de caixa de retenção e infiltração e, ainda, que as diretrizes para o dimensionamento desta caixa resultam em volumes, praticamente, idênticos aos da Lei Estadual n.º 12.526/07, foi proposta a busca de uma solução ainda menos impactante ao meio-ambiente. E, também, que esta nova etapa do processo fosse discutida e decidida com a participação de representantes de todos os atores (empresas) envolvidos no processo.

Assim, marcou-se uma primeira reunião para o processo de tomada de decisão a respeito da nova solução a ser adotada para os dispositivos de retenção e infiltração de águas pluviais da referida fábrica. Esta reunião ocorreu menos de um mês após a primeira, citada anteriormente.

Participaram da primeira reunião para decisão sobre a nova solução, representantes de todas as empresas envolvidas na obra: da multinacional, o engenheiro responsável pelo acompanhamento das obras; da empresa de manutenção: o próprio diretor, que também era o responsável direto pela manutenção na fábrica, em tempo integral; da construtora: o diretor da empresa (engenheiro civil); da instaladora: o diretor (engenheiro eletricitista); da gerenciadora: toda equipe, composta de três engenheiros civis e um estagiário de engenharia civil.

Na primeira reunião surgiram três (3) alternativas: manter a solução de projeto, ou seja, uma caixa de retenção e infiltração enterrada, executada em concreto armado; ou, executar uma pequena lagoa de retenção e infiltração; ou, ainda, executar uma canaleta em grama (vala de infiltração a céu aberto). E, obteve-se o consenso de que as duas últimas alternativas seriam de menor impacto do que a solução original, vindo ao encontro do objetivo inicial e motivo de realização da própria reunião. O engenheiro da construtora ficou responsável por apresentar os custos das duas soluções, os quais seriam compostos sob a supervisão e aval da gerenciadora. Marcou-se uma segunda reunião para daí uma semana e ficou estabelecido que fosse adotada a solução de menor custo. Apesar de haver um consenso geral de que a canaleta em grama seria de menor impacto que a lagoa de infiltração, pois, cálculos preliminares (das dimensões de ambas) permitiam inferir que a canaleta em grama promoveria uma maior superfície de contato de infiltração que a lagoa, considerando o mesmo volume de retenção, além de ocupar menor área edificável.

Vala de infiltração a céu aberto para águas pluviais: dimensões e custos

A solução original, caixa em concreto foi projetada com as seguintes dimensões: 8 m de comprimento por 5 m de largura por 1,5 m de profundidade com um volume de 60 m³, a ser executada em blocos de concreto. O valor contratual para execução dessa solução era de R\$ 64.128,40.

A solução alternativa em lagoa (não adotada) teria um custo total de cerca de R\$ 28.000,00 e ocuparia uma área aproximada de 40 m², tal qual a caixa inicialmente projetada, com profundidade média de 1,50 m e diâmetro aproximado de 7,15 m, totalizando 60 m³.

Finalmente, a solução adotada em canaleta revestida em grama, foi dimensionada conforme o perfil ilustrado na Figura 1, cuja seção transversal foi decidida contando com a participação, inclusive dos responsáveis por segurança e saúde do trabalho da multinacional, resultando em uma seção útil de 1,20 m². Assim foi determinado que seu comprimento fosse de 60 m, resultando em um volume útil de 72 m³. O custo desta solução foi de R\$ 9.597,00.

Segundo estudo de caso

No segundo estudo de caso, em um condomínio comercial, localizado em um loteamento fechado de médio-alto padrão na cidade de Campinas, na bacia do ribeirão Anhumas, identificou-se outra oportunidade de análise do problema da impermeabilização do solo.

Em princípio, esta pareceu mais uma boa oportunidade de estudo, uma vez que o condomínio já dispõe de normas próprias de uso e ocupação do solo, das quais consta a exigência de área mínima permeável de 20% da área do lote a ser edificado.

Este segundo estudo de caso acabou gerando mais 4 oportunidades de análise, sendo que, em 3 delas, houve sucesso na receptividade dos proprietários: um deles com lote já edificado e ocupado, outro com o edifício em construção e um terceiro em um edifício em fase de projeto.

Desta forma, este estudo foi subdividido em 3 unidades de análise (aqui denominadas unidades de análise 2, 3 e 4, respectivamente). E foi desenvolvido de janeiro de 2009 a setembro de 2009.

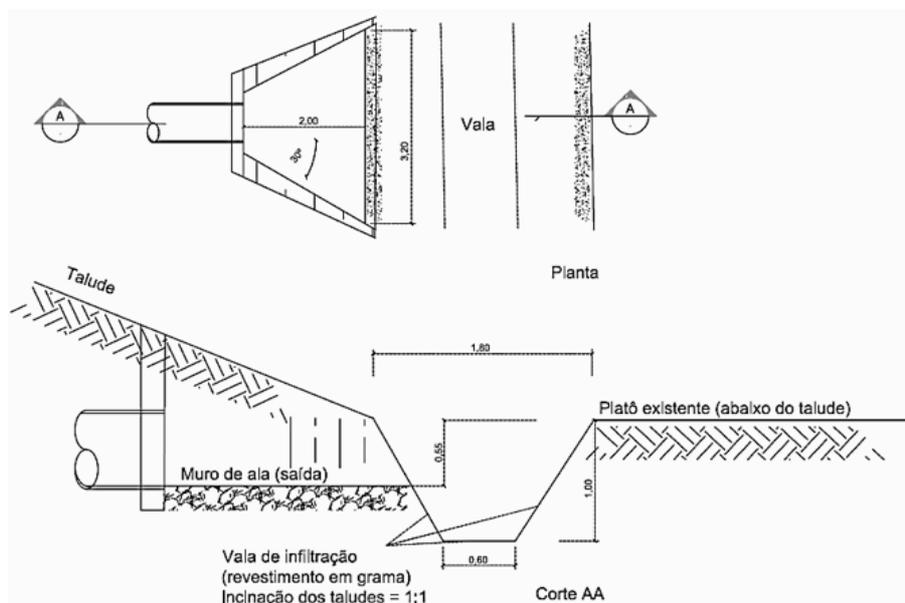


Figura 1. Planta e Seção transversal da canaleta em grama para retenção e infiltração de águas pluviais (medidas em metros). Adaptado de Fantinatti (2011).

Unidade de análise 2

O contexto desta unidade de análise é a de um edifício de 3 (três) pavimentos, com cerca de 700 m² (setecentos metros quadrados) de área total construída, cujo proprietário é um empresário do ramo de fast-food, sendo que o imóvel já estava alugado e em operação. Coube ao pesquisador explicar ao proprietário a existência e o propósito da Lei. Houve compreensão e aceitação imediata por parte do proprietário, que manifestou interesse em executar a caixa de retenção e infiltração em seu imóvel; porém, argumentou que precisaria conversar, primeiro, com o inquilino (uma empresa privada do ramo bancário). Cerca de 2 (duas) semanas após a primeira conversa, o proprietário entrou em contato com o pesquisador, afirmando que a empresa locatária de seu imóvel concordava que a obra fosse feita e solicitou auxílio no dimensionamento da caixa de retenção e infiltração para seu imóvel. A execução da mesma se deu cerca de 2 (dois) meses contados desde o primeiro contato. A Figura 2 apresenta um croqui da referida caixa.

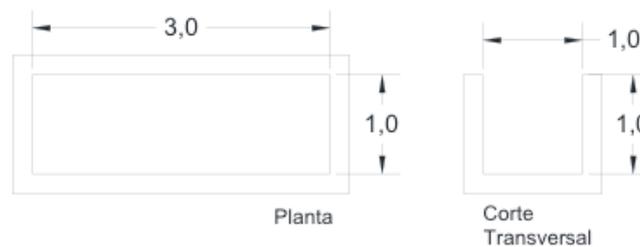


Figura 2. Croqui da caixa de retenção e infiltração de águas pluviais da unidade de análise 2 (unidades em metros). Adaptado de Fantinatti (2011).

Unidade de análise 3

O contexto desta unidade de análise é a de um edifício em construção, de 2 (dois) pavimentos, com cerca de 1.100 m² (um mil e cem metros quadrados) de área total construída, cujo proprietário é um empresário, sendo que a obra estava entrando na fase de acabamento. Foi feito um contato por telefone com o proprietário, o qual disse que todo e qualquer assunto pertinente à edificação deveria ser tratado com o engenheiro civil responsável pela sua execução, o qual, segundo o proprietário, teria plenos poderes de decisão. Na semana seguinte ao contato com o proprietário do imóvel, pôde-se conversar, também por telefone, com o engenheiro responsável pela execução do edifício e foi agendada uma reunião para o dia seguinte com o propósito de o pesquisador apresentar o problema e a proposta de aplicação prática de uma solução mitigadora do mesmo (conforme a Lei Estadual n.º 12.526).

No dia seguinte, novamente, houve aceitação imediata, por parte do engenheiro responsável pela execução do edifício, o qual, apesar de também desconhecer a existência da lei (da mesma forma que todos os atores entrevistados em todas as unidades de análise deste segundo estudo-piloto), mostrou-se, decididamente, consciente quanto aos efeitos dos processos de impermeabilização do solo sobre o ciclo hidrológico e, particularmente, em relação ao aumento das vazões máximas de cheia. O engenheiro confirmou a informação passada pelo proprietário de que ele (engenheiro) tinha plenos poderes de decisão sobre o que deveria e, conseqüentemente, seria executado. Porém, fazendo uns cálculos preliminares a partir da fórmula indicada na lei, afirmou que não teria espaço disponível para a implantação da caixa de retenção e infiltração nos moldes da Lei Estadual n.º 12.526. Mas disse que, em algumas semanas, adotaria uma solução alternativa. Passadas pouco mais de 2 (duas) semanas, ele apresentou a solução que seria adotada para aquele edifício: a execução de vários drenos verticais com capacidade (volume) equivalente à que teria a caixa de retenção e infiltração dimensionada nos moldes da Lei Estadual n.º 12.526.

Unidade de análise 4

O contexto desta unidade de análise é a de um edifício de 3 (três) pavimentos, com cerca de 900 m² (novecentos metros quadrados) de área total construída, cujo proprietário é um empresário do ramo imobiliário, sendo que o projeto da edificação já havia sido aprovado pela associação e estava em fase final de aprovação na Prefeitura Municipal de Campinas. Coube, mais uma vez, ao pesquisador explicar ao proprietário a existência e o propósito da Lei. Neste caso, não houve uma aceitação imediata, o proprietário afirmou compreender a importância daquela ação, porém havia um conflito de interesse: pois, ele considerava que a execução da caixa de retenção e infiltração teria uma influência negativa nos custos da obra. De qualquer forma, não decidiu de imediato pela não execução da caixa e solicitou ao pesquisador que expusesse o problema aos arquitetos responsáveis pela elaboração do projeto e execução do edifício.

No intervalo de um mês, desde a conversa com esse proprietário, foram feitas 2 (duas) reuniões com os 2 (dois) arquitetos responsáveis pelo projeto e pela obra do edifício, sendo que a primeira delas contou com a participação do proprietário. Na primeira reunião, por meio de cálculos preliminares das dimensões da caixa (em função da área impermeável do projeto) e de seu provável custo de execução, demonstrou-se que ela significaria menos de 0,3% (zero vírgula três por cento) do custo total da obra. Com base nesta informação, o proprietário autorizou os arquitetos a incluir a solução no projeto e, na segunda reunião, eles apresentaram ao pesquisador os detalhes da solução a ser implantada.

Custos das ações individuais para promover a retenção e infiltração de águas pluviais oriundas de áreas impermeabilizadas

Nas unidades de análise 2 e 4 foi adotada a solução prevista na Lei n.º 12.526/07; e, na unidade de análise 3 foi adotada a solução em drenos verticais.

Foi possível, ainda, coletar dados de outras 2 unidades de análise, sendo duas residências: uma já edificada (5ª unidade de análise), cujo proprietário decidiu pela implantação da caixa; e, outra em execução (6ª unidade de análise), cuja solução foi inserida no projeto; em ambos os casos, os dados puderam ser checados em tempo real pelo pesquisador.

E se apresenta, também, uma simulação (7ª unidade de análise) em que foi considerada a área mínima impermeável (500 m²), a partir da qual a Lei n.º 12.526/07 deve ser aplicada.

Na segunda unidade de análise, cuja área edificada total é de 723 m², a área impermeável perfaz um total de, aproximadamente, 320 m². Por meio dos cálculos indicados na Lei n.º 12.526/07, o volume da caixa de retenção e infiltração seria de 2,88 m³. Foi adotada uma caixa com as seguintes dimensões: 3,0 m de comprimento por 1,0 m de largura por 1,0 de profundidade, executada em blocos de concreto, resultando em um volume de 3,00 m³. Segundo o proprietário, a execução da caixa teve um custo total de, aproximadamente, R\$ 1.750,00, sendo R\$ 1.500,00, o custo da mão de obra, e R\$ 250,00 o custo dos materiais. O proprietário informou que o custo total de construção da edificação foi cerca de R\$ 630.000,00.

A terceira unidade de análise, com área edificada de 1.120 m² e área impermeável de, aproximadamente, 1.088 m², teria que ter uma caixa de infiltração e retenção (conforme os cálculos da lei) de 9,79 m³. Porém, foi adotada a solução em drenos verticais de 25 cm de diâmetro e 6 m de profundidade. Foram projetados 34 drenos, perfazendo um total de 10,01 m³. Segundo o engenheiro responsável pela obra, os drenos, incluindo uma canaleta de captação no subsolo que deverá se estender por todo o terreno transversalmente (ou seja,

paralela à fachada) deverá custar cerca de R\$ 4.200,00. E, segundo ele, a obra terá um custo total de, aproximadamente, R\$ 1.350.000,00.

Na quarta unidade de análise, foi adotada a solução indicada na Lei. O projeto da edificação conta com área total edificada de 918 m², sendo que a área impermeável projetada é de 384 m². O volume da caixa de infiltração e retenção pela lei seria de 3,46 m³. A caixa projetada é quadrada, com 1,9 m de lado por 1,0 de profundidade, executada em blocos de concreto, resultando em um volume de 3,61 m³. Segundo os arquitetos responsáveis pelo projeto e, também, pela execução da obra, ela foi orçada em cerca de R\$ 825.000,00, sendo que a caixa de infiltração foi estimada em de R\$ 2.500,00 (material e mão de obra).

A quinta unidade de análise foi uma residência com área total edificada de 406 m², sendo que a área impermeável é de, aproximadamente, 460 m². O volume mínimo da caixa de infiltração e retenção (considerando a Lei n.º 12.526/07) seria de 4,14 m³. A caixa projetada é quadrada, com 2,0 m de lado por 1,2 m de profundidade, executada em blocos de concreto, resultando em um volume igual a 4,80 m³. Segundo o proprietário, a casa foi construída por R\$ 600.000,00 e a caixa projetada foi orçada em R\$ 2.150,00 (material e mão de obra).

A sexta unidade de análise foi uma residência em execução com área total edificada de 228 m², sendo que a área impermeável é de 240 m², aproximadamente. O volume da caixa de infiltração e retenção, calculado pelas fórmulas indicadas na Lei n.º 12.526/07, seria de 2,16 m³ (note-se que, neste caso – assim como no anterior – a referida Lei não exigiria a implantação de tal dispositivo, uma vez que a área impermeabilizada não atinge 500 m²). A caixa foi projetada e executada em blocos de concreto, com 2,0 m de comprimento, por 1,0 m de largura, por 1,2 m de profundidade, resultando em um volume igual a 2,40 m³. Segundo o engenheiro responsável pela execução das obras, a casa foi orçada em R\$ 185.000,00, sendo, o custo da caixa de infiltração, de R\$ 820,00.

E foi, finalmente, feita uma simulação, a partir da área mínima impermeável referida na Lei n.º 12.526/07, ou seja, 500 m². Imaginando-se que a área impermeável seja igual à área construída; e, considerando-se, ainda, que o coeficiente de aproveitamento seja igual a 1,0, tanto a área construída, quanto a área do terreno seriam, nesta simulação, também iguais a 500 m². Assim, o volume da caixa de retenção seria igual a 4,50 m³. Considerando, então, uma caixa executada em blocos de concreto com as seguintes dimensões: 2,25 m de comprimento por 2,0 m de largura por 1,0 m de profundidade, chegou-se a um valor estimado de R\$ 2.500,00.

Resultados

A Tabela 1 apresenta uma síntese dos resultados verificados, em que podem ser observados os dados referentes a cada unidade de análise: área construída (m²); área impermeabilizada (m²); volume adotado (m³) e volume mínimo (m³) segundo a Lei n.º 12.526/07; custo de implantação da solução adotada – em Reais (R\$); e, percentual do custo de implantação da solução adotada em relação ao custo total da obra.

Tabela 1. Áreas construídas e impermeabilizadas, volumes das soluções mitigadoras de infiltração e respectivos custos totais e percentuais (relativos ao custo total das obras).

# Unidade de Análise (Área construída) (m ²)	Área impermeabilizada (m ²)	Vol. adotado (mín.) (m ³)	Custo da Solução (R\$)	Relação \$ Solução / \$ Obra (%)
1 (5.760)	5.580	72 (50)	9.597,00	0,18
2 (723)	320	3 (3)	1.750,00	0,28

3 (1.120)	1.088	10 (10)	4.200,00	0,31
4 (918)	384	4 (3)	2.500,00	0,30
5 (406)	460	5 (4)	2.150,00	0,36
6 (228)	240	2 (2)	820,00	0,44
7 (500)	500	5 (5)	2.500,00	0,50

Valores de Referência: Setembro 2009. Adaptado de Fantinatti (2011).

Discussão

Pelo exposto, pode-se inferir – ao contrário do que podem pensar os adeptos das visões técnico-burocrata ou econômica – que o conjunto de ações individuais se apresenta com custos de investimentos menos significativos que as ações públicas, as quais são aplicadas, via de regra, sobre os efeitos; enquanto que as ações individuais são, como as do problema apresentado, exercidas na causa do problema e, portanto, muito mais efetivas.

Cabe questionar, por exemplo:

Quais seriam os custos de separação e ou detenção dos sólidos carregados pelos volumes acima calculados em uma captação de água bruta?

Será que estes custos seriam menores que os custos somados das soluções acima listadas?

E se considerarmos, nos casos acima, os custos de tratamento da água que será filtrada pelo solo, reabastecendo os lençóis freáticos e os cursos d'água?

Conclusões

Acredita-se, portanto, que há, ainda, uma lacuna a ser preenchida em relação às investigações a respeito de todos os custos e benefícios envolvidos nas ações (individuais e coletivas) a respeito da mitigação e ou compensação da impermeabilização do solo em áreas urbanas.

Por outro lado, independentemente de descobertas futuras em relação aos questionamentos levantados, acredita-se que se poderia corroborar a discussão levantada por Cavini (2002), segundo a qual, as estruturas tradicionais não estão preparadas para resolver as questões ambientais por desconsiderarem que a economia é um subsistema da natureza, a qual deveria limitar o desenvolvimento da primeira e não o contrário.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq pela bolsa de doutorado concedida no último semestre de doutoramento do primeiro autor.

Referências

BANA E COSTA, C.A.; SANCHEZ-LOPEZ, R. El enfoque macbeth para la incorporación de temas transversales en la evaluación de proyectos de desarrollo. Centro de Estudos de Gestão. **Working Paper**, n. 2, Lisboa [Portugal]: Instituto Superior Técnico, 2009.

CAVINI, R.A. **Instrumentos econômicos e gestão de águas: estudo para recuperação do reservatório Billings**. 2002. 163 f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Economia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas [SP], 2002.

FANTINATTI, P.A.P. **Abordagem MCDA como ferramenta de mudança de paradigma no planejamento dos recursos hídricos**. 2011. 399 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas [SP], 2011.

———; ZUFFO, A.C. Mudança de paradigma: proposta de uma abordagem integrada e participativa em processos de parcelamento do solo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 19., 2011, Maceió. **Anais...** Maceió [AL]: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2011. CD-ROM.

———; ———. Mudança de paradigma no planejamento dos recursos hídricos por meio da abordagem MCDA: avaliação da bacia do ribeirão Anhumas, em Campinas [São Paulo], Brasil. **Labor & Engenho**, Campinas [SP] v.6, n.3, p.01-19, 2012. Disponível em: <www.conpadre.org>.

PELIZZOLI, M.L. **Correntes da ética ambiental**. Petrópolis [RJ]: Vozes, 2002.

RANDOLPH, J. **Environmental land use planning and management**. Washington, DC [U.S.A.]: Island Press, 2004. 664 p.

RATTNER, H. (Org.). **Brasil no limiar do século XXI: Alternativas para a construção de uma sociedade sustentável**. São Paulo [SP]: Edusp, 2000. (Coleção Brasil 500 anos).

RIBEIRO, H.; VARGAS, H.C. (Org.). **Novos instrumentos de gestão ambiental urbana**. São Paulo [SP]: Edusp, 2001.

SÃO PAULO (Estado). LEI n.º 12.526, de 2 de janeiro de 2007. Estabelece normas para a contenção de enchentes e destinação de águas pluviais. **Diário Oficial da Assembléia Legislativa**, São Paulo [SP], 02/jan., 2007. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/licenciamentoo/legislacao/estadual/leis/2009_Lei_Est_12526.pdf>. Acesso em: 31 out. 2008.

SCHUELER, T. **Basic concepts of watershed planning**. In: ———; HOLLAND; H. (Ed.) **The practice of watershed protection**. Ellicott City, MD [U.S.A.]: Center of Watershed Protection, 2000. p.145-161.

———. **Controlling urban runoff: a practical manual for planning and designing urban BMPs**. Washington, DC: Metropolitan Washington Council of Governments, 1987. *apud* RANDOLPH, J. **Environmental land use planning and management**. Washington, DC [U.S.A.]: Island Press, 2004. 664 p.

———; HOLLAND, H. (Ed.) **The practice of watershed protection**. Ellicott City, MD [U.S.A.]: Center of Watershed Protection, 2000.

ZUFFO, A.C. Incorporação de Matemática Fuzzy em Métodos Multicriteriais para Descrever Critérios Subjetivos em Planejamento de Recursos Hídricos: Fuzzy – CP e Fuzzy – CGT. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre [RS]: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, v.16, n.4, p.29-40, 2011.