



**SISTEMAS DE DRENAGEM SUSTENTÁVEL (SUDS): PROPOSTAS PARA A BACIA DO RIO JUVÊ,
CURITIBA-PR**

**SUSTAINABLE DRAINAGE SYSTEMS (SUDS): PROPOSALS FOR THE RIVER JUVÊ WATERSHED,
CURITIBA-PR**

Felipe Timmermann Gonçalves ¹e João Carlos Nucci ²

RESUMO

A drenagem urbana convencional há muito tempo tenta ignorar o ecossistema fluvial e a importância da cobertura do solo como fatores determinantes para o controle de inundações. Soluções sustentáveis são aplicadas a fim de controlar o escoamento superficial o mais próximo da sua origem através de pequenas remodelações que mimetizam o ciclo hidrológico da paisagem pré-urbanizada. Os sistemas de drenagem sustentável – SuDS (Sustainable Drainage Systems) – são o modo de se planejar o controle do escoamento superficial e da qualidade da água aliados à oferta de áreas de amenidade e que possibilitem um contato da população com o ecossistema natural. O presente artigo visa colaborar para a discussão dessas técnicas alternativas por meio de uma proposta de planejamento da paisagem da bacia hidrográfica do Rio Juvevê, em Curitiba (PR), utilizando técnicas provenientes do SuDS aplicáveis no contexto da bacia. Buscou-se primeiramente compreender a situação da bacia por meio do mapeamento da impermeabilização do solo e das inundações e alagamentos ocorridos em 2015. Os resultados mostraram que a bacia está ocupada por 64,3% com edificações e por 26,4% pelo sistema viário, portanto, com sua superfície muito impermeabilizada e bem acima da média para o município de Curitiba. As propostas de aplicação de biorretenções, cruzamentos rebaixados, jardins de chuvas e outras soluções sustentáveis se mostram práticas na bacia do rio Juvevê e devem ser consideradas pelo poder público e pela população como solução para a drenagem urbana.

PALAVRAS-CHAVE: Ecologia urbana; Planejamento da paisagem; Infraestrutura verde; Escoamento superficial; Drenagem urbana.

ABSTRACT

For a long time the urban drainage has been dealt through the use of large engineering constructions along the urban fluvial corridors, failing to recognise the importance of the fluvial ecosystem and that impermeabilization can instigate urban floods. Sustainable solutions have been implemented in order to control runoff as close to its source as possible, through small alterations which seek to mimic, in highly impermeabilized areas, the hydrologic cycle of pre-urbanized landscapes. The sustainable drainage systems – SuDS – are the management practices used to plan the runoff control strategy and the water quality, whilst improving the amenity area's offer and reconnecting the population with the natural ecosystems. This paper aims to contribute to the discussion about these techniques by proposing an alternative landscape plan for the Juvevê river watershed, in Curitiba (Brazil), using SuDS's techniques applicable to its context. The first stage in examining this issue was to identify the watershed's current condition by mapping its soil permeability and the location of its floods in two different occasions in 2015. The results reveal that the watershed is 64,3% occupied by buildings and 26,4% by road system, therefore, its surface is very impermeabilized with much higher rates than the Curitiba's average. The projects proposed in this paper deserve to be pursued in order to a possible applicability in the future in this and in other highly populated and impermeabilized watersheds.

KEY-WORDS: Urban ecology; Landscape planning; Green infrastructure; Runoff; Urban drainage

Recebido em: 06/06/2016

Aceito em: 28/08/2017

¹ Universidade Federal do Paraná, UFPR, Curitiba/PR, e-mail: fftimmer@gmail.com

² Universidade Federal do Paraná, UFPR, Curitiba/PR, e-mail: nucci@ufpr.br

1. INTRODUÇÃO

A explosão demográfica nos centros urbanos a partir dos anos 1950 trouxe inúmeros novos desafios à sociedade. O crescimento veloz e a ocupação dos espaços nas grandes cidades desconsideraram os sistemas naturais. O sistema hidrológico passou a ser drasticamente transformado por meio não só de alterações diretas nos rios, mas também por mudanças impróprias na cobertura do solo urbano.

As edificações, pavimentação, impermeabilização do solo e canalização e retificação dos cursos d'água alteram drasticamente e permanentemente a dinâmica hídrica urbana. Inevitavelmente tais alterações criam novas respostas hidrológicas, sendo as mais notáveis as alterações do escoamento superficial direto (PORTO et al., 2012).

Enquanto que em ambiente natural ou pré-urbanizado a maior parte da água de um balanço hídrico percola o solo ou é evapotranspirada (90%), em ambiente urbanizado uma grande parcela, 72%, é escoada na superfície ou por sistemas de águas pluviais e/ou esgoto (TUCCI e BERTONI, 2003, p. 90). A principal consequência disso é o aumento da velocidade de escoamento da água pluvial e a diminuição do tempo necessário da água precipitada no ponto mais distante da bacia para atingir seu exutório. A taxa de Tempo de Concentração sofre alterações conforme a cidade tem sua cobertura impermeabilizada, vide a bacia do rio Belém, no município de Curitiba (PR), onde em 1820 levava-se 165 minutos para que todo o escoamento da bacia, então com 11,04% da sua cobertura impermeabilizada, passasse a contribuir em seu exutório. A previsão para 2020 na mesma área, porém com 86,6% de cobertura impermeabilizada, é de 53 minutos - variação negativa de 67,9% (FENDRICH, 2002). A impermeabilização das bacias hidrográficas influencia também na antecipação do pico de vazão e no aumento em até sete vezes da vazão máxima (TUCCI e BERTONI, 2003, p. 92).

Atrelada ao aumento de superfície impermeável, a implantação de obras de drenagem (micro e macro) oculta grandes

volumes d'água pluvial em sistemas que cedo ou tarde deságuam em outros sistemas. O grande volume somado à grande velocidade de escoamento torna as áreas no exutório altamente suscetíveis a inundações. Este modelo tradicional de drenagem urbana seguiu a preocupação higienista corrente no final do século XIX e início do XX, e implantou o conceito de máxima eficiência de escoamento, ou seja, a água deve ser escoada para jusante do perímetro urbano com a máxima velocidade e vazão, ação concretizada com o controle na própria calha dos rios, por meio de cortes de meandros, retificações de rios, aprofundamento de leito, implantação de drenagens inadequadas entre outras medidas (TUCCI e BERTONI, 2003).

No Brasil, uma nova solução, em contraposição ao modelo tradicional, foi introduzida em São Paulo (SP) com base nas propostas do engenheiro civil Aluísio Canholi, que as nomeou como Medidas Não Convencionais e que passou a ser implementada a partir de 1994 (CANHOLI, 2014). Essas obras em São Paulo compreendem principalmente os reservatórios de Detenção a Jusante - estes já são vinte e um no município - reservando até 5,9 milhões de m³. No entanto, as estruturas, conhecidas como "piscinões", têm basicamente a função de atenuar a velocidade de fluxo dos seus respectivos rios e não beneficiam nem incrementam o ciclo hidrológico natural, além de não criarem espaços de encontro das pessoas com a natureza: "os piscinões, paliativos, sem dúvida, mas deixam cicatrizes infringidas ao tecido urbano e tornam-se ambientes inóspitos que desvalorizam as áreas urbanas adjacentes." (GORSKI, 2010, p. 21).

Os piscinões são um exemplo de desequilíbrio nos processos de planejamento; estes engrandecem as preocupações econômicas e sociais que, por sua vez, têm "ignorado que a sociedade humana também depende do meio ambiente biofísico para sua sobrevivência" (DOUGLAS, 1983). Portanto, a proposta paulistana continuou distante do ideal, pois as obras têm elevado custo, alta dependência tecnológica, não trazem benefícios naturais às

GONÇALVES, F.T. e NUCCI, J.C.
**SISTEMAS DE DRENAGEM SUSTENTÁVEL (SUDS): PROPOSTAS PARA A BACIA DO RIO JUVÊ,
CURITIBA-PR**

paisagens fluviais e podem não ser suficientes num futuro de contínua impermeabilização das bacias hidrográficas.

Sobre o modo como as cidades manejam suas águas, Hough é crítico ao modelo tradicional de máxima eficiência:

De fato, o desenho urbano convencional contribui para a deterioração do meio ambiente devido à transferência de um problema urbano para o meio ambiente global e pela falha na hora de reconhecer as relações entre as ações humanas e os sistemas naturais e assim atuar sobre aquelas. (...). Se drena a água das ruas, estacionamentos, pavimentos, praças, pátios escolares, jardins e parques, e assim ela desaparece da consciência humana, perpetuando as práticas destrutivas ao meio ambiente. (HOUGH, 1998, p. 46-48, tradução dos autores).

O entendimento de que os sistemas tradicionais de drenagem seriam danosos ao meio ambiente e insustentáveis em longo prazo passou a se dar a partir da década de 1980, quando, então, novas técnicas focaram o controle do escoamento superficial o mais próximo de sua origem. Maksimovic (2001, p. 3) afirma que o que se verifica em países com maior investimento em drenagem urbana é a gradual substituição dos sistemas convencionais de captação de águas pluviais por sistemas de controle de quantidade e qualidade do escoamento superficial. A nova abordagem não é apenas uma questão de drenagem, mas também de reconciliação da cidade com seus ecossistemas:

Para a questão da água deve-se considerar as possibilidades de desenho urbano, quando os problemas da eliminação da água “usada” da cidade se transformam em oportunidades para restauração do balanço hidrológico e ecológico, enriquecendo, desse modo, a experiência e complexidade do

ambiente da cidade. (HOUGH, 1998, p. 48, tradução dos autores).

Desde meados da década de 1990 municípios brasileiros buscam direcionar o desenvolvimento da drenagem urbana a uma metodologia com ênfase na redução do escoamento superficial. Segundo levantamento de Cruz et al. (2007), o foco é principalmente obrigar edificações de determinados tamanhos a ter reservatórios próprios de retenção para águas pluviais, além de regulamentar as taxas máximas de impermeabilização do solo dentro das propriedades. Um marco são as diretrizes dos Planos Diretores de Manejo de Águas Pluviais, lançadas pelo Ministério das Cidades (BRASIL, 2006) no documento Princípios de Manejo Sustentável das Águas Pluviais Urbanas, o qual reconhece, entre outros, a necessidade de controle da impermeabilização da bacia e a importância do controle de escoamento na origem.

Além das legislações que responsabilizam os estabelecimentos pelo escoamento superficial e que já começam a funcionar em alguns municípios brasileiros, infraestruturas verdes podem ser incluídas ao processo de planejamento da paisagem das bacias hidrográficas urbanas. Busca-se a sustentabilidade ao mimetizar a paisagem pré-urbanizada e ao restabelecer as dinâmicas do ciclo hidrológico.

1.1. SISTEMAS DE DRENAGEM SUSTENTÁVEL

Sistemas de drenagem de águas superficiais em sinergia com os valores da sustentabilidade são referenciados como sistemas de drenagem sustentável – Sustainable Drainage Systems – SuDS. Os SuDS se baseiam em uma estrutura científica holística de sustentabilidade, que quer dizer, neste caso, que “todos os custos ambientais, conjuntamente aos fatores econômicos e sociais, devem ser considerados nos processos de tomada de decisões” (WOODS-BALLARD et al., 2007, p. 3-15).

GONÇALVES, F.T. e NUCCI, J.C.
SISTEMAS DE DRENAGEM SUSTENTÁVEL (SUDS): PROPOSTAS PARA A BACIA DO RIO JUVÊ, CURITIBA-PR

Estes sistemas buscam reduzir o escoamento superficial com a integração de pequenas e discretas unidades de controle de águas pluviais em todo o sítio planejado por meio de elementos semelhantes com a paisagem natural. Os objetivos dos SuDS são estimados pela convergência das necessidades de

minimização dos efeitos da urbanização sobre a quantidade e qualidade do escoamento superficial e de maximização da oferta de amenidades e biodiversidade, conforme Figura 1.

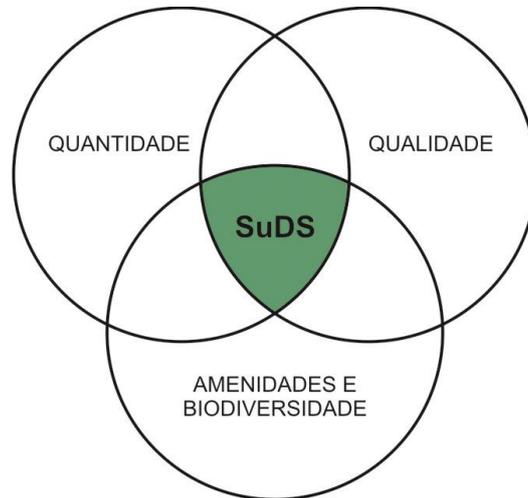


Figura 01 - OBJETIVOS DOS SUDS. ADAPTADO PELOS AUTORES. FONTE: Woods-Ballard et al. (2007)

A drenagem sustentável deve ser pensada com seu funcionamento em cadeia/sequência. Tal conceito é fundamental e considera diferentes magnitudes de precipitação a fim de evitar incrementos no escoamento superficial. Para Woods-Ballard et al. (2007, p. 12), sempre que possível, “águas pluviais devem ser manejadas em pequenas feições localizadas nas sub-bacias, ao invés de serem transportadas e manejadas em grandes sistemas nos pontos mais baixos das áreas de drenagem”. As hierarquias de técnicas utilizadas são, portanto, as seguintes:

- Prevenção: planejamento paisagístico local e medidas de limpeza e manutenção doméstica para prevenir escoamento superficial e poluição, além da reutilização de águas pluviais;
- Controle de origem: controle do escoamento superficial muito próximo à sua origem, como o uso de telhados verdes e pavimentos permeáveis;

- Controle local: manejo da água em escala local (ex: encaminhar o escoamento de um estacionamento para uma bacia de infiltração ou detenção no próprio sítio);
- Controle regional: manejo do escoamento excedente de vários locais direcionando-os a grandes espaços, como lagos e brejos.

Esses procedimentos controlam a qualidade da água por meio de processos naturais como sedimentação, filtração, adsorção, biodegradação, volatilização, precipitação, absorção por plantas, nitrificação e fotólise. Já o controle da quantidade de água escoada ocorre por processos mecânicos (WOODS-BALLARD et al. 2007):

- Infiltração: a água superficial percola o solo e diminui a vazão do escoamento superficial. É o modo de controle mais desejável, uma vez que este restabelece a dinâmica hidrológica;

**SISTEMAS DE DRENAGEM SUSTENTÁVEL (SUDS): PROPOSTAS PARA A BACIA DO RIO JUVÊ,
CURITIBA-PR**

- Detenção/Atenuação: é a diminuição de velocidade de fluxo. O armazenamento pode ser em bacia seca (de detenção), em bacia de retenção ou ainda em bacias subsuperficiais;
- Transporte: é o transporte do escoamento superficial de um lugar a outro. Isto pode ocorrer por canais abertos, canos e/ou trincheiras. Tal processo é fundamental para manejo de fluxo e conexão de SuDS em eventos extremos.

As técnicas para implementação dos SuDS são diversas e devem levar em conta as características das áreas de implantação para definir quais utilizar. O Manual dos SuDS (WOODS-BALLARD et al., 2007) explicita as fragilidades e potencialidades para cada característica de terreno, além de apresentar técnicas possíveis para cada fim, conforme Quadro 1.

Quadro 01 - Técnicas Utilizadas Pelos Suds (Woods-Ballard Et Al., 2007 E Digman Et Al., 2012)

Infiltração	Faixas de infiltração (<i>filter strips</i>)
	Poço de infiltração (<i>soakaway / dry well</i>)
	Trincheira preenchida com pedras (<i>trench</i>)
	Pavimentos permeáveis (<i>pervious pavements</i>)
	Sistemas geocelular / modular (<i>geocellular / modular systems</i>)
	Filtros de areia (<i>sand filters</i>)
	Bacia de infiltração (<i>infiltration basin</i>)
	Biorretenção (<i>bioretention / stormwater bump-out</i>)
	Jardim de chuva (<i>rain garden</i>)
Detenção / Atenuação	Telhado verde (<i>green roof</i>)
	Tonel de água (<i>water butts</i>)
	Reuso de águas pluviais (<i>rainwater harvesting</i>)
	Depressões (<i>swales</i>)
	Sistema geocelular / modular (<i>geocellular / modular systems</i>)
	Filtros de areia (<i>sand filters</i>)
	Bacia de infiltração (<i>infiltration basin</i>)
	Bacia de detenção (<i>detention basin</i>)
	Lago ou Tanque (<i>pond</i>)
	Pântano de águas pluviais (<i>stormwater wetlands</i>)
Praça ou Cruzamento afundado (<i>sunken square</i>)	
Transporte	Trincheira preenchida com pedras (<i>trench</i>)
	Depressões (<i>swales</i>)
	Pavimentos permeáveis (<i>pervious pavements</i>)

Dois exemplos de técnicas aplicadas são apresentados na Figura 2.

GONÇALVES, F.T. e NUCCI, J.C.
**SISTEMAS DE DRENAGEM SUSTENTÁVEL (SUDS): PROPOSTAS PARA A BACIA DO RIO JUVÊ,
CURITIBA-PR**



Figura 02 - À Esquerda, uma Biorretenção em Bairro Residencial de Londres. À Direita, Bacia de Infiltração em Zona Portuária de Osnabrück, Alemanha.

Os SuDS têm como característica atribuir aos moradores responsabilidades para prevenção e controle de origem, integrando-os durante o planejamento e gestão dos sistemas e instruindo-os por meio de manuais e treinamentos. Na cidade de Philadelphia (EUA), manuais com técnicas possíveis de aplicação estão disponíveis aos residentes, às empresas, escolas e centros comunitários. A sociedade é incentivada a colaborar para a proteção das suas bacias hidrográficas com o uso de infraestruturas verdes inovadoras (PHILADELPHIA, 2017).

A execução de SuDS se dá em diferentes níveis e pode abarcar desde um único estabelecimento, como, por exemplo, um estacionamento ou um novo loteamento ou indo até a uma escala municipal, com a criação pelo governo local de uma rede urbana de infraestrutura verde orientada para os conceitos de drenagem sustentável, como é o caso de Philadelphia.

Pensando no futuro das cidades brasileiras as infraestruturas verdes devem ser incluídas nas propostas para desafogo de suas bacias hidrográficas mais problemáticas. Na Grã Bretanha, os SuDS já estão incluídos à visão de futuro de como dever-se-á agir em 2065 para

diminuir a vulnerabilidade às inundações urbanas (THE UK WATER PARTNERSHIP, 2015).

1.2. BACIA DO RIO JUVÊ

Em reunião realizada em 16/03/2015 entre a Secretaria Municipal de Obras de Curitiba e moradores da bacia do rio Juvevê, que buscavam respostas aos transtornos decorrentes das inundações verificadas em 04 de fevereiro e 11 de março do mesmo ano, foi comentado sobre o agravamento do problema nos últimos anos e que a estrutura de drenagem existente já não comportava a vazão dos rios. A pesquisa buscou então compreender a situação da cobertura da terra e o conseqüente escoamento superficial que vem intensificando as inundações e alagamentos na bacia hidrográfica do Rio Juvevê, em Curitiba (PR).

A ocupação da bacia é uma das mais antigas e consolidadas (ocorrida majoritariamente entre 1928 e 1938) e apresenta hoje um dos mais elevados valores da terra do município (IPPUC, 2017). Em razão da sua localização central e grande disponibilidade de serviços, há grande demanda por novas moradias na região, o que vem verticalizando as edificações e impermeabilizando ainda mais a superfície do solo da bacia.

GONÇALVES, F.T. e NUCCI, J.C.
**SISTEMAS DE DRENAGEM SUSTENTÁVEL (SUDS): PROPOSTAS PARA A BACIA DO RIO JUEVÊ,
CURITIBA-PR**

Na área da bacia existem dois eixos de adensamento populacional (Setor Especial Estrutural) que, como consta na Lei nº. 9.800 (CURITIBA, 2000), são “áreas de expansão do centro tradicional”. Além dessas áreas de crescimento, as zonas residenciais previstas no Zoneamento podem ser adensadas com o uso da Lei de Transferência do Potencial Construtivo, a qual permite, por meio de artifícios, a construção de prédios maiores aos antes previstos pelo zoneamento.

O problema de inundações na região é grave e vem se acentuando, por isso buscou-se explorar possíveis técnicas dos SuDS que possam ser aplicadas em uma perspectiva de planejamento da paisagem da bacia.

2. MATERIAS E MÉTODOS

O Rio Juvevê é um afluente do Rio Belém e sua bacia abrange 9,64km² (25°26'S, 49°15'W),

representando 2,27% da área do município de Curitiba (Figura 3).

A posição geográfica de Curitiba agrega características naturais de alta taxa pluviométrica anual (1.515,4 mm) assim como sazonalidade evidente, com os principais índices de pluviosidade ocorrendo no verão (DANNI-OLIVEIRA e MENDONÇA, 2007). Atrelado a isto, é corriqueiro no verão eventos excepcionais que extrapolam 50 mm em poucas horas de precipitação.

O mapeamento das inundações foi realizado em escala 1:500 com base em fotos e vídeos divulgados após as chuvas de 04 de fevereiro e 11 de março de 2015. Esse procedimento foi necessário uma vez que a prefeitura de Curitiba não tem levantamentos com tamanho detalhamento.

GONÇALVES, F.T. e NUCCI, J.C.
**SISTEMAS DE DRENAGEM SUSTENTÁVEL (SUDS): PROPOSTAS PARA A BACIA DO RIO JUVENVÊ,
 CURITIBA-PR**

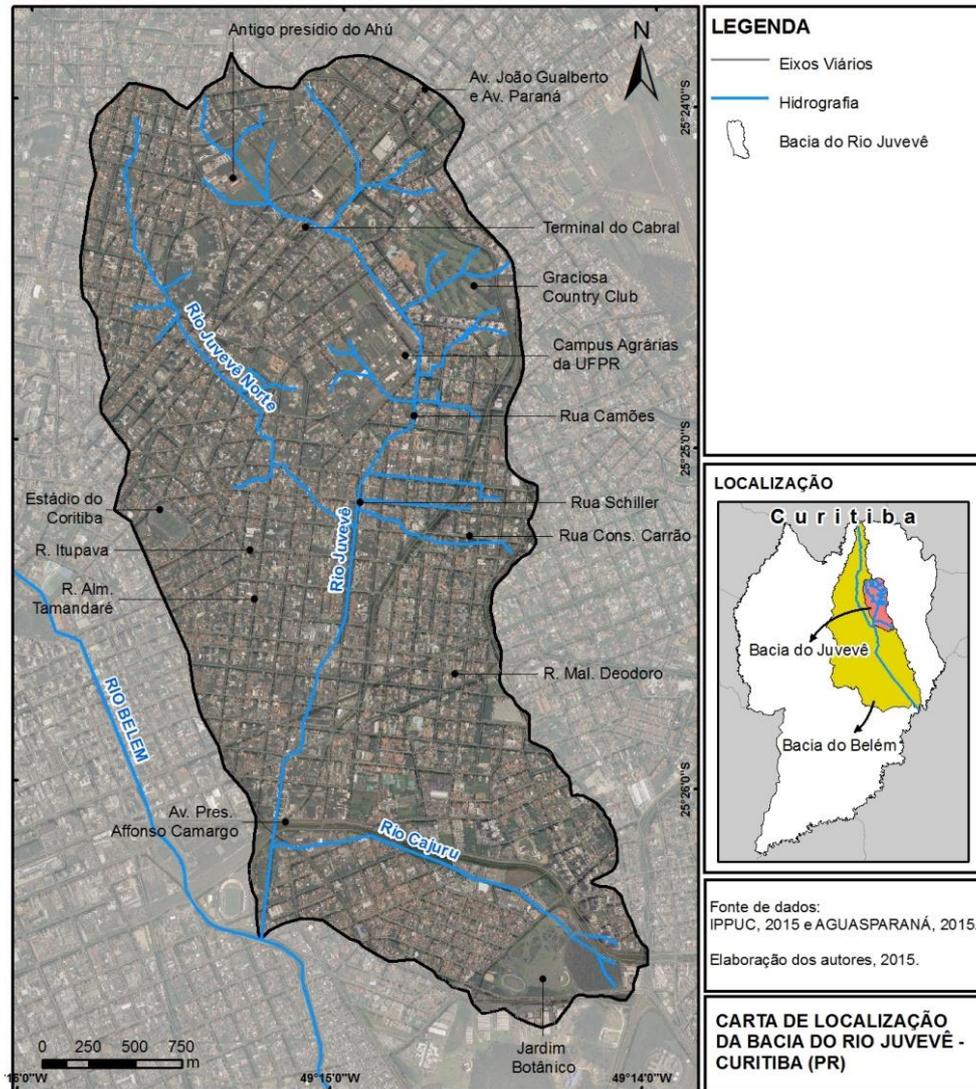


Figura 03 - Localização da Bacia Do Rio Juvevê

Para o mapeamento da impermeabilização do solo da bacia, realizado em escala 1:5.000 sobre imagens de satélite de 2013 e imagens no nível do solo do Google Street View, todas disponibilizadas no Google Earth, foi utilizado o método de Ferreira (2015), que atribui classificação de permeabilidade às categorias de cobertura da terra propostas por Nucci et al. (2014), conforme Quadro 2.

As propostas de implantação de um sistema de drenagem sustentável se baseiam nas experiências veiculadas por manuais dos SuDS (WOODS-BALLARD et al., 2007; DIGMAN et al., 2012) e buscam respeitar a realidade da paisagem em questão.

GONÇALVES, F.T. e NUCCI, J.C.
**SISTEMAS DE DRENAGEM SUSTENTÁVEL (SUDS): PROPOSTAS PARA A BACIA DO RIO JUVÊ,
 CURITIBA-PR**

Quadro 02 - Classes de cobertura da terra relacionadas à permeabilidade do solo. Adaptado pelos autores

		CATEGORIAS (NUCCI <i>et al.</i>, 2014)	PERMEABILIDADE (FERREIRA, 2015)
ESPAÇOS EDIFICADOS	EDIFICAÇÕES ATÉ 4 PAVIMENTOS	Área adjacente com vegetação	INTERMEDIÁRIA
		Área adjacente impermeabilizada e sem vegetação	PIOR
	MISTURA DE GABARITOS (até e acima de 4 pavimentos)	Pequenas áreas adjacentes com vegetação	INTERMEDIÁRIA
		Área adjacente impermeabilizada e sem vegetação	PIOR
	EDIFICAÇÕES ACIMA DE 4 PAVIMENTOS	Pequenas áreas adjacentes com vegetação	INTERMEDIÁRIA
		Área adjacente impermeabilizada e sem vegetação	PIOR
	GRANDES EDIFICAÇÕES	Área adjacente com vegetação	INTERMEDIÁRIA
		Área adjacente impermeabilizada e sem vegetação	PIOR
ESPAÇOS NÃO EDIFICADOS		Vegetação arbórea contínua	MELHOR
		Vegetação arbórea, arbustiva e herbácea	MELHOR
		Vegetação arbustiva e/ou herbácea	MELHOR
		Solo exposto	MELHOR
		Solo bastante impermeabilizado	PIOR
	TRÁFEGO	Sistema viário	PIOR

FONTE: Ferreira (2015) e Nucci et al. (2014)

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após mapear a cobertura e inferir a impermeabilização do solo e cruzar os resultados com o mapeamento das inundações de 2015, foi proposto um planejamento da paisagem focado em técnicas e infraestruturas “verdes” para a drenagem urbana, inspiradas em experiências advindas dos SuDS.

3.1. COBERTURA DA TERRA, IMPERMEABILIZAÇÃO E INUNDAÇÕES

A classificação da cobertura da terra evidenciou que a bacia do Juvevê está ocupada

predominantemente por edificações (64,3%), enquanto que Ferreira (2015) encontrou para o município de Curitiba, um equilíbrio entre as áreas não edificadas e as edificadas – 50,93% e 49,07% respectivamente (Tabela 1). Caso o sistema viário fosse incluído aos espaços edificadas, Curitiba teria 62,49% de áreas edificadas, e a bacia do Juvevê, alarmantes 91,7%, ambos superiores à média das cidades alemãs de 49%, conforme Pivetta et al. (2005).

Tabela 01 - Cobertura da terra em Curitiba (Ferreira, 2015) e na bacia do rio Juvevê

Cobertura da Terra	Bacia do rio Juvevê	Município de Curitiba *
Áreas Não Edificadas	9,3%	37,51%
Sist. Viário	26,4%	13,42%
Áreas Edificadas	64,3%	49,07%

FONTE: * Ferreira (2015).

O mapeamento da impermeabilização potencial do solo (Figura 4 e Tabela 2) mostrou

que 48,2% da área da bacia se encontram com as piores taxas de permeabilidade.

GONÇALVES, F.T. e NUCCI, J.C.
**SISTEMAS DE DRENAGEM SUSTENTÁVEL (SUDS): PROPOSTAS PARA A BACIA DO RIO JUVENVÊ,
 CURITIBA-PR**

Tabela 02 - Proporção de categorias de permeabilidade da bacia do Juvevê

PERMEABILIDADE	
Melhor	8,8%
Intermediária	43,0%
Pior	48,2%

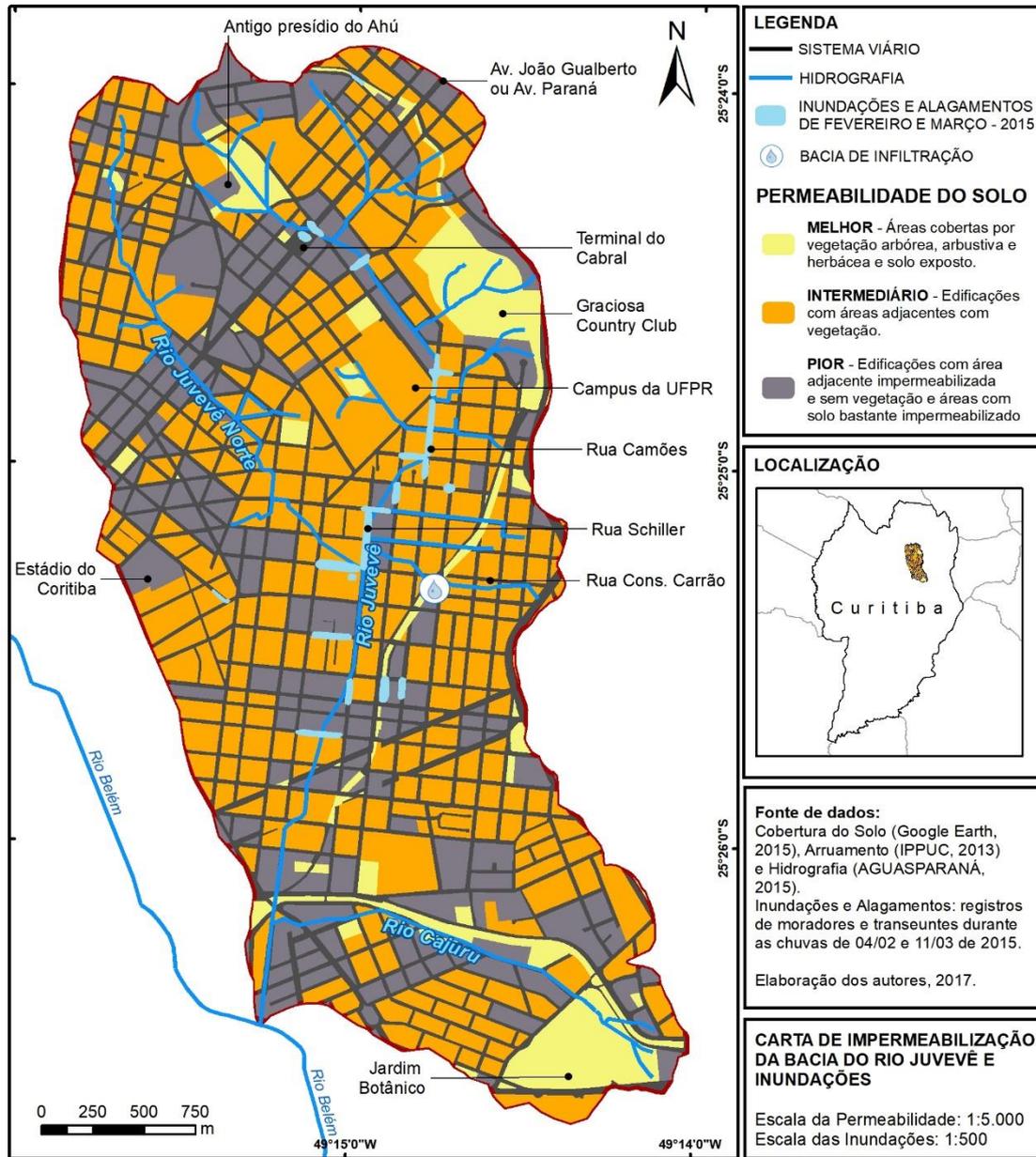


Figura 04 - Carta de impermeabilização do solo da bacia do rio Juvevê com base na cobertura do solo, utilizando metodologia de Ferreira (2015), e inundações.

Há concentração de áreas com pior permeabilidade ao longo do Setor Especial Estrutural previsto no Zoneamento (Av. Paraná e João Gualberto), justamente no alto da bacia, o que influencia nas vazões verificadas no médio e

baixo cursos do rio. Estas áreas de pior permeabilidade no alto da bacia beneficiam o incremento do escoamento superficial ao canal principal e também ao seu maior afluente, o Rio Juvevê Norte, uma vez que também se verifica

**SISTEMAS DE DRENAGEM SUSTENTÁVEL (SUDS): PROPOSTAS PARA A BACIA DO RIO JUVÊ,
CURITIBA-PR**

uma concentração de áreas de pior permeabilidade nessa sub-bacia.

Como apontado na Tabela 2, metade da cobertura da bacia foi classificada como o pior índice de permeabilidade. Essa taxa é elevada devido ao sistema viário (26,4%) ser também incluído nesta categoria. A grande parcela que o sistema viário ocupa na bacia evidencia que a velocidade do escoamento superficial e a vazão máxima dos rios são altamente influenciadas pelos elementos de microdrenagem das vias, o que as tornam espaços de interesse para implementação de estruturas dos SuDS.

A grande área com permeabilidade intermediária (43%) contempla paisagens permeáveis intercaladas por edificações que podem ou não despejar na macrodrenagem a

água coletada por telhados e calhas. Somente uma investigação lote a lote poderia atestar a taxa de contribuição à macrodrenagem.

A melhor permeabilidade (8,8%) foi inferida para os grandes terrenos, como o do Graciosa Country Club, o parque Jardim Botânico e a dois eixos ferroviários, que, em caso de desativação, poderiam ter função de transporte dentro de uma solução com base nos SuDS.

As inundações ocorreram junto ao curso do rio Juvevê e principalmente nos pontos de confluência com seus afluentes (Figura 5).

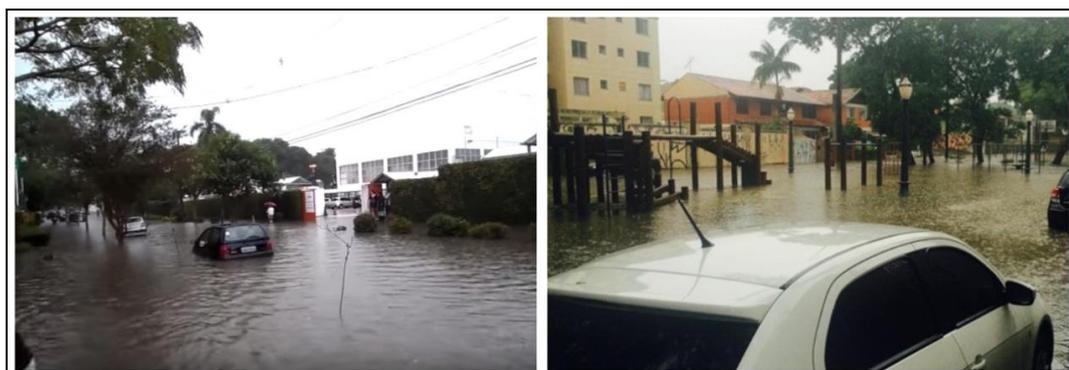


Figura 05 - Inundações nas ruas Conselheiro Carrão (esquerda) e Schiller (direita) em 11/03/2015. Fonte: Youtube (2015) e portal BandaB (2015)

As inundações ocorreram principalmente no encontro do rio principal com o seu maior afluente, o Juvevê Norte, o que cria um longo trecho de inundação na Rua Schiller e consequências também a montante, na Rua Camões, apontando a uma necessidade de atenção à cobertura da terra na bacia do Juvevê Norte. No médio curso da bacia, justamente em uma região onde há predomínio de edificações com áreas adjacentes com vegetação, se concentram quase todos os trechos de inundação, o que implica em uma necessidade de maior atenção às áreas a montante.

O mapeamento das inundações foi disponibilizado na plataforma CartoDB e permite que, clicando sobre cada ponto, se visualizem

fotos e vídeos registrados por moradores e transeuntes durante as inundações de 2015. Vale ressaltar que tais inundações na bacia resultaram na morte de um senhor meses mais tarde por doenças decorrentes do contato com água contaminada, além da morte por afogamento de animais de estimação.

Existe na bacia do Juvevê uma bacia de infiltração (Bacia Reguladora de Cheias) localizada em seu médio curso. Esta estrutura foi inaugurada em 1999 e funciona usualmente como um espaço de lazer, mas tem como função principal a detenção e infiltração do escoamento superficial. Verificou-se que com as chuvas dos dias 04 de fevereiro e 11 de março de 2015, houve inundação a jusante da bacia reguladora

SISTEMAS DE DRENAGEM SUSTENTÁVEL (SUDS): PROPOSTAS PARA A BACIA DO RIO JUVÊ, CURITIBA-PR

de cheias (Figura 4). Portanto, apesar de ser uma estrutura inovadora e que converge com os conceitos de SuDS, ela acaba sendo a única solução, apenas beneficiando uma área muito pequena da bacia.

3.2. PROPOSTAS DE SUDS PARA A BACIA

As técnicas e estruturas de SuDS propostas seguem experiências de aplicações feitas principalmente nos Estados Unidos e Inglaterra e foram selecionadas levando em

consideração a interpretação das áreas prioritárias levantadas no mapeamento de impermeabilização do solo concomitantemente com a disponibilidade de espaços livres de edificações e passíveis de modificação para este fim. Portanto, buscou-se propor técnicas simples e que possam ser aplicadas sem grandes custos para os responsáveis (Figura 6).

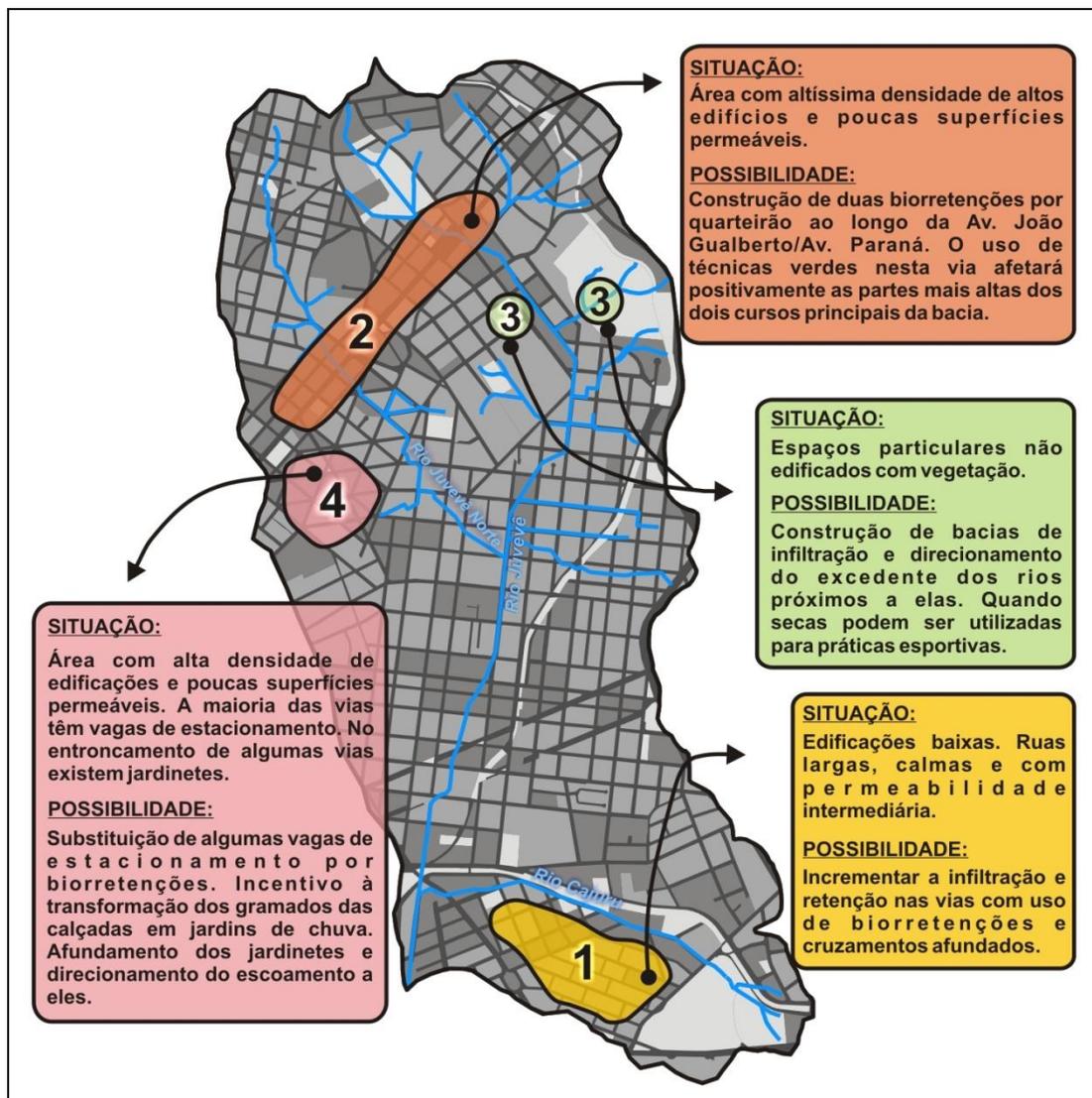


Figura 06 – Situações Numeradas E Possibilidades Propostas a Bacia Do Rio Juvevê

As técnicas propostas são detalhadas a seguir.

- Praça ou Cruzamento Rebaixado: em cruzamentos de vias de pequeno movimento de veículos pode-se rebaixar em poucos centímetros o piso e este funcionará

SISTEMAS DE DRENAGEM SUSTENTÁVEL (SUDS): PROPOSTAS PARA A BACIA DO RIO JUVÊ, CURITIBA-PR

como uma pequena bacia de detenção durante eventos pluviométricos, diminuindo a vazão a jusante (Figura 7). Atrilados à função básica de drenagem, canteiros e bancos podem ser implantados no seu entorno, o que afunilará as vias, tornará o trânsito mais amigável e um novo espaço público de convivência poderá ser criado. O Manual Retrofitting to Manage Surface Water (DIGMAN et al., 2012, p. 63) indica que o rebaixamento seja de 3 cm e que pavimentos permeáveis podem ser utilizados, o que transformará o

equipamento em uma bacia de infiltração. A situação número 1 (Figura 6) permite que cruzamentos assim sejam implantados. Os entroncamentos da região proposta têm, em geral, 80 m², o que permitiria a detenção de até 2,40 m³ por cruzamento (Figura 7). Na área proposta foram mapeados 26 cruzamentos de ruas de baixo fluxo (não avenidas), o que faria a detenção de até 62.40 m³, ou 62.400 litros.

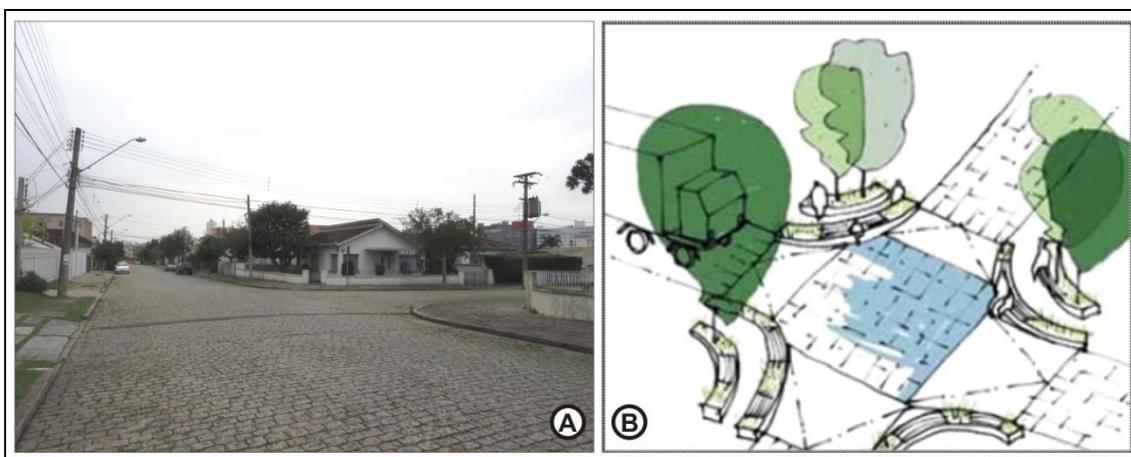


Figura 07 – A: situação dos cruzamentos na área proposta. B: perspectiva de cruzamento afundado e espaços de convivência. FONTE: Digman et al. (2012)

Na área da situação número 4 existem jardinetes circulares no entroncamento de algumas vias. Tais jardinetes, quando possível, poderiam ter sua capacidade de infiltração aprimorada, ou seja, serem rebaixados e ganharem estruturas que direcionem o escoamento para eles.

- Biorretenção: são pequenas depressões preparadas para receber fluxos da microdrenagem e direcioná-los para a infiltração ou para a evapotranspiração. Normalmente são instalados às margens das vias, podendo substituir antigas vagas de estacionamento (Figura 8). Seu

preenchimento se dá com diferentes materiais e vegetais, tais como, grama, areia, matéria orgânica e/ou plantas lenhosas e herbáceas, além de árvores e/ou arbustos. Além de diminuir a vazão a jusante, as biorretenções são muito efetivas removendo poluentes urbanos e têm alto valor de amenidade (WOODS-BALLARD et al., 2007). No município de Portland, EUA, foi constatado que 85% do volume d'água que chega às biorretenções é infiltrado e que o pico de vazão é reduzido em 20 minutos (ABCP, 2015).

GONÇALVES, F.T. e NUCCI, J.C.
**SISTEMAS DE DRENAGEM SUSTENTÁVEL (SUDS): PROPOSTAS PARA A BACIA DO RIO JUVENÊ,
 CURITIBA-PR**

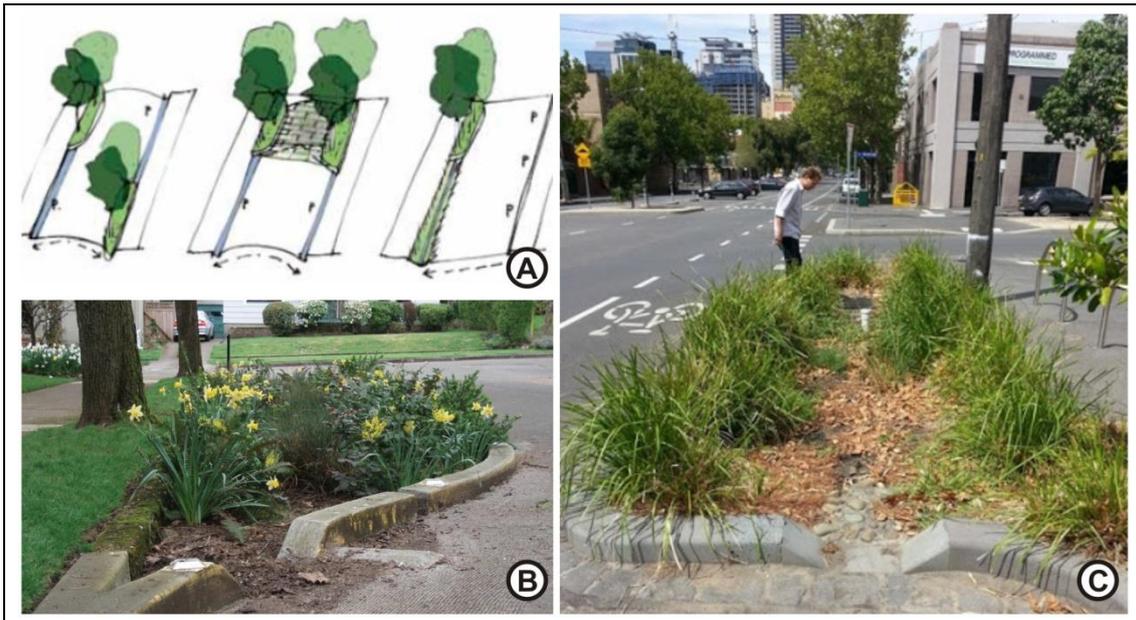


Figura 08 – A: possibilidades de posicionamento das biorretenções nas vias; B: biorretenção em Portland, EUA; C: biorretenção em Melbourne. FONTE: Digman et al. (2012)

Ao planejamento aqui proposto as biorretenções seriam aplicadas nas situações número 1, 2 e 4. As avenidas João Gualberto e Paraná (inseridas na área de estudo) são vias calmas, o que significa velocidade máxima de 30 km/h além de uma ciclofaixa na via. Por tais fatores há a oportunidade para inserção destas estruturas verdes nestas vias, pois existe convergência entre SuDS e vias calmas no ideal

de criação de amenidades à população. A Figura 9 apresenta uma perspectiva da avenida com a implantação de biorretenções junto a um esquema do escoamento superficial e sua infiltração e evapotranspiração através dos vegetais da biorretenção.

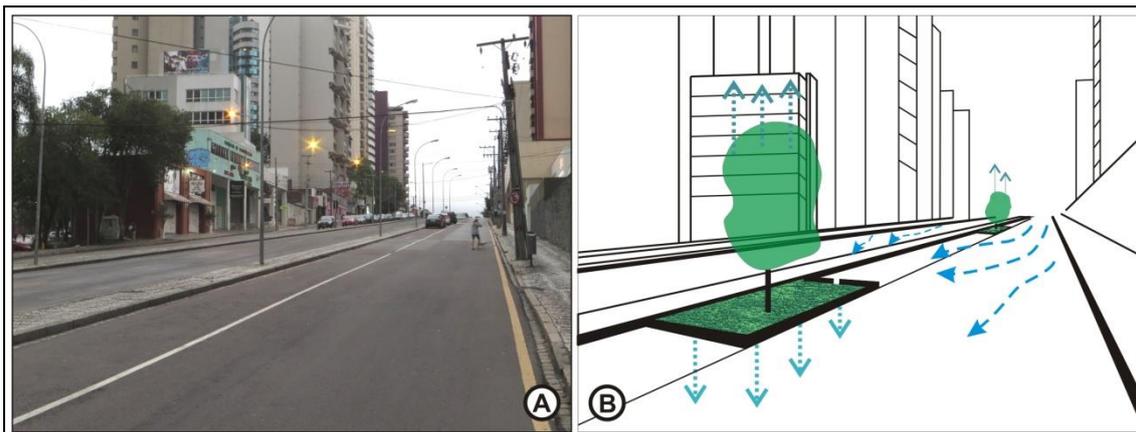


Figura 09 - A: Situação da Av. João Gualberto; B: Perspectiva da Via com a Implantação de Biorretenções

- **Bacia de Infiltração:** são grandes depressões vegetadas com a função de reter a vazão excedente e infiltrá-la gradualmente. Têm alto potencial de amenidade e bom tratamento de qualidade da água e redução

de volume escoado superficialmente (WOODS-BALLARD, 2007, p. 15-1). Seriam as únicas ações propostas que não se enquadram no controle de origem de vazão. Deveriam ser discutidas junto às instituições

**SISTEMAS DE DRENAGEM SUSTENTÁVEL (SUDS): PROPOSTAS PARA A BACIA DO RIO JUVÊ,
CURITIBA-PR**

proprietárias das áreas aqui propostas (situação número 3), as quais são a Universidade Federal do Paraná e o Graciosa Country Club.

- Jardins de Chuva: se assemelham às biorretenções, mas devem ser sempre vegetados e não precisam estar adjacentes

às vias. Muitas vezes a água de chuva coletada por calhas é despejada nestes jardins (Figura 10). Esta técnica requer que o município e as lideranças locais apresentem aos moradores a importância dessa ação, pois quem a colocará em prática serão os proprietários dos terrenos alterados.



Figura 10 - Jardim de Chuva em Londres. FONTE: Digman et al. (2012)

Nesta proposta os jardins de chuva são incluídos em uma região com alta densidade de casas e edifícios de pequeno e médio porte (situação número 4). Os jardins de chuva poderiam ser implantados nos pequenos gramados existentes nos jardins fronteiros dos lotes e nas calçadas. Essa técnica exerceria um importante controle de origem e reduziria a vazão máxima do rio Juvevê Norte e com consequências positivas para as inundações no médio curso do Rio Juvevê.

- Desconexão de Calhas: esta é uma ação que só é viável após um processo de conscientização da população. A desconexão consiste em descontinuar o despejo das águas coletadas pelas calhas nas micro e macrodrenagem e passar a direcioná-las a uma superfície vegetada e preparada para receber certa quantidade de água (Figura 11). Desde a década de 1970 o município de Portland (EUA) vem desenvolvendo um grande projeto que iniciou com foco na redução de descarga de

esgoto nos rios do município, mas que passou, a partir dos anos de 1980, a se concentrar em projetos para aprimoramento dos ecossistemas locais. Entre eles se destaca o projeto de desconexão de calhas iniciado em 1993 que, desde então, já desconectou calhas em mais de 26 mil propriedades e com isso evita que 4,5 bilhões de litros de escoamento superficial cheguem à macrodrenagem (DIGMAN et al., 2012, p. 166). A desconexão é feita pelo próprio município ou são pagos 53 dólares ao proprietário do lote por calha desconectada. A proposta seria a reflexão de um projeto semelhante para toda a bacia do Juvevê. Complementar à conscientização dos moradores, outras formas de incentivo poderiam ser aplicadas, como a redução do valor do IPTU a quem efetivar a desconexão. A desconexão de calhas pode ser associada a outras técnicas de SuDS, tais quais, o direcionamento da calha a um jardim de chuva, a uma biorretenção ou ainda a um

GONÇALVES, F.T. e NUCCI, J.C.
**SISTEMAS DE DRENAGEM SUSTENTÁVEL (SUDS): PROPOSTAS PARA A BACIA DO RIO JUVÊ,
CURITIBA-PR**

tonel de água para o seu reuso posteriormente.



Figura 11 - Exemplo de Desconexão de Calha e Direcionamento a Jardim de Chuva, Portland (Eua).
FONTE: Digman et al. (2012)

Além da desconexão de calhas outras propostas podem ser aplicadas na bacia como um todo por meio de políticas de incentivo. Os telhados verdes ainda são muito pouco utilizados no Brasil e merecem maior utilização principalmente por seu potencial de amenidade e de reinserção da flora em ambientes degradados. Os pavimentos permeáveis começam a ser utilizados pelo mundo, sendo muito aplicáveis uma vez que eles apenas substituem pavimentos já existentes e têm alta eficiência na redução da vazão do escoamento superficial. Poços de infiltração são boas soluções para áreas onde não se pode conseguir um solo permeável. A água é drenada através de tubulação ou depressões na superfície até um poço próximo. Este poço, preparado para drenar uma área de 150 m² (WOODS-BALLARD et al., 2007, p. A-10), receberia a vazão e despejaria diretamente na subsuperfície do solo. Tal estrutura poderia ser efetivada em residências e em grandes lotes, como, por exemplo, em um estacionamento.

4. CONCLUSÕES

A cobertura da terra da bacia do Juvevê apresentou valores muito elevados para as categorias de áreas edificadas (64,3%), comparando inclusive com o próprio município de Curitiba (49,07%). Somado a isto, o sistema viário cobre 26,4% da bacia, o que faz restar apenas 9,3% de cobertura sem edificações e 8,8%

de cobertura com permeabilidade melhor. A baixa quantidade de superfícies livres de edificações e com vegetação mostraram que a bacia encontra nessas características as principais causas das suas inundações e alagamentos.

O mapeamento das inundações e alagamentos mostrou que toda a região próxima ao leito do rio Juvevê em seu médio curso está próxima a áreas suscetíveis a inundação. A tendência é que essas áreas aumentem enquanto não houver contenção da impermeabilização da bacia e implementação de estruturas alternativas de drenagem para auxiliar na diminuição e atenuação do escoamento superficial.

As propostas de implantação de cruzamentos ou praças rebaixados, biorretenções, bacias de infiltração e jardins de chuva, além de projetos de incentivo para desconexão de calhas e instalação de telhados verdes, pavimentos permeáveis e poços de infiltração traria soluções inovadoras e poderiam, se aplicadas em conjunto, tornar a bacia numa espécie de modelo para a drenagem urbana. O presente trabalho não mensurou o volume estimado de retenção das propostas e sua efetividade é baseada em aplicações bem-sucedidas da bibliografia.

Finaliza-se esse artigo chamando a atenção para um projeto da Prefeitura de Curitiba que pretende implantar um binário (transformação de ruas paralelas em mão única -

GONÇALVES, F.T. e NUCCI, J.C.
**SISTEMAS DE DRENAGEM SUSTENTÁVEL (SUDS): PROPOSTAS PARA A BACIA DO RIO JUEVÊ,
CURITIBA-PR**

uma para cada sentido) no médio curso da bacia do Juvevê, e que amplificaria o tráfego nas vias calmas que passam justamente sobre o rio Juvevê (Rua Camões e Rua Schiller), além de impermeabilizar ainda mais a superfície do solo na região. Através do mapeamento das inundações ficou claro que antes de uma obra deste porte, que alteraria a dinâmica de circulação viária de vários bairros, o problema das inundações tem que ser trabalhado e resolvido. Dever-se-ia também ponderar os fatos: é justificável sacrificar a qualidade ambiental (inclusive aumentando a impermeabilização) daquelas vias e residências em nome da máxima eficiência viária justamente em tempos de conscientização ao uso de meios de transporte coletivo e bicicleta?

5. AGRADECIMENTOS

À página online Longa Vida ao Arquipélago de Camões e a todos os moradores que de alguma forma compartilharam seus registros de inundações e contribuíram imensamente para a realização deste trabalho.

À Hochschule Osnabrück (Alemanha) por ter aberto suas portas a um período de estágio e intercâmbio acadêmico.

6. REFERÊNCIAS

ABCP. Controle de Inundações - programa ruas verdes de Portland – EUA. São Paulo: Fábrica de Ideias Brasileiras. Disponível em: <<http://solucoesperacidades.com.br/saneamento/revitalizacao-de-ruas-em-portland-eua/>>. Acesso em: 03/10/2015.

CANHOLI, A. P. Drenagem Urbana e controle de enchentes. 2 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.

CRUZ, M. A. S.; SOUZA, C. F.; TUCCI, C. E. M. Controle da Drenagem Urbana no Brasil: Avanços e mecanismos para sua sustentabilidade. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS, 17, 2007, São Paulo. Anais... Porto Alegre: ABRH, 2007.

CURITIBA. Lei nº 9.800, de 03 de janeiro de 2000. Dispõe sobre o Zoneamento, Uso e Ocupação do Solo no Município de Curitiba e dá outras providências. Prefeitura Municipal de Curitiba.

Disponível em: <<http://www.curitiba.pr.gov.br/conteudo/legislacao-zoneamento-smu/220>>. Acesso em: 06/09/2015.

DANNI-OLIVEIRA, I. M.; MENDONÇA, F. Climatologia - noções básicas e climas do Brasil. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

DIGMAN, C.; ASHLEY, R.; BALMFORTH, D.; BALMFORTH, D.; STOVIN, V.; GLERUM, J. Retrofitting to manage surface water. Londres: CIRIA, 2012.

DOUGLAS, I. The Urban Environment. Londres: Edward Arnold (Publishers) Ltd, 1983, 229p.

FERREIRA, M. B. P. Cobertura da terra como indicador de qualidade ambiental urbana: estudo aplicado ao município de Curitiba. 82 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Pós-Graduação em Geografia, UFPR, Curitiba, 2015.

FENDRICH, R. Coleta, Armazenamento, Utilização e Infiltração das Águas Pluviais na Drenagem Urbana. 499 f. Tese (Doutorado em Geologia Ambiental) – Pós Graduação em Geologia Ambiental, UFPR, Curitiba, 2002.

GORSKI, M. C. B. Rios e Cidades – ruptura e reconciliação. São Paulo: Senac, 2010.

HOUGH, M. Naturaleza y Ciudad – Planificación Urbana y Procesos Ecológicos. Barcelona: Editora Gustavo Gili, 1998.

IPPUC. Mapa de Evolução da Ocupação e Mapa de Custo da Terra. Curitiba: Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba. Disponível em: <<http://www.ippuc.org.br/>>. Acesso em 13/08/2017.

MAKSIMOVIC, C. General Overview of Urban Drainage Principles and Practice. In: TUCCI, C. E. M. (Org.). Urban Drainage in Humid Tropics. Paris: UNESCO, v. 1, 2001, p. 1-22.

BRASIL. Princípios de Manejo Sustentável das Águas Pluviais Urbanas. 2006. Disponível em: <http://www.cidades.gov.br/images/stories/ArquivosSNSA/Arquivos_PDF/Principios_Manejo_Aguas_Pluviais_Urbanas.pdf>. Acesso em: 17/08/2015.

NUCCI, J. C.; FERREIRA, M. B. P.; VALASKI, S. Cobertura do solo e qualidade ambiental urbana como subsídios ao planejamento da paisagem. In: CONGRESSO IBEROAMERICANO DE ESTUDIOS

GONÇALVES,F.T. e NUCCI,J.C.
**SISTEMAS DE DRENAGEM SUSTENTÁVEL (SUDS): PROPOSTAS PARA A BACIA DO RIO JUVENVÊ,
CURITIBA-PR**

TERRITORIALES Y AMBIENTALES, 6, 2014, São Paulo. Anais... São Paulo, 2014.

PHILADELPHIA. Philadelphia Water Department. Disponível em: <http://phillywatersheds.org/whats_in_it_for_you>. Acesso em 13/08/2017.

PIVETTA, A.; CARVALHO, J. A.; DALBEM, R. P.; MOURA, A. R.; NUCCI, J. C. Sistema de classificação da cobertura do solo para fins de comparação entre cidades e bairros. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 11, 2005, São Paulo. Anais... São Paulo, 2005, p. 381-392.

PORTO, R.; ZAHED FILHO, K.; TUCCI, C. E. M.; BIDONE, F. Drenagem Urbana. In: TUCCI, C. E. M. (Org.). Hidrologia, ciência e aplicação. 4 ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2012.

THE UK WATER PARTNERSHIP. Future Visions for Water and Cities - a thought piece. Londres: Research Councils UK, 2015.

TUCCI, C. E. M.; BERTONI, J. C. Inundações Urbanas na América do Sul. 1 ed. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2003.

WOODS-BALLARD, B.; KELLAGHER, R.; JEFFERIES, C.; BRAY, R.; SHAFFER, P. The SuDS Manual. Londres: CIRIA, 2007