

Análise dos Desenvolvidos Urbanos de Baixo Impacto e Convencional

Débora Riva Tavanti, Ademir P. Barbassa

Universidade Federal de São Carlos – UFSCar

deborariva@gmail.com; barbassa@power.ufscar.br

Recebido: 17/02/11 - revisado: 06/01/12 - aceito: 12/04/12

RESUMO

Neste trabalho, demonstra-se a aplicação dos métodos Convencional e de LID a uma micro-bacia, comprovando que através do planejamento urbano é possível criar paisagens hidrologicamente funcionais, com comportamento similar ao natural. A análise comparativa dos métodos de planejamento urbano foi realizada em uma microbacia urbana na área no Campus da Universidade Federal de São Carlos, na sub-bacia do Rio do Monjolinho, no município de São Carlos/SP. Avaliaram-se os aspectos hidrológicos, urbanísticos e ambientais como forma de comparar três cenários: pré-desenvolvimento, desenvolvimento convencional existente e desenvolvimento de baixo impacto (LID). Selecionaram-se parâmetros que permitiram avaliar os cenários propostos. Os resultados demonstram um ganho paisagístico e estético no projeto de desenvolvimento de baixo impacto; com a criação de 25 % de área de cobertura vegetal; com o aumento de áreas permeáveis pela redução de 17% das áreas impermeáveis (vias, estacionamentos e passeios) em relação à urbanização convencional. Quanto aos aspectos hidrológicos, consegue-se uma redução de 21 % da vazão de pico, e 26,9 % do volume de pós-desenvolvimento em relação ao convencional, alcançado com o uso de técnicas de LID, sem o benefício do uso de práticas de gerenciamento integradas (IMP's). Com o uso de IMP's, a infiltração das águas precipitadas mantém as condições mais próximas possíveis das condições naturais.

Palavras-chave: Desenvolvimento de baixo impacto. Drenagem urbana. Planejamento urbano.

INTRODUÇÃO

Ao longo dos séculos, o desenvolvimento das cidades se deu sem considerar as condições naturais do meio físico, resultando assim, em alterações prejudiciais ao ambiente e ao próprio homem. Este tipo de planejamento ainda é perceptível nas cidades.

Convencionalmente, o planejamento urbano baseia-se apenas na lei Federal nº 6.766/79 e alterações posteriores, que trata do parcelamento do solo urbano, traz a obrigatoriedade de 35% da área da gleba, ser destinada a áreas públicas, como sistemas de circulação, de equipamento urbano, bem como a espaços livres de uso público; e 10% da área total destinam-se as áreas verdes.

A Resolução CONAMA nº 303/2002 (Brasil, 2002) que regulamenta o art. 2º da Lei nº 4.771/65 (Brasil, 1965) obriga a manutenção de uma Área de Preservação Permanente (APP) ao longo dos cursos d'água e em função da largura dos mesmos. Em áreas urbanas, normalmente as APPs não são respeitadas, e tendem a ser ocupadas. Esses são os únicos

parâmetros disponíveis e convencionalmente utilizados para projeto urbano.

Portanto, tem-se nesse desenvolvimento, liberdade para supressão de vegetação natural, desprezo à topografia e às condições naturais do meio, aterramento de nascentes e corpos d'água, traçado urbano com vias implantadas com inclinação limitada pela máxima velocidade, e impermeabilização dos solos. As soluções de drenagem adotadas atuam diretamente na correção dos problemas, sob pontos críticos. Envolvem a conexão das áreas impermeabilizadas ao sistema de drenagem, que normalmente é enterrado, a canalização dos cursos d'água, ampliação da capacidade de rios e canais, etc. O projeto do sistema de drenagem é realizado após o projeto urbano e, algumas vezes, implantado, após pavimentação das vias.

Para Tucci (2005), esse tipo de urbanização dá maior dimensão aos impactos no ambiente, com significativa alteração no ciclo hidrológico, com aumento e aceleração do escoamento superficial e a transferência dos impactos para áreas a jusante.

Os limites mínimos legais normalmente condicionam o projeto urbano, pois não há diretrizes mais abrangentes, que considerem qualidade de

vida da população e sustentabilidade ambiental. Como não há maiores exigências, beneficia-se o empreendedor. Entretanto o empreendedor deixa de agregar valor à área, devido à melhoria de qualidade de vida e ambiental proporcionado por outros métodos de urbanização.

Baptista et al. (2002) salientam as preocupações com a preservação ambiental em meio urbano pela população, as quais têm se manifestado pela crescente demanda pela valorização da paisagem urbana e, em decorrência pela melhoria da qualidade da água e da preservação global de cursos d'água, lagos e áreas úmidas no meio urbano.

O presente artigo tem como objetivo analisar a aplicação do projeto urbano Convencional e do desenvolvimento urbano de baixo impacto (LID) a uma micro-bacia em urbanização. Avaliaram-se os aspectos hidrológicos, urbanísticos e ambientais para a situação de pré-ocupação e para os dois métodos de urbanização citados.

DESENVOLVIMENTO DE BAIXO IMPACTO

Os métodos de drenagem que consideram quantidade e qualidade da água escoada superficialmente são referenciados como SUDS (Sustainable Urban Drainage Systems) na Europa e LID (Low Impact Development) em Vancouver – Seattle e na costa leste dos Estados Unidos, em particular, Maryland, Washington DC e Flórida.

Estudos desenvolvidos pelo Department of Environmental Resources (Prince George's County, 1999) mostram que o desenvolvimento de baixo impacto (Low Impact Development - LID) utiliza-se de estratégias e técnicas que facilitam o desenvolvimento de projetos adaptados a topografia natural e possibilitando o controle do escoamento das águas pluviais.

Para o Department of Defense (2004), LID é uma estratégia de gestão das águas pluviais, com foco na restauração das funções hidrológicas do local, visando a proteção do recurso natural e requerimentos ambientais regulamentários.

O desafio de planejar com LID se encontra em buscar o controle de quantidade e qualidade, por intermédio de práticas integradas e estratégias de projeto, que incluem: retenção e/ou detenção; controle e captura de poluentes, recarga subterrânea, valorização estética da propriedade; e uso múltiplo das áreas, satisfazendo normas locais por áreas verdes ou espaço com vegetação.

LID avança conceitualmente por planejar e projetar o espaço urbano considerando aspectos urbanísticos, hidrológicos e ambientais simultaneamente; diferencia-se dos sistemas convencionais, pela necessidade de se tratar das águas pluviais e de seu manejo ao mesmo tempo em que se elabora o projeto urbano.

As técnicas de baixo impacto possibilitam a continuidade do desenvolvimento urbano; permite a modulação do sistema de drenagem em função do crescimento urbano, além do tratamento combinado das questões de drenagem pluvial com as questões urbanísticas e paisagísticas.

Em relação à ação sobre o ciclo hidrológico, as técnicas de baixo impacto visam recompor os processos naturais alterados em função da urbanização, atuando na redução dos volumes e da vazão. Os projetos com LID imitam o regime hidrológico natural, por meio da redução da impermeabilidade; conservação de áreas e recursos naturais; utilização de canais de drenagem natural para escoamento das águas pluviais; utilização de medidas de armazenamento, e de uma variedade de práticas de escoamento, detenção e retenção (Del Mar, 2008).

Dentre os benefícios de LID apresentados no Plano de mitigação de Águas Pluviais da Cidade Del Mar (2008), destacam-se a proteção das superfícies do solo e dos recursos hídricos, a redução da poluição difusa, a redução da degradação do habitat e recarga das águas subterrâneas quando necessária.

O Manual de Implementação do Desenvolvimento de Baixo da cidade de Flagstaff (2009) apresenta inúmeros benefícios e vantagens de LID sobre a abordagem convencional; LID reduz a necessidade de irrigação; reduz a quantidade de meio-fio e sarjeta; proporciona a diminuição de áreas de pavimento; a diminuição das taxas de escoamento e dos volumes a jusante na bacia. Além disso, proporciona melhoria ambiental ao local e à saúde pública, protege o patrimônio ambiental e a qualidade da água, e proporciona melhor qualidade de vida à população (Flagstaff, 2009).

Por si só, entretanto, LID pode não ser suficiente. Caso isto ocorra, complementa-se o controle com o emprego de práticas integradas de gerenciamento de águas pluviais (IMP- Integrated Management Practices). De acordo com Del Mar (2008), tais técnicas são estratégias para gerenciar a quantidade e qualidade do escoamento de águas pluviais em projetos de LID; o uso de dispositivos cria uma condição hidrológica de pós-desenvolvimento, que é o mesmo que a condição hidrológica que existia antes de qualquer desenvolvimento do local.

Para o Department of Environmental Resources (1999), as IMPs podem reduzir o escoamento pela integração de controles em pequenas partes de cada lote, próximo à fonte, eliminando a necessidade de controles centralizados; podem ser empregadas em pequena escala com características de tratamento natural, destacando-se, poços, trincheiras e valas de infiltração e demais dispositivos de infiltração e reuso.

Manuais australianos (Department of the Environment and Heritage, 2002), recomendam a utilização dos dispositivos em série, a fim de atingir maior controle das águas pluviais, reduzindo efetivamente o volume e a vazão de pico.

No Brasil, Souza (2005) desenvolveu um estudo que objetivou identificar e avaliar os mecanismos técnico-institucionais que possibilitem a implantação de um sistema de drenagem urbana sustentável. A tecnologia de LID se apresentou como o melhor caminho para a consecução do objetivo almejado, sendo estimadas as alterações institucionais necessárias para a implantação desta nova filosofia de drenagem urbana à cidade de Porto Alegre. Avaliações financeiras indicaram vantagens do LID tanto para instalação (redução de custos de 23% e 30,5% em comparação com a ausência de controle no condomínio e o emprego de reservatório de detenção, respectivamente) como para manutenção (redução de 65% dos custos).

MÉTODOS

Descrevem-se os enfoques metodológicos de LID principalmente, da urbanização convencional e da situação de pré-ocupação.

Propõe-se um modelo de urbanização de baixo impacto, baseando-se nos passos adaptados de Prince George's County (1999):

- Passo 1 - Identificar Zoneamento, uso do solo e outras normas aplicáveis;
- Passo 2 - Levantar condições de desenvolvimento e áreas protegidas;
- Passo 3 - Reduzir áreas com movimentação de terra e retirada de vegetação;
- Passo 4 - Utilizar digitais locais;
- Passo 5 - Utilizar a drenagem e a hidrologia como elemento de projeto;
- Passo 6 - Minimizar o total de Áreas Impermeáveis;

- Passo 7 - Desenvolver planejamento integrado preliminar;
- Passo 8 - Minimizar áreas impermeáveis diretamente conectadas;
- Passo 9 - Modificar/Aumentar os caminhos de fluxo;
- Passo 10 - Comparar hidrologia de pré e pós-desenvolvimento;
- Passo 11 - Completar planejamento local de LID para alcançar as condições de pré-desenvolvimento.

Para avaliação dos aspectos urbanísticos, ambientais e hidrológicos da Bacia, foram definidos 21 parâmetros para comparação (Tabela 1). Entende-se que tais parâmetros representam as condições para as diferentes situações de desenvolvimento. Os parâmetros urbanísticos permitem avaliar as transformações físicas do espaço.

Segundo Garotti e Barbassa (2009), a impermeabilização do solo é um importante parâmetro urbanístico que reflete o impacto da urbanização sobre os sistemas de drenagem de águas pluviais, podendo ser utilizado na estimativa de valores apropriados para o coeficiente de escoamento (C).

Os parâmetros ambientais indicam as condições da paisagem, impactos e ganhos estéticos; e os parâmetros hidrológicos refletem as vazões, volumes escoados e a capacidade de controle proveniente das alterações urbanísticas e ambientais. Outros parâmetros podem ser introduzidos dependendo de modelos adotados e de aspectos urbanísticos ou ambientais priorizados.

Calcularam-se os parâmetros em uma microbacia de 8,95 ha, em urbanização, situada no campus da UFSCar, em São Carlos - SP.

ANÁLISE DAS CONDIÇÕES DE PRÉ-OCUPAÇÃO, URBANIZAÇÃO CONVENCIONAL E LID

Pré-ocupação

Na condição de pré-ocupação, supõe-se como uso do solo, o cultivo de eucaliptos (IBGE, 1971); considerando, portanto, que a área encontra-se em sua totalidade (8,95 ha) coberta por vegetação, permitindo a pronta infiltração de água no solo.

Tabela 1 – Parâmetros para comparação dos aspectos em diferentes situações de desenvolvimento.

Aspectos	Parâmetros	
Urbanísticos	Áreas permeáveis (m²)	Áreas Verdes (m²)
		Área em projeção da técnica compensatória (m²)
	Áreas Impermeabilizadas (m²)	Área de vias e estacionamentos (m²)
		Áreas de passeios (m²)
		Área de telhado de edifícios (m²)
	Área Impermeável Diretamente Conectada (m²)	Área de telhado de edifícios (m²)
		Área de vias e estacionamentos (m²)
	Área Impermeável Não Conectada (m²)	Área de vias e estacionamentos (m²)
		Áreas de passeios (m²)
		Área de telhado de edifícios (m²)
Ambientais	Taxa de ocupação (%)	
	Infra-estrutura de drenagem enterrada (m)	
	Técnicas compensatórias (m³)	
	Área de Cobertura vegetal (m²)	
	Área de gramados (m²)	
	Risco de poluição de água subterrânea	
Hidrológicos	Risco de poluição de água com finos e outros poluentes	
	Risco sanitário	
	Tempo de retorno (anos)	
	Tempo de concentração (min)	
	Volume de escoamento superficial direto (m³)	
	Intensidade (mm/min)	
	Coefficiente de escoamento superficial (C) ponderado	
	Vazão de pico (m³/s)	
	Volume de armazenamento para área (m³)	
	Volume de armazenamento para desconexão de AIDC (m³)	

Para um período de retorno de 10 anos, foi adotado o coeficiente de escoamento superficial do método racional (C) de 0,10 em função da cobertura vegetal; o tempo de concentração (tc) calculado pelo método cinemático, com coeficiente de velocidade de 0,210, correspondente a ocupação por gramas e pastos ralos, resultando em tc igual a 26,07 minutos, conforme McCuen (1989) e Tucci et al (1995); a Intensidade é de 1,34 mm/min; a vazão de pico é de 0,20 m³/s e o volume de escoamento superficial direto é de 312 m³.

Os parâmetros urbanísticos, ambientais e hidrológicos da condição de pré-ocupação estão quantificados na Tabela 2.

Urbanização Convencional

Na urbanização convencional, as áreas de cobertura vegetal foram removidas e cederam espaço às edificações, ao sistema viário e a extensos gramados (Figura 1).

A verticalização das edificações possibilita a redução da taxa de ocupação da área em 12%. As áreas impermeabilizadas (vias, estacionamentos, passeios e edifícios), figuras 2 e 3, representam 57% do total da área, ou seja, 5,08 ha. As áreas permeáveis (áreas de gramados) correspondem a 43% da área total (3,86 ha). Para essa condição de desenvolvimento não existem áreas de cobertura vegetal, pois as mesmas foram removidas na urbanização.

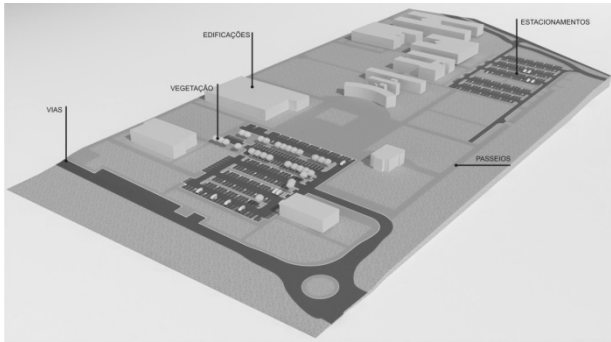


Figura 1 – Urbanização convencional da área.



Figura 2 – Vias típicas da área de estudo.



Figura 3 - Estacionamento padrão existente.

Nesse tipo de desenvolvimento, os conceitos urbanísticos, hidrológicos e ambientais são inarticulados e/ou desconsiderados durante o planejamento. Os estudos necessários são feitos em períodos de tempos distintos, por profissionais atuando especificamente na sua área. Os conhecimentos urbanísticos, hidrológicos e ambientais não são aplicados concomitantemente ao planejamento, o que facilita sua elaboração.

O espaço destinado ao sistema de drenagem é reduzido ao mínimo, elevando a área ocupada. A área urbana tem a função de receber as edificações

sem, necessariamente, ser hidrológica e ambientalmente funcionais.

O sistema de drenagem existente compreende uma estrutura de microdrenagem (sarjetas, sarjetões, bocas de lobo, poços de visita e galerias). As bocas-de-lobo conduzem as vazões superficiais para as tubulações da galeria de águas pluviais de 1.254 metros de extensão, e diâmetro variando de 400 a 800 mm. Os sistemas de coleta de águas pluviais das edificações (telhados) e dos estacionamentos estão conectados diretamente à rede de microdrenagem (Figura 4).

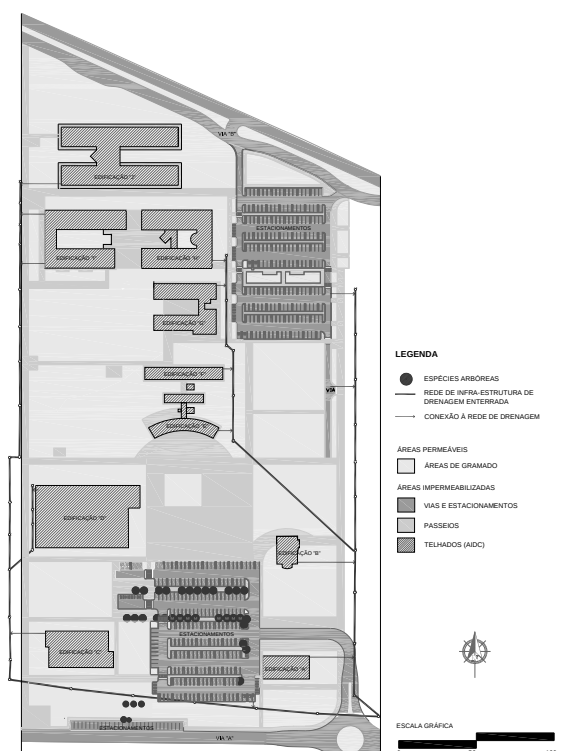


Figura 4 – Ocupação convencional da área de estudo.

Quanto aos parâmetros hidrológicos, adotou-se período de retorno de 10 anos; tempo de concentração (t_c), considerando C_v de 0,6 para pavimentos e sarjetas e rugosidade de Manning de 0,013 para cálculo de velocidades, resultando em t_c igual 10,54 minutos; Intensidade de 2,06 mm/min; coeficiente de escoamento superficial (C) ponderado de 0,55, definido conforme características das superfícies, resultando em vazão de pico de 1,70 m³/s e um volume de escoamento superficial direto de 1.074 m³.

Na Tabela 2 encontram-se quantificados os parâmetros para a condição de urbanização convencional.

Projeto de Urbanização de Baixo Impacto (LID)

O projeto de baixo impacto foi desenvolvido visando reduzir as superfícies impermeáveis e aumentar a disponibilidade de espaços livres, a fim de preservar as características naturais do local e resolver a drenagem diretamente na fonte, com uma vazão máxima de saída igual ou menor que a vazão máxima de pré-desenvolvimento.

Análise dos aspectos legais e normativos para LID

Em análise às legislações e normas pertinentes, notou-se que as esferas Federal e Estadual dispõem apenas de instrumentos legais que podem conduzir ao seu uso, objetivando o controle de escoamentos, a redução da poluição difusa e a proteção dos recursos naturais. Não existem instrumentos e normas para amparar o desenvolvimento urbano do campus, por se tratar de uma área institucional Federal. Também não existe uma base regulamentar específica sobre técnicas sustentáveis de drenagem pluvial.

Análise das condições de desenvolvimento e áreas protegidas

Foram observadas as características topográficas e demais características naturais do local, utilizadas como condicionantes de projeto, visando conservar as condições de pré-desenvolvimento da área. Como as áreas de cobertura vegetal foram removidas para ceder lugar às edificações e ao sistema viário, não existem áreas de cobertura vegetal a serem protegidas.

Movimentação de terra

Optou-se por considerar em projeto as edificações já implantadas na condição de urbanização convencional, pois as mesmas não se encontram em zonas sensíveis (próximas a córrego, várzeas ou em áreas de cobertura vegetal) e não houve excessos de movimentação de terra com corte e aterros na implantação das edificações.

Criação das digitais locais

Considerando que a área teve suas características naturais completamente alteradas em função do desenvolvimento urbano convencional, buscou-se no projeto de baixo impacto restringir qualquer tipo de alteração nas condições naturais ainda existentes.

Para o Department of the Environment and Heritage (2002), na busca por imitar a situação natural, a vegetação é utilizada por planejadores, arquitetos e paisagistas como peça-chave para desenvolver vazões de pré-urbanização.

As digitais locais foram recriadas através da recomposição da cobertura vegetal. O projeto paisagístico proposto abrange, basicamente, a criação de agrupamentos arbóreos maciços e a arborização dos passeios, vias e estacionamentos.

Utilização da drenagem/hidrologia como elemento de projeto

Foram auferidos os parâmetros hidrológicos da condição de pré-ocupação para, na condição de desenvolvimento de baixo impacto, buscar-se um comportamento bem próximo do natural para os critérios volume, vazão de pico e tempo de concentração. Adotou-se para essa condição de baixo impacto, o mesmo coeficiente de velocidade ($C_v=0,210$), obtendo-se o mesmo t_c da condição de pré-ocupação. Isso é possível quando se propõe restaurar a cobertura vegetal, ainda que em outros padrões, e desconectar as áreas impermeabilizadas para as IMPs.

Propõe-se a utilização de sistema aberto de drenagem (canais superficiais), em que se trabalha com as formas naturais, adaptadas à topografia; é um importante elemento de desenho, pois permite um desenvolvimento integral, garantindo uma relação esteticamente mais agradável com os recursos naturais da área. Essa proposta de drenagem urbana ajuda a integrar formas, dando ao traçado da área, um aspecto esteticamente mais agradável em relação às características naturais do local, minimizando custos de terraplanagem e evitando a construção de estruturas de drenagem onerosas.

Estratégias para redução de Áreas impermeáveis

Algumas técnicas foram incorporadas ao desenho para reduzir o volume de escoamento total de superfícies impermeáveis, tais como, implantação de passeios em apenas um dos lados das vias, com 2 metros de largura. As vias permaneceram com a mesma largura, pois está aceitável para o projeto de baixo impacto. Foi proposta a redução da via próxima à edificação J, como forma de minimização das áreas impermeáveis, considerando não haver alterações significativas ao tráfego local (Figura 5).

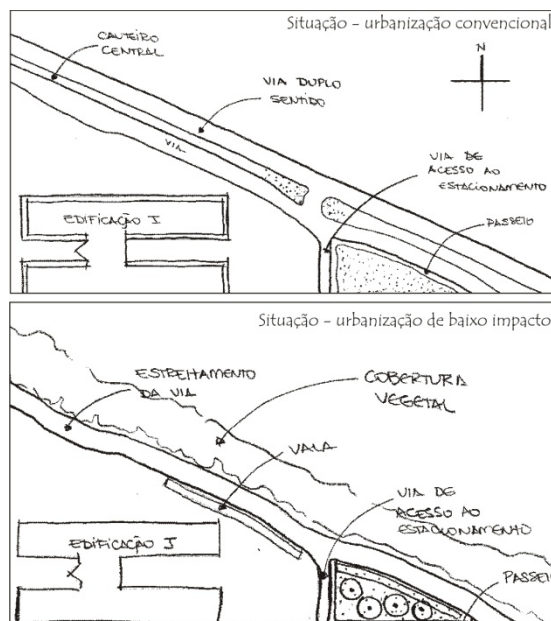


Figura 5 – Estratégias de redução de áreas impermeáveis, em relação à urbanização convencional.

Planejamento integrado preliminar

Após definir o desenho da área e minimizar as áreas impermeáveis, é possível comparar as condições de pré e pós-desenvolvimento, sob os aspectos urbanísticos, ambientais e hidrológicos, utilizando-se dos parâmetros apresentados na Tabela 1.

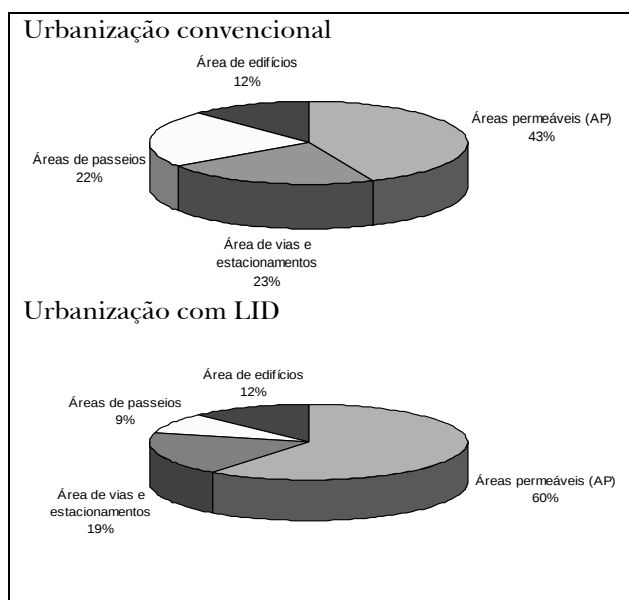


Figura 6 – Parâmetros urbanísticos das condições de desenvolvimento convencional e de LID.

Considerando os aspectos urbanísticos, pode-se observar na Figura 6 que, há um significativo aumento de áreas permeáveis no projeto de urbanização com técnicas de LID, e uma redução de áreas impermeáveis (vias, estacionamentos e passeios), quando comparado a condição de urbanização convencional. As áreas permeáveis em LID representam 60% de toda a área de estudo, sendo que para a condição de urbanização convencional, o percentual é de 43%. Há redução de 17% de áreas impermeabilizadas no projeto de urbanização de baixo impacto, em relação à urbanização convencional.

Quanto aos aspectos ambientais, conseguem-se grandes modificações da condição de LID em relação à condição de urbanização convencional. É possível atingir um percentual de 25,15% de área de cobertura vegetal para a condição com LID; 35,25% da área referem-se à área de gramados.

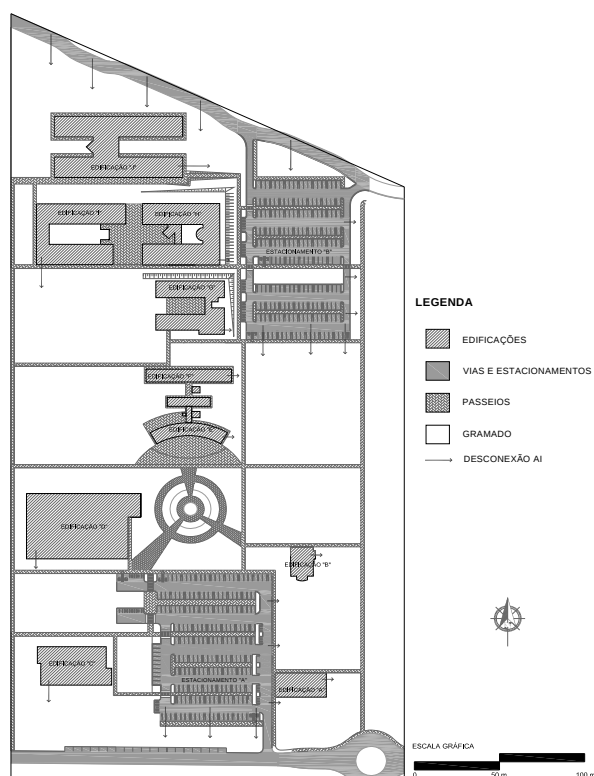


Figura 7 – Desconexão das áreas impermeáveis. Estratégias para aumentar os caminhos de fluxos

Estratégias para minimizar áreas impermeáveis diretamente conectadas

As estratégias adotadas em projeto para minimizar áreas impermeáveis diretamente conectadas

(AIDC) foram: desconexão dos telhados das edificações, o escoamento raso de superfície para áreas vegetadas, além de direcionar os fluxos das áreas pavimentadas para as áreas vegetadas estabilizadas. As vias dos estacionamentos foram desconectadas, eliminou-se o meio fio e o fluxo foi direcionado para as áreas de vegetação (Figura 7).

Para alterar e controlar a duração do escoamento e da vazão de pico optou-se por maximizar o fluxo raso de superfície, criando caminhos de fluxo e maximizando o uso de sistemas de canais naturais abertos. As águas provenientes dos telhados das edificações foram direcionadas à canais abertos gramados, dimensionados com seção trapezoidal de 0,2 m de profundidade e 1,0 m de base superior, que podem funcionar como filtro na remoção de poluentes, aumentar infiltração e tempo de escoamento.

Comparação da hidrologia de pré e pós-desenvolvimento com LID

Utilizou-se o método racional para cálculo dos hidrogramas da Figura 8. O método cinemático foi utilizado para cálculo do t_c , o qual possibilita uma estimativa detalhada, pois se constitui da soma dos tempos de percurso de cada trecho (McCuen, 1989).

O coeficiente C_v adotado para a condição de pré-ocupação e para a condição de baixo impacto, corresponde a gramas ou pastos ralos ($C_v=0,210$). Dessa forma, o valor calculado do tempo de concentração é o mesmo para as duas condições de desenvolvimento.

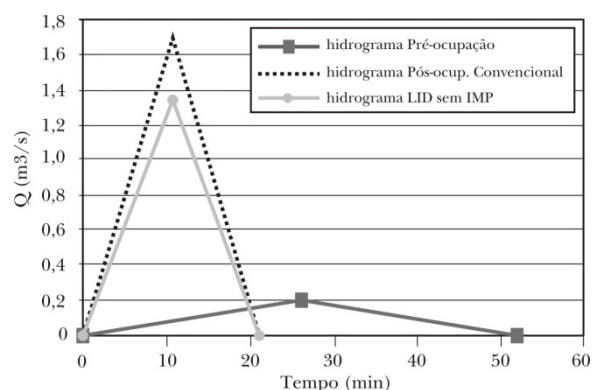


Figura 8 – Hidrogramas de pré-ocupação, urbanização convencional e pós-ocupação com estratégias de LID, sem IMP.

Houve uma redução significativa de 0,36 m³/s da vazão de pico, e 227 m³ do volume de pós-

desenvolvimento, alcançado apenas usando técnicas de LID, sem o benefício do uso de práticas de gerenciamento integradas (IMPs).

Não se atingindo condições satisfatórias de pré-desenvolvimento, é necessário, conforme estratégias de planejamento de LID propostas por Prince George's County (1999), complementar o planejamento local, por meio de controles adicionais, através do uso de IMP's.

Controles adicionais para completar planejamento local de LID

Em atendimento à metodologia, e considerando os potenciais e as restrições da área, durante o processo de planejamento integrado buscou-se adotar técnicas que atendem aos requisitos e implicações pertinentes da área, visando a integração das técnicas ao tecido urbano.

Para análise da viabilidade das IMP's que melhor se adaptam às condições da área, utilizou-se de metodologia proposta por Baptista et al. (2005), em que, considera os aspectos físicos (topografia do local, capacidade de infiltração do solo, nível do lençol freático), os aspectos urbanísticos e de infraestrutura (disponibilidade de espaço, inclinação e forma dos telhados e redes de infraestrutura existentes), além dos aspectos sanitários, ambientais e socioeconômicos. As técnicas utilizadas no projeto para complementar o planejamento local de LID, são: valas de infiltração, trincheira de infiltração e pavimentos permeáveis.

Optou-se pelo uso de valas gramadas, por se tratar de estruturas de baixo custo de construção e manutenção, além dos ganhos paisagísticos e benefícios ambientais, com a possibilidade de recarga do lençol freático e com a melhoria da qualidade das águas de origem pluvial. Para dimensionamento desses dispositivos adotou-se coeficiente de permeabilidade saturada K de 10^{-5} m/s. Em função da área de drenagem e das características de seção transversal da vala, foi possível determinar o comprimento necessário para cada vala. A topografia do local permite uma declividade longitudinal de aproximadamente 2%. Para manutenção e para evitar a erosão lateral, os taludes serão na proporção 3:1.

As valas foram locadas, preferencialmente, ao longo das vias e passeios (Figura 11), considerando que receberão o escoamento proveniente dos mesmos e dos telhados das edificações. O posicionamento das estruturas propostas à jusante das edificações, além de evitar interferência na fundação, garante o escoamento natural da água para dentro dos dispositivos. Para as valas com declividade longi-

tudinal superior a 3%, utilizaram-se de bermas (divisórias) a cada 15 metros de distância, de forma a aumentar os volumes de armazenamento e permitir a infiltração.

Utilizou-se também de uma vala conjugada com trincheira, posicionada a jusante da edificação J, perpendicular ao sentido de escoamento (Figura 9), atualmente construída; seu dimensionamento se deu através do método das chuvas, considerando o volume de água captado pelo telhado da edificação, a ser armazenado na estrutura, e seu coeficiente de escoamento (C), além da declividade do terreno, e a permeabilidade do solo. Para o dimensionamento do dispositivo, adotou-se K igual a 5×10^{-6} m/s.

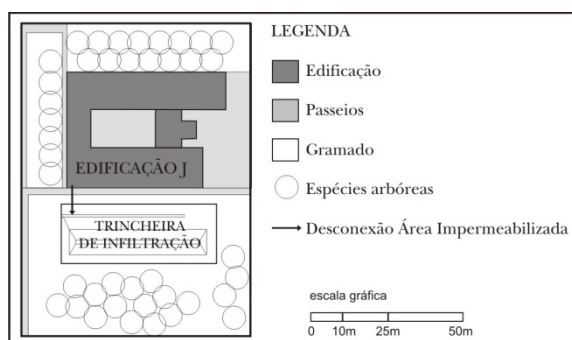


Figura 9 – Vala/Trincheira junto à edificação J.

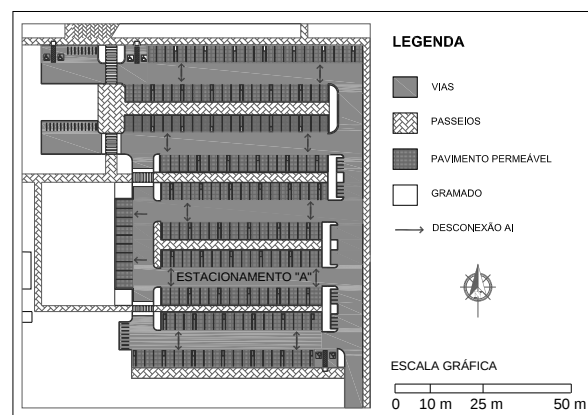


Figura 10 – Estacionamento em pavimento permeável.

Nas áreas de estacionamentos optou-se pelo uso de pavimentos permeáveis, do tipo blocos de concreto vazados preenchidos com grama; e uma estrutura de brita que permite o armazenamento das águas pluviais em seu interior, possibilitando posterior infiltração ou lançamento no sistema de drenagem de forma controlada (Figura 10). O volume de armazenamento necessário foi calculado em função da área de contribuição e sua impermea-

bilização, através das vias. Foram utilizados 5.088 m² de pavimento permeável, com um reservatório de britas de 11 cm e 17 cm de profundidade.

Para dimensionamento utilizou-se do método das chuvas, conforme apresentado por Baptista et al (2005). Os parâmetros utilizados foram: tempo de retorno (Tr) de 10 anos; permeabilidade saturada do solo $1,38 \cdot 10^{-6}$ m/s; porosidade efetiva do material de preenchimento: 40% (brita nº3); Coeficiente de escoamento da área pavimentada (C=0,9) e do bloco de concreto vazado (C=0,97).

Os valores dos parâmetros da urbanização de baixo impacto encontram-se na Tabela 2.

Nas Figuras 11 e 12 encontra-se a proposta de urbanização de baixo impacto, considerando as estratégias utilizadas para a redução da impermeabilidade, combinadas a opções de desenhos que protegem os recursos naturais, cuidando da drenagem diretamente na fonte.

Na Tabela 2 podem ser comparadas as condições de pré-ocupação, urbanização convencional e urbanização de baixo impacto para os aspectos urbanísticos, ambientais e hidrológicos.

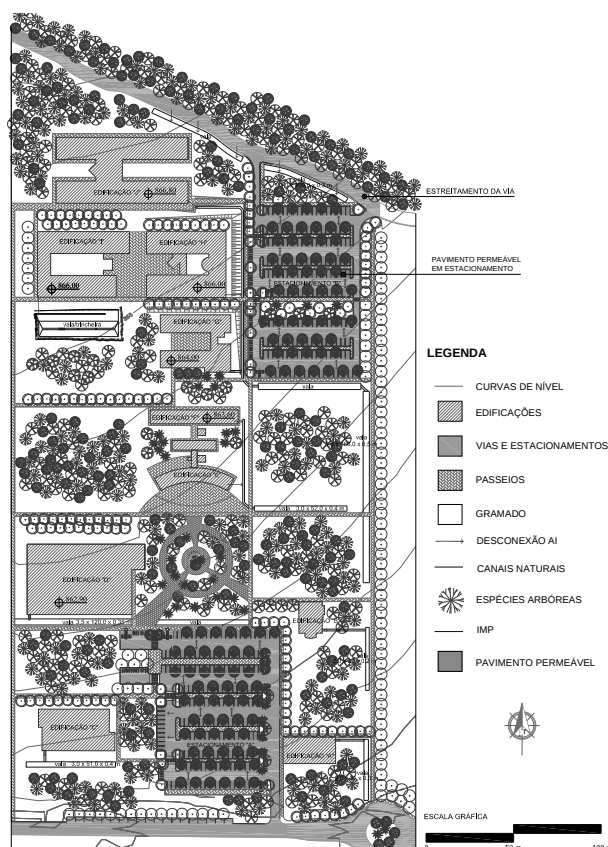


Figura 11 – Projeto de Urbanização de baixo impacto.

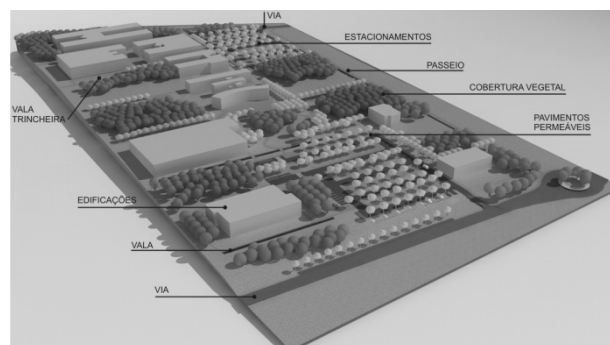


Figura 12 – Proposta de Urbanização de baixo impacto.

Tabela 2 – Análise das situações de desenvolvimento por parâmetros.

Aspectos	Parâmetros	Pré-ocupação	Urbanização convencional	LID
Urbanísticos	Áreas permeáveis (m ²)	89.500	38.668	54.064
	Áreas Verdes (m ²)	0	0	6.916
	Área em projeção da técnica compensatória (m ²)	0	19.767	16.561
	Área de vias e estacionamentos (m ²)	0	20.050	7.864
	Áreas de passeios (m ²)	0	11.011	11.011
	Área de telhado de edifícios (m ²)	0	11.011	0
	Área Impermeável Diretamente Conectada (m ²)	0	19.767	0
	Área de vias e estacionamentos (m ²)	0	0	16.561
	Área Impermeável Não Conectada (m ²)	0	20.050	7.864
	Área de telhado de edifícios (m ²)	0	0	11.011
Ambientais	Taxa de ocupação (%)	0	12	12
	Infra-estrutura de drenagem enterrada (m)	0	1.254	0
	Técnicas compensatórias (m ³)	0	0	854
	Área de Cobertura vegetal (m ²)	89.500	0	22.512
	Área de gramados (m ²)	0	38.668	31.552
	Risco de poluição de água subterrânea	NÃO	NÃO	NÃO
Hidrológicos	Risco de poluição de água com finos e outros poluentes	NÃO	SIM	NÃO
	Risco sanitário	NÃO	NÃO	NÃO
	Tempo de retorno (anos)	10	10	10
	Tempo de concentração (min)	26,07	10,54	26,07
	Volume de escoamento superficial direto (m ³)	312	1.074	847
	Intensidade (mm/min)	1,34	2,06	1,34
	Coeficiente de escoamento superficial (C) ponderado	0,10	0,55	0,10
	Vazão de pico (m ³ /s)	0,20	1,70	0,20
	Volume de armazenamento para área (m ³)	0	977	310
	Volume de armazenamento para desconexão de AIDC (m ³)	0	0	854

Com a implantação das técnicas de LID, consegue-se uma redução das vazões de pico e do volume de armazenamento através do uso de IMP, conforme demonstrado nos hidrogramas (Figura 13).

Na urbanização convencional não se tem preocupação com os parâmetros ambientais; portanto, os riscos de poluição das águas e dos solos, bem como, o risco de água com finos e risco sanitário não são considerados na urbanização.

Na urbanização de baixo impacto considera-se não haver risco de poluição das águas e dos solos em função da espessura da camada do solo e a da permeabilidade do mesmo, e em função do tipo de ocupação (telhados, caminhos para pedestres, vias e

estacionamentos). Sob risco de água com finos, julga-se não haver problemas, tendo em vista que não há solos expostos, ou seja, os solos da área são cobertos com vegetação, os taludes não possuem declividade acentuada e não há na proximidade canteiros de obras que possam conduzir material fino até as estruturas. Considerando que os dispositivos obedecerão ao tempo máximo de esvaziamento e de funcionamento, não há risco sanitário em função da estagnação de água nas estruturas propostas.

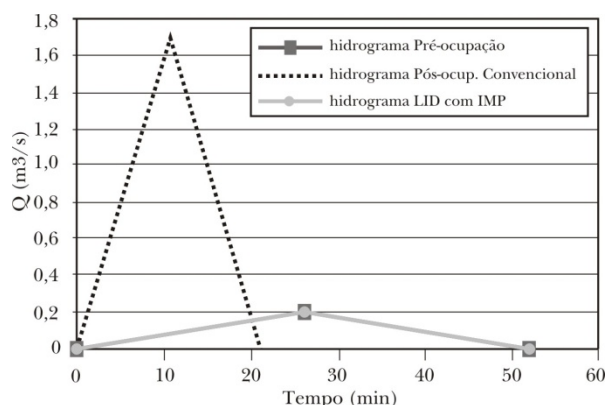


Figura 13 – Hidrogramas de pré-ocupação, urbanização convencional e pós-ocupação com estratégias de LID, com uso de IMP.

Dessa forma, o controle e o tratamento do escoamento superficial na fonte, reduzem ou eliminam os riscos associados a transporte de poluentes para áreas a jusante.

CONCLUSÕES

Avaliaram-se em microbacia de 8,95 ha, a urbanização convencional existente, o cenário de pré-ocupação e o LID. Para isso usaram-se de 7 parâmetros urbanísticos, 5 ambientais e 8 hidrológicos, além dos aspectos legais e das formas de criação do projeto. O projeto urbanístico, hidrológico e ambiental característico do LID possibilita desconectar áreas impermeáveis, eliminar infra-estrutura de drenagem enterrada, reduzir as áreas impermeabilizadas presentes na urbanização convencional. Foram viabilizados ganhos paisagísticos e estéticos ao meio ambiente e aos usuários, por meio de tratamento das superfícies e aumento de áreas permeáveis. Para os aspectos ambientais, os ganhos são perceptíveis

na urbanização de baixo impacto, por meio de um significativo aumento das Áreas de cobertura vegetal de 25%, inexistentes na condição convencional. Também é possível reduzir riscos sanitários, de poluição e de água com finos, através do uso de IMP, e com o cuidado com as superfícies do solo. Hidrológicamente, no projeto com técnicas de LID, se mantém as condições mais próximas possíveis das condições naturais (pré-ocupação) considerando um período de retorno de 10 anos. Através do uso de IMP's, consegue-se atingir a redução das vazões de pico de 1,7 m³/s para 0,20 m³/s, em relação ao convencional; permitindo o armazenamento de um volume de água de 854 m³ nas estruturas de infiltração locais propostas (valas, trincheira e pavimentos permeáveis). A partir destas análises verifica-se que para aplicabilidade do desenvolvimento de baixo impacto, serão necessárias mudanças no planejamento e projeto, que devem ser concomitantes, senão as soluções são parciais. O projeto de LID exige o reconhecimento dos diferentes profissionais de que sua especialização complementa a de outras na solução dos problemas de drenagem urbana. Recomenda-se a partir dessa experiência, o uso das práticas de LID em novos desenvolvimentos, a fim de subsidiar os municípios para que sejam criativos nas soluções, multidisciplinares no projeto e planejamento, poupem recursos e se atualizem na gestão das águas pluviais.

REFERÊNCIAS

- BAPTISTA, M. B.; NASCIMENTO, N. DE O. Aspectos institucionais e de financiamento dos sistemas de drenagem urbana. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*: Porto Alegre, v.7, n.1, 2002.
- BAPTISTA, M.; NASCIMENTO, N.; BARRAUD, S. *Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana*. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2005. 266 p.
- BRASIL. *Constituição da República Federativa do Brasil*. Brasília, 1988.
- BRASIL. CONAMA. Resolução nº 303, de 20 de Março de 2002. *Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente*, 2002.
- BRASIL. MINISTÉRIO DAS CIDADES. *Programa de Drenagem Sustentável: Apoio ao Desenvolvimento do Manejo das Águas Pluviais urbanas*.

Brasília, 2005.

BRASIL. PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965. *Institui o novo Código Florestal*. Brasília, 1965.

BRASIL. PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. Lei Federal nº 6.766 de 19 de dezembro de 1979. *Dispõe sobre o Parcelamento do solo urbano*. Brasília, 1979.

BRASIL. SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO AMBIENTAL. *Gestão de águas pluviais urbanas - Saneamento para Todos*. Brasília: Ministério das Cidades. 4º vol. 2006. 194 p.

CITY OF PORTLAND. *Stormwater Management Manual*. Revision 2. Portland, 2002. Disponível em: <http://www.cleanrivers-pdx.org>.

DEL MAR. Interim: Standard Urban Stormwater Mitigation Plan. *City of Del Mar*, 2008.

DEPARTMENT OF DEFENSE. UNIFIED FACILITIES CRITERIA. *Design: Low Impact Development Manual*. United States. 2004. Disponível em: <<http://www.ccb.org>>.

DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL RESOURCES. *Low-Impact Development: Hydrologic Analysis*. Maryland, 1999. Disponível em: <http://www.lowimpactdevelopment.org/pub>.

DEPARTMENT OF THE ENVIRONMENT AND HERITAGE. *Introduction to Urban Stormwater in Australia*. Australia. 2002.

FLAGSTAFF Low Impact Development: Guidance Manual for Site Design and Implementation. *City of Flagstaff: Stormwater Management Section*, 2009.

GAROTTI, L. M.; BARBASSA, A. P. Estimativa de área impermeabilizada diretamente conectada e sua utilização como coeficiente de escoamento superficial. *Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 15, p. 19-28. 2010.

GEORGIA (2001) *Stormwater Management Manual: stormwater policy guidebook*. ARC. Geórgia: Volume 1, 158p.

MCCUEN, R.H. *Hydrologic analysis and design*. New Jersey, USA: Prentice Hall. 1989. 867p.

PRINCE GEORGE'S COUNTY – MARYLAND (1999). *Low-Impact Development Design Strategies: An Integrated Design Approach*. Maryland: Department of Environmental Resources. 150p. Disponível em: <http://lowimpactdevelopment.org/pub>.

SOUZA, C.F. *Mecanismos técnicos-institucionais para a sustentabilidade da drenagem urbana*. 2005. Porto Alegre: UFRGS. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005.

TAVANTI, D.R. *Desenvolvimento de Baixo Impacto aplicado ao processo de planejamento urbano*. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2009.

TAVANTI, D.R.; BARBASSA, A.P. *Contribuições do planejamento urbano às questões hidrológicas e ambientais*. In: 4º Congresso Luso Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável (Pluris2010). Faro, 2010.

TUCCI, C. E. M., Porto, R. L. L., Barros, M. T. (Org.). (1995). *Drenagem urbana*. Porto Alegre: ABRH/Editora da Universidade/UFRGS (Coleção ABRH de Recursos Hídricos; v. 5). 428p.

TUCCI, C.E.M *Gestão de Águas Pluviais Urbanas*. 4. ed. Brasília: Ministério das Cidades. 2005. 194 p.

U.S DEPARTMENT OF HOUSING AND URBAN DEVELOPMENT. OFFICE OF POLICY DEVELOPMENT AND RESEARCH. *The practice of Low Impact Development*. Washington, D.C., 2003.

VILLANOVA URBAN STORMWATER PARTINERSI. 2009. Disponível em: http://www3.villanova.edu/VUSP/bmp_research/green_roof/gr_roof_main.htm.

Analysis of Low Impact and Conventional Urban Developments

ABSTRACT

This study shows the use of Conventional and LID methods in a microbasin, proving that through urban planning it is possible to create hydrologically functional landscapes, with a behavior similar to the natural one. The comparative analysis of the urban planning methods was performed in an urban microbasin on the Campus of the Federal University of São Carlos, in the Monjolinho River basin, in the municipality of São Carlos/SP. Hydrological, urbanistic and environmental aspects were evaluated to compare three scenarios: pre-development, existing conventional development and low impact development (LID). Parameters were selected to allow evaluating the proposed scenarios. The results show a landscaping and esthetic gain in the low impact development project, with the creation of 24% plant cover area, increase of areas rendered permeable by reducing 17% of the impervious areas (roads, parking lots and sidewalks) compared to conventional urbanization. As to the hydrological aspects, a reduction of 21% peak flow and 26.9% post-development volume are achieved compared to the conventional one, using LID techniques without the benefit of integrated management practices (IMPs). Using IMPs the infiltration of rain water keeps the conditions as close as possible to natural conditions.

Key-words: *Low Impact Development . Urban drainage. Urban planning*