

SOLUÇÕES BASEADAS NA NATUREZA

QUADRO DA OCUPAÇÃO DA CIDADE DE SÃO PAULO POR CÉLULAS DE BIORRETENÇÃO

Maria Cristina Santana Pereira

Lucas Gobatti

Mariana Corrêa Soares

Brenda Chaves Coelho Leite

José Rodolfo Scarati Martins

RESUMO

O planejamento da paisagem urbana para aplicação sistêmica de Soluções Baseadas na Natureza (SbN) difere do planejamento urbano convencional ao valorizar a conservação da biodiversidade existente, junto a gerir o crescimento das cidades e aumentar a provisão de Serviços Ecossistêmicos (SE). Neste contexto, tem-se observado na cidade de São Paulo, através do incentivo de poderes públicos locais, a implantação de células de biorretenção como jardins de chuva, canteiros pluviais e biovaletas, tipos de SbN, que promovem uma gama de SE e contribuem principalmente à melhoria da qualidade das águas do escoamento superficial urbanas. Estas pequenas intervenções que rompem o concreto e criam espaços permeáveis no tecido urbano produzem benefícios notáveis, mas precisam de atenção técnica de forma a garantir seu bom desempenho a longo prazo. Para que uma rede de infraestrutura verde urbana voltada à gestão de águas pluviais seja efetiva, é necessário criar espaços interconectados, incorporar sistemas de abatimento da poluição difusa, além de adotar tecnologias que apoiem os sistemas de macrodrenagem. Este artigo traz o quadro atualizado da implantação de células de biorretenção na cidade de São Paulo, destacando seus benefícios e trazendo uma visão crítica de sua aplicação corrente. Discute-se seu projeto, como seus fatores estruturais e cálculos básicos para parâmetros geométricos, planejamento e considerações geográficas, monitoramento e manutenção, incluindo aspectos participativos de planejamento destas estruturas. Desta forma, o artigo mapeia o que tem sido feito e o que é necessário melhorar para possibilitar a aplicação efetiva de células de biorretenção, de forma a tornar estas SbN reconhecidamente parte do arcabouço de tecnologias correntes para drenagem pluvial urbana em São Paulo.

Palavras-chave

Soluções baseadas na Natureza; Célula de biorretenção; Jardim de chuva; Zoneamento ambiental; Adaptação.



SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA

MARCO DEL USO DE CELDAS DE BIORRETENCIÓN EN LA CIUDAD DE SÃO PAULO

Maria Cristina Santana Pereira
Lucas Gobatti
Mariana Corrêa Soares
Brenda Chaves Coelho Leite
José Rodolfo Scarati Martins

RESUMEN

La planificación del paisaje urbano para la aplicación sistémica de Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN) se diferencia de la planificación urbana convencional en la valoración de la conservación de la biodiversidad existente, junto con la gestión del crecimiento de las ciudades y el aumento de la provisión de Servicios Ecosistémicos (SE). En este contexto, se ha observado en la ciudad de São Paulo, a través del impulso de las autoridades públicas locales, la implementación de celdas de biorretención como jardines de lluvia, bermas pluviales y biozanjas, tipos de SbN, que promueven una gama de SE y contribuyen principalmente a la mejora de la calidad de las aguas de escorrentía superficial urbana. Estas pequeñas intervenciones que rompen hormigón y crean espacios permeables en el tejido urbano producen notables beneficios, pero necesitan atención técnica para garantizar su buen desempeño a largo plazo. Para que una red de infraestructura verde urbana orientada a la gestión del agua de lluvia sea efectiva, es necesario crear espacios interconectados, incorporar sistemas de abatimiento de contaminación difusa, además de adoptar tecnologías que apoyen los sistemas de macro-drenaje. Este artículo presenta un panorama actualizado de la implantación de celdas de biorretención en la ciudad de São Paulo, destacando sus beneficios y brindando una visión crítica de su aplicación actual. Analiza su diseño, tales como factores estructurales y cálculos básicos para parámetros geométricos, planificación y consideraciones geográficas, monitoreo y mantenimiento, incluyendo aspectos de planificación participativa de estas estructuras. Así, el artículo mapea lo que se ha hecho y lo que se necesita mejorar para permitir la aplicación efectiva de celdas de biorretención, a fin de que estas SbN sean reconocidas como parte del marco tecnológico actual para el drenaje de aguas pluviales urbanas en São Paulo.

Palabras-clave

Soluciones basadas en la Naturaleza; Celda de biorretención; Jardín de lluvia; Zonificación ambiental; Adaptación.



NATURE-BASED SOLUTIONS

FRAMEWORK OF BIORETENTION CELLS USAGE IN THE CITY OF SÃO PAULO

Maria Cristina Santana Pereira
Lucas Gobatti
Mariana Corrêa Soares
Brenda Chaves Coelho Leite
José Rodolfo Scarati Martins

ABSTRACT

Urban landscape planning for the systemic application of Nature-based Solutions (NbS) differs from conventional urban planning when valuing the conservation of existent biodiversity, together with managing cities' growth and increasing the provision of Ecosystem Services (ES) for the built environment. In this context, the local government of the city of São Paulo has encouraged the installation of Bioretention cells such as rain gardens, stormwater planters, and bioswales, types of NbS, which promote a range of ES and contribute mostly to the improvement of urban runoff water quality. These minor interventions that crack concrete and create permeable spaces in the city fabric produce remarkable benefits but need technical awareness in order to ensure its long-term performance. To be effective, the urban green infrastructure for rainwater management should create interconnected spaces to incorporate systems of diffuse pollution abatement, in addition to adopting technologies that support macro drainage systems. This article presents an up-to-date framework of the implementation of Bioretention cells in the city of São Paulo highlighting its benefits and bringing a critical view of its current application. It discusses design aspects, such as structural factors and basic calculations for geometric parameters, planning and geographical considerations, monitoring and maintenance, including participative insights for planning these structures. Thus, the paper maps what has been done and what needs to be improved for enabling the effective implementation of Bioretention cells such that these NbS can be acknowledged as mainstream technologies for urban rainwater drainage in São Paulo.

Keywords

Nature-based solutions; Bioretention cell; Rain Garden;
Environmental zoning; Adaptation.



INTRODUÇÃO

A falta de planejamento urbano associado à rápida e desordenada urbanização, como a que aconteceu na cidade de São Paulo no século XX, suprime áreas verdes, retifica e canaliza rios, minando uma série de benefícios ambientais (Pereira, Martins & Martins, 2019). Esta forma de expansão é ainda responsável por alterações expressivas no meio ambiente, especialmente nos processos do ciclo hidrológico por meio da ação direta nos cursos d'água e nas superfícies das bacias hidrológicas (Baptista, Nascimento & Barraud, 2011).

A urbanização é também um processo complexo de transformações socioeconômicas no ambiente, que converte assentamentos rurais em urbanos através da mudança da distribuição da população. Altera o tipo de ocupação, estilo de vida, cultura e comportamento das comunidades que nela habitam e mudam a estrutura demográfica e social de zonas rurais e urbanas como observado pelo United Nations Department of Economic and Social Affairs (UNDESA, 2019).

A urbanização também está associada ao paradigma tecnológico da cidade como algo dissociado da natureza, resultado do processo histórico de ruptura entre o homem e o que o cerca, sendo esse um equívoco como apresentado por Spirn (1995), Hough (1998), McHarg (2000) e Oliveira, Soares e Bonzi (2012). Assim, a dicotomia entre o ser humano e a natureza revela-se com muita clareza na relação que nós, habitantes de São Paulo, estabelecemos com os nossos rios.

Um dos fatores que contribuíram para esse tipo de relação foi o processo de urbanização, em São Paulo, que seguiu o plano de avenidas de Prestes Maia, ao longo das décadas de 1920 e 1930, e naquela época pensava-se a cidade com base em sua estrutura viária. A canalização de córregos e construção de avenidas de fundo de vale estavam, até a década de 1970, vinculadas a este plano e a partir de então passaram a integrar o programa de melhorias urbanas e a política adotada passou a ser estabelecida pelo Programa de Canalização de Córrego e construção de Avenidas de fundo de Vale (PROCAV) que preconizava: "Onde houver um córrego a ser urbanizado, uma nova "avenida" seria construída, independente de sua utilidade na estruturação da cidade ou sua importância como acessibilidade". (Travassos, 2010)

Dentro desse contexto histórico, temos uma cidade com mais de 12 milhões de habitantes e muitos problemas advindos da ocupação e uso desordenado do solo e dada a pressão popular da sociedade civil organizada, o verde tem ganhado protagonismo em diversas áreas dando destaque à necessidade de ação quando se trata da questão ambiental (Oliveira et al., 2012). A canalização seguida do tamponamento tornou-se o modus operandi com que o poder público trata os cursos d'água no município de São Paulo. O que resta são córregos suprimi-

dos da paisagem e canalizados em galerias por vezes subdimensionadas. Assim, os fundos de vale são convertidos em leitos carroçáveis ao passo em que a população associa rios a referências negativas e insalubres de esgoto e espaços causadores de inundações.

Estas concepções de mundo penetraram também a esfera tecnocientífica, como pode ser observado no pouco valor que as práticas projetuais e de planejamento urbano costumam conferir ao meio físico dos territórios urbanizados. As consequências tornam-se evidentes e a dicotomia entre ser humano e natureza expressa-se na paisagem urbana de São Paulo onde a pequena importância conferida à topografia, hidrografia, geologia e cobertura vegetal durante a ocupação do território acaba convertida em problemas atuais como inundações, deslizamentos, ilhas de calor, baixa umidade do ar, altos níveis de ozônio e poluição atmosférica, entre outros.

Destacam-se, desde o início da década de 2000, novas políticas públicas formuladas para dar início a outros paradigmas na relação entre rios e várzeas urbanas e, finalmente, esses conceitos, que visam ampliar o escopo das intervenções nessas áreas começam a pautar uma nova prática. O poder público dá início a uma forma distinta de atuação para solucionar os diversos conflitos expressos na forma de ocupação dessas áreas até então (Soares, 2014).

Projetos e iniciativas populares de implantação de Soluções baseadas na Natureza (SbN) vêm sendo desenvolvidas em São Paulo. Na vanguarda do movimento temos uma iniciativa da academia, na USP, com a implantação do primeiro sistema de biorretenção na cidade em 2012 (Moura, 2014). Desde então a ideia tem se difundido com a implantação de diversos desses sistemas, sendo esta uma ação que leva a cidade a ser mais adaptativa às mudanças climáticas, na política e na sua aplicação em busca da redução dos riscos associados.

Este artigo traz o quadro atual da implantação dos jardins de chuva na cidade de São Paulo, destacando seus benefícios e trazendo uma visão crítica de sua aplicação corrente. Discute-se a necessidade de normatização técnica, sua desigualdade de distribuição pela cidade, a necessidade do envolvimento de diversos atores para sua implantação, os parâmetros de projeto e parâmetros geofísicos relevantes para otimizar o seu funcionamento e a necessidade de monitoramento e manutenção e participação popular destas estruturas. Desta forma, busca-se levantar o que tem sido feito e o que é necessário melhorar para possibilitar a aplicação efetiva destas estruturas, de forma a torná-las parte do arcabouço de tecnologias correntes de drenagem urbana em São Paulo.

SOLUÇÕES BASEADAS NA NATUREZA

As Soluções baseadas na Natureza (SbN), buscam gerar benefícios de forma sistêmica para as pessoas e o meio ambiente, de maneira a tornar os espaços urbanos mais biodiversos e resilientes às mudanças climáticas. Ultrapassam a tradicional conservação da biodiversidade, integrando fatores sociais como o bem estar e a erradicação da pobreza, desenvolvimento socioeconômico e princípios de governança (Eggermont et al., 2015).

O termo Soluções baseadas na Natureza (SbN) pode ser definido como:

Conceito guarda-chuva que abrange abordagens de diversas esferas, desde científicas e tecnológicas a sociais e políticas com o propósito de abordar desafios buscando na natureza inspiração e validação. É uma potência de ação climática, apoiada nos processos naturais em busca da sustentabilidade. No meio urbano as SbN podem promover diferentes Serviços Ecossistêmicos e tornar as cidades melhores para todos os seres que as habitam. (International Union for Conservation of Nature [IUCN], 2016).

Desta forma, as SbN são ferramentas essenciais para melhoria de parâmetros hidrológicos em áreas urbanas, agindo sobre as consequências dos modos de urbanização vigentes. Estas soluções podem contribuir para a geração de uma série de Serviços Ecossistêmicos (SE), que são os benefícios que os seres humanos obtêm dos ecossistemas, como definidos pelo Millennium Ecosystem Assessment (Reid et al., 2005). No âmbito de provisão de SE pelas células de biorretenção, que neste trabalho o termo célula, indica uma unidade e/ou sistema, e biorretenção, conceito já difundido (Davis et al., 2009; Trowsdale & Simock, 2011; Moura, 2014) tem-se: serviços culturais, serviços reguladores, serviços de habitat e suporte e serviços de provisão. E como serviços principais que podem contribuir a parâmetros hidrológicos relevantes, destacam-se: os serviços diretos de melhoria de qualidade de água e mitigação de enchentes; e os serviços indiretos de polinização, regulação climática local, regulação da qualidade do ar, sequestro de carbono, manutenção da diversidade genética e criação de habitat para espécies.

CÉLULAS DE BIORRETENÇÃO

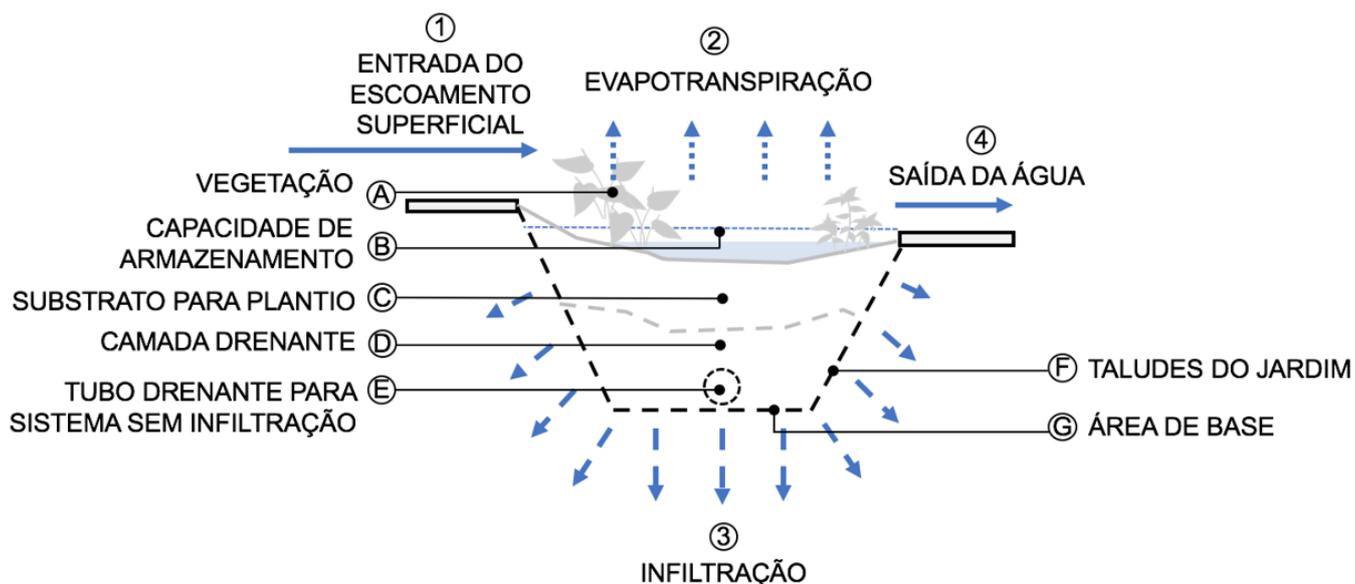
Os sistemas de biorretenção foram desenvolvidos, na década de 1990, em Prince George County, Maryland, USA (WINOGRADOFF E COFFMAN, 1999). Em 1995 iniciaram-se os estudos para a otimização do projeto do sistema de biorretenção para melhoria da qualidade da água e suas características hidrológicas, com testes de laboratório e

de campo, com o objetivo de determinar a eficiência do sistema e atualmente é técnica recorrente nos países do Norte Global.

As células de biorretenção são regiões pequenas com depressão topográfica e compostas de material drenante em sua base, substrato de plantio com superfície vegetada e cobertura de serrapilheira (Roy-Poirier, Champagne & Fillion, 2010; Hunt, Davis & Traver, 2012). Promovem a gestão dos volumes do escoamento superficial a partir da infiltração e retenção temporária, a evapotranspiração e remoção de poluentes por mecanismos naturais como adsorção, filtração e fitorremediação (Davis, Hunt, Traver & Clar, 2009; Pinheiro, 2017; Sprakman et al., 2020 Tirpak et al., 2021). É um dispositivo tecnológico de biorremediação, concebido com o emprego de técnicas de engenharia, paisagismo e outras áreas do conhecimento que envolvam água, solo e vegetação e suas interações.

Tais estruturas necessitam de estudo prévio partindo da escolha do local adequado, respeitando a geografia, pedologia e clima da região, dimensionamento e projeto executivo. Na Figura 1 é possível observar um esquema simplificado da dinâmica hídrica e os principais elementos estruturais em células de biorretenção: os números indicam o caminho percorrido pela água, desde o escoamento superficial até a sua saída do sistema; e as letras indicam os elementos que compõe uma célula genérica.

FIGURA 1. Corte simplificado ilustrando uma célula genérica de biorretenção e sua dinâmica hídrica.
Fonte: elaboração própria, 2021



Alguns tipos representativos de células de biorretenção são: jardins de chuva, canteiros pluviais e biovaletas.

Jardins de chuva - Também conhecidos por sistemas de biorretenção usam as características do paisagismo. Os elementos do sistema ge-

ográfico, tipo de uso e ocupação do solo e sistema viário auxiliam na escolha preliminar de locais adequados para a implantação de jardins de chuva. É uma área com depressão constituída de material poroso, sob uma superfície vegetada, que pode propiciar a recarga de águas subterrâneas, a remoção de poluentes e a detenção do escoamento. É uma solução eficaz em estacionamentos ou áreas urbanas, onde o espaço verde é limitado (United States Environmental Protection Agency [USEPA], 2013). A água da chuva e o escoamento superficial captados por este sistema são temporariamente armazenados entre os interstícios do material de base (Capuccini, 2011). Desta região, a água é filtrada lentamente através do solo e uma parte é absorvida pelas plantas. Na Figura 2 é representado um esquema dessas estruturas.

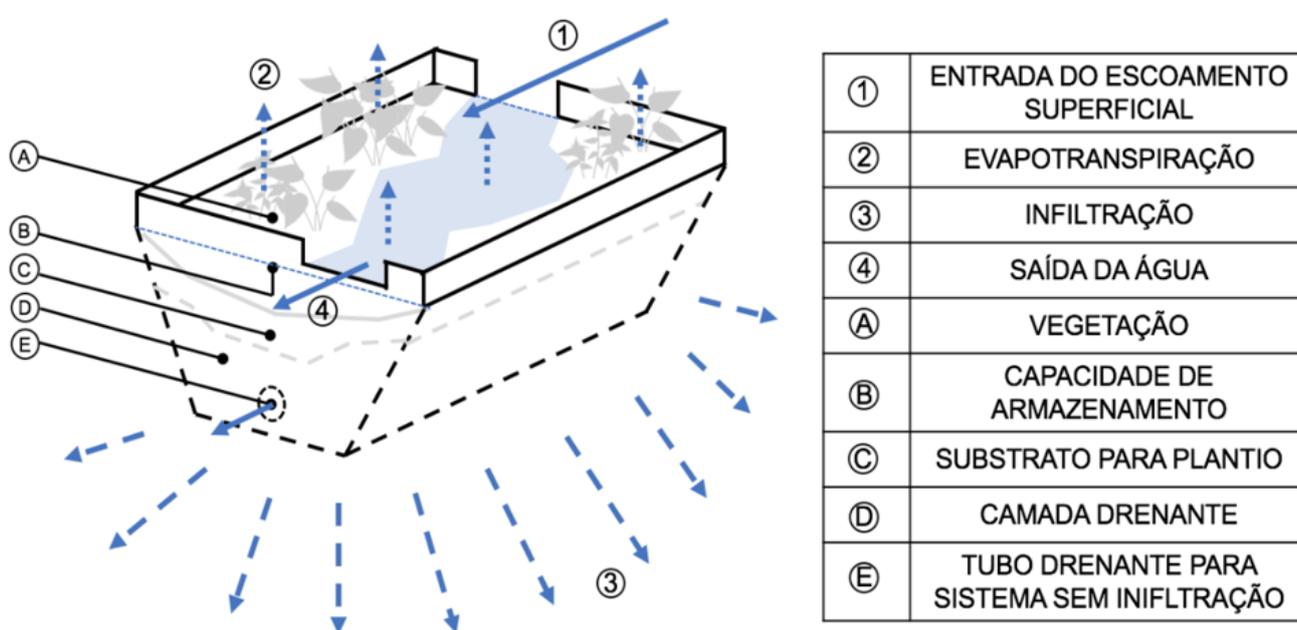


FIGURA 2. Esquema simplificado da estrutura e dinâmica hídrica de um jardim de chuva.

Fonte: elaboração própria, 2021

Canteiros pluviais - Possuem características e funções semelhantes aos jardins de chuva, porém, em tamanhos reduzidos, compactados em pequenos espaços urbanos (Moura, 2014). É ideal para serem implementados em pequenos espaços de calçadas, canteiros centrais estreitos e em outros locais com pouca disponibilidade de espaço. A Figura 3 apresenta um esquema dos elementos estruturais e caminho d'água num canteiro pluvial.

Biovaletas - São depressões com seções típicas em formato de parábolas ou trapézios, compostas por vegetação, solo e outros elementos que atuam como filtro; promovem a sedimentação e remoção de poluentes e armazenam a água, retardando a velocidade do escoamento

superficial, pouco contribui com a infiltração, função relevante nos jardins de chuva (Cormier & Pellegrino, 2008; USEPA, 2021). Há autores que não as consideram uma célula de biorretenção por terem a função de transportar o escoamento de um ponto a outro (USEPA, 2021). Podem ser utilizadas em regiões íngremes, pois é possível dividi-las em células escalonadas, configurando uma escada hidráulica com fundo plano. A Figura 4 apresenta um esquema dos elementos estruturais.

FIGURA 3. Esquema simplificado da estrutura e dinâmica hídrica de um canteiro pluvial.

Fonte: elaboração própria, 2021

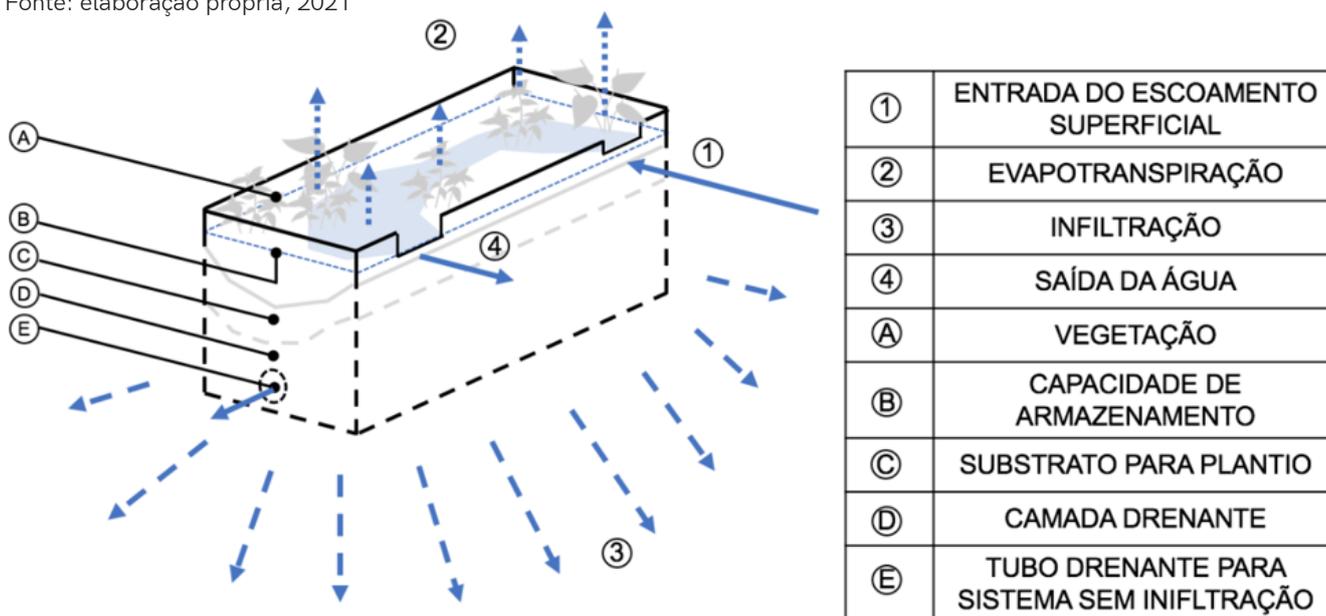
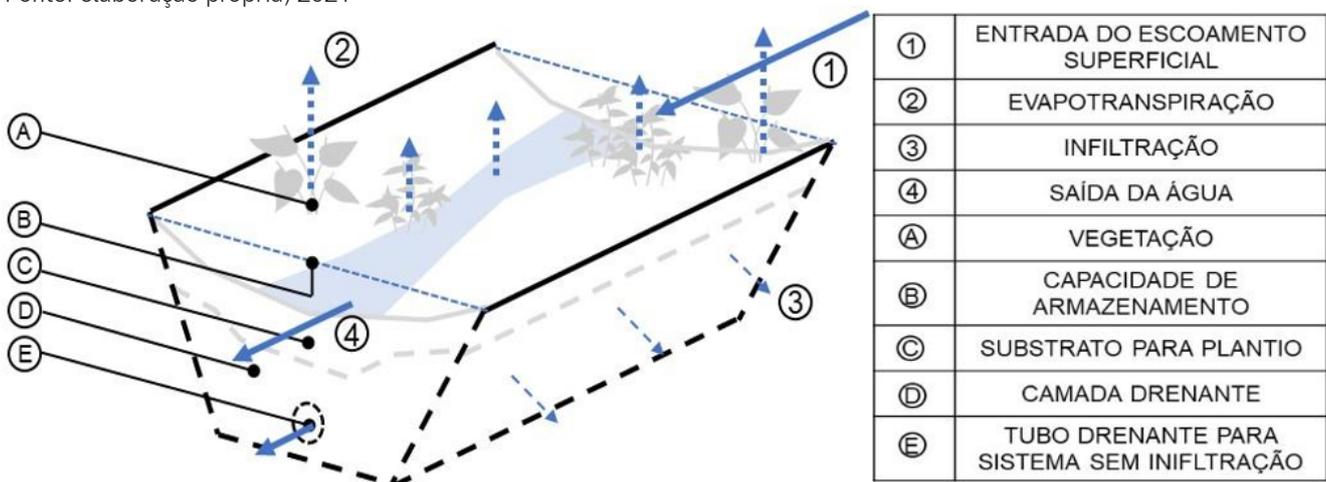


FIGURA 4. Esquema simplificado da estrutura e dinâmica hídrica de uma biovaleta.

Fonte: elaboração própria, 2021

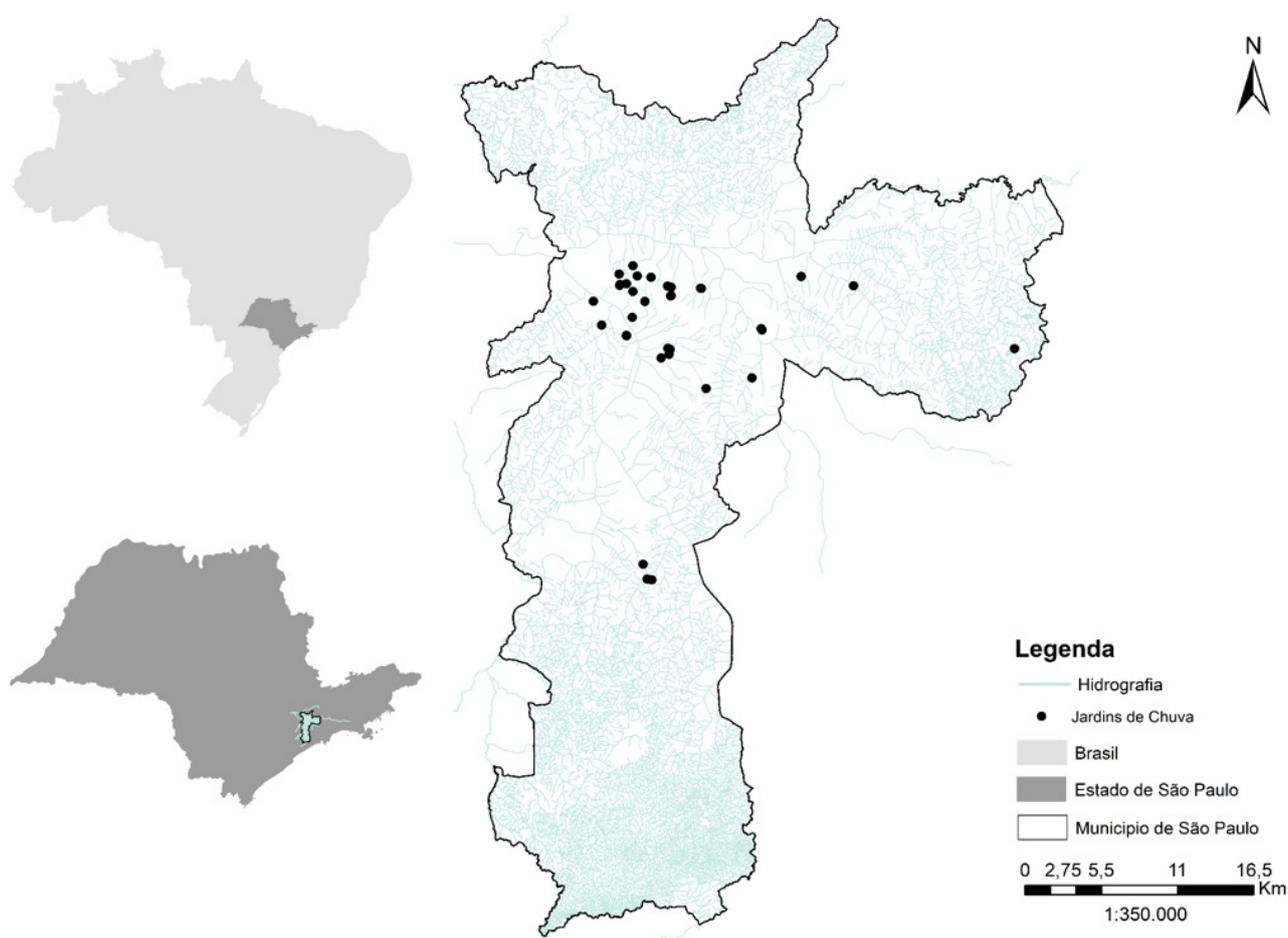


MATERIAIS E MÉTODOS

O método da presente pesquisa consiste na catalogação de células de biorretenção existentes na cidade de São Paulo, através de trabalho de campo e pesquisa bibliográfica, e a sintetização dos seus tipos principais. Esta coleta e síntese tem fins de análise técnica, evolução histórica e social de sua implantação, como também gerar material para discussão de como estas estruturas vêm sendo aplicadas na cidade.

A área de estudo deste trabalho é o município de São Paulo. As células de biorretenção existentes na cidade estão apresentadas na Figura 5. Um mapa interativo destas células pode ser encontrado no link bit.ly/jardinsdechuvaSP. No mapa é possível observar a quantidade de células de biorretenção e sua distribuição pela cidade.

FIGURA 5. Células de biorretenção catalogadas.
Fonte: Prefeitura do Município de São Paulo (PMSP), 2021; elaboração própria, 2021.



RESULTADOS: SÍNTESE DOS PRINCIPAIS TIPOS DE CÉLULAS

Nesta síntese são analisados os tipos de sistemas de células biorretenção mais implantados na cidade: os jardins de chuva e os canteiros pluviais. Entre os jardins de chuva observados, foi possível notar algum padrão. Este padrão é representado por três principais tipos de jardins executados até agora, que resumem de maneira satisfatória grande parte das ocorrências destas estruturas na cidade.

O tipo um é representado pelos jardins de chuva construídos nas vilas de bairros residenciais de médio-alto padrão. O primeiro foi implantado na Vila Ipojuca, na zona Oeste da cidade, apresentado na Figura 6 (esquerda). A implantação e permanência deste jardim, como estrutura que beneficie toda a população do entorno, não foi bem sucedida, pois não teve a participação da comunidade. Após a sua implantação houve problemas como o fechamento da entrada da água feita no meio fio da ilha e o arrancamento das mudas do jardim. Após este episódio os projetistas foram contatados pelos moradores da Vila Jataí o que resultou numa parceria bem sucedida de implantação de jardins de chuva nos canteiros do bairro, apresentando na Figura 6 (direita).

FIGURA 6. Células de biorretenção do primeiro tipo: jardim de chuva na Vila Ipojuca (esquerda) e Vila Jataí (direita).
Fonte: os autores, 2021.



O tipo dois também são jardins de chuva e é representado pelas obras públicas feitas por profissionais privados qualificados, também pioneiros na aplicação destas estruturas e levando sua construção para bairros periféricos da cidade. O trabalho desse grupo iniciou-se em locais públicos como o jardim de chuva do Largo das Araucárias, em Pinheiros. O projeto é de 2017 e são dois jardins de chuva conectados totalizando mais de 200m². Essas iniciativas também já ocorreram na periferia da cidade e o primeiro jardim de chuva da periferia foi implantado em 2019 na praça das Borboletas, no Grajaú, e após este também

FIGURA 7. Células de biorretenção do segundo tipo: jardins de chuva no Largo das Araucárias (esquerda) e na Praça das Borboletas (direita).
Fonte: os autores, 2021.

foram implantados jardins de chuva na Penha e na Cidade Tiradentes, ambos na Zona Leste. A Figura 7 apresenta a foto do jardim do Largo das Araucárias, em Pinheiros, e da Praça das Borboletas, no Grajaú.



FIGURA 8. Células de biorretenção do terceiro tipo: jardins de chuva no Pacaembu (esquerda) e na República (direita).
Fonte: os autores, 2021.

O tipo três é representado por obras públicas advindas de projetos da PMSP. Nesse tipo serão consideradas somente as obras que não tiveram a participação da equipe envolvida no tipo dois. Essas obras em sua maioria foram executadas pela Subprefeitura da Sé, assim são encontradas na região central da cidade. Em tais obras busca-se reutilizar o concreto removido do asfalto e plantar-se vegetação predominantemente nativa. No site da PMSP, em janeiro de 2021, indica que já haviam sido implantadas 89 áreas verdes na cidade distribuídas entre as regiões da Sé, Capela do Socorro, Vila Mariana, Lapa, Pinheiros, Butantã e Ipiranga. A Figura 8 ilustra este tipo de célula.



DISCUSSÃO

As células de biorretenção, especialmente jardins de chuva e canteiros pluviais, estão povoando a cidade de São Paulo. Tanto o projeto quanto o planejamento destas estruturas trazem problemas relevantes de serem discutidos e ideias de sucesso a serem enaltecidas. Em seguida são, dessa forma, discutidos estes pontos na implantação de células de biorretenção, além de, ao fim, sintetizar pontos importantes que também contribuem para o monitoramento e manutenção destas SbN.

Planejamento

O planejamento de células de biorretenção envolve a sua localização geográfica, interconexão e o cálculo correto de parâmetros da sua geometria. Quanto à localização geográfica, o problema é generalizado a todos os tipos descritos de células de biorretenção. Nos tipos um, dois e três não há claramente indicada a consideração de parâmetros de pedologia, topografia e hidrologia para localização das estruturas. Deveras, estes parâmetros são normalmente considerados quando há um projeto integrado de SbN ou ao menos de células de biorretenção como Sistema de Drenagem Urbana Sustentável (do inglês, "SuDS"). Desta forma, entre os agentes dos tipos indicados, o peso de não haver planejamento recai em maior medida sobre o tipo três de células, planejadas pela PMSP.

Para a correta localização de células de biorretenção uma das formas é a consideração da compartimentação e o zoneamento ambiental que dão suporte para que a sociedade conserve parte de sua estabilidade biofísica. A compartimentação ambiental foi desenvolvida para ser aplicada em áreas de ocupação humana densa. O zoneamento ambiental acolhe o fato de que o uso da compartimentação do relevo para fins urbanos deve ser avaliado no contexto das disponibilidades e necessidades que os ambientes naturais e urbanos impõem uma ao outro (Schutzer, 2012). Apresenta a ideia de valores de uso e de ocupação do relevo para a sociedade, indicando a fragilidade e a aptidão de cada compartimento do relevo em responder às funções urbanas (Schutzer, 2012; Bonzi, 2015). O zoneamento ambiental parte da análise geomorfológica proposta por Aziz Ab'Saber em 1969 e apresentada na Figura 9.

A proposta do zoneamento ambiental visa a alteração da paisagem na busca de uma região ecologicamente sustentável e apresenta as melhores diretrizes para a implantação de SbN, como apontado por Pereira et al. (2019). Insere-as na paisagem de forma a respeitar o relevo da região em busca de espaços ecologicamente adequados, necessitando de um processo de planejamento apoiado por especialistas em drenagem.

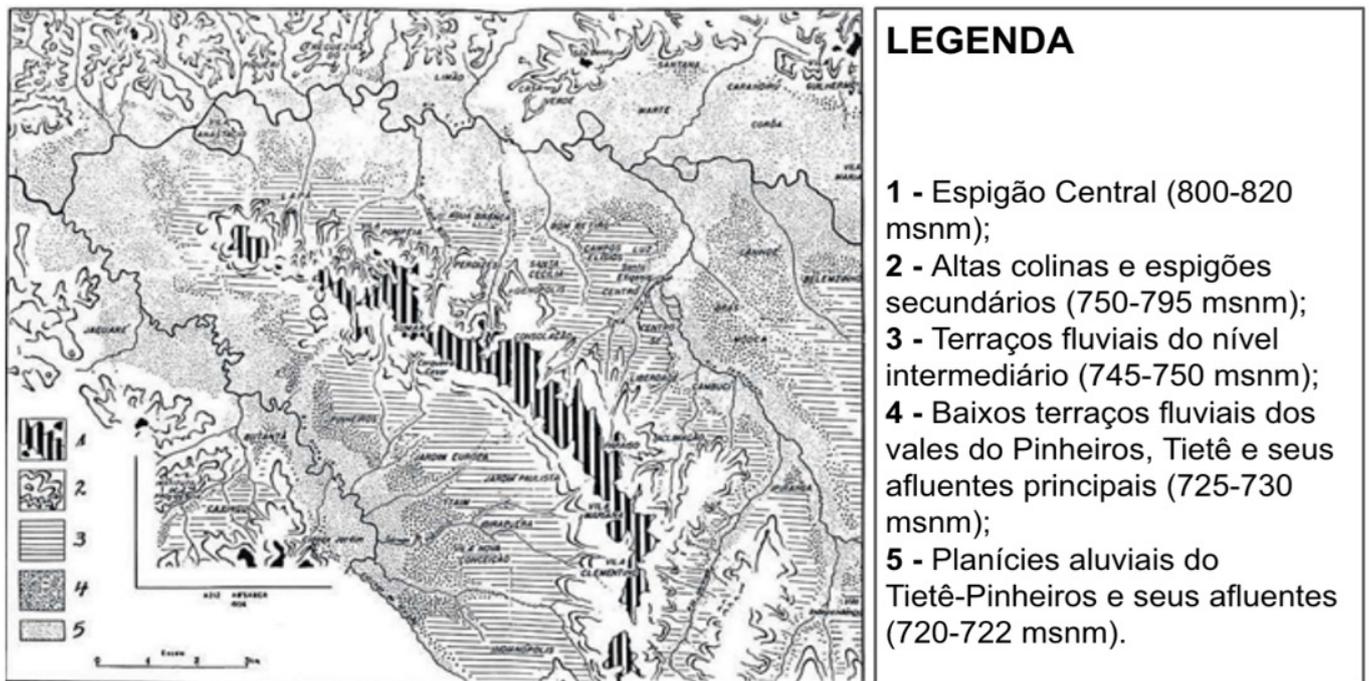


FIGURA 9. Mapa geomorfológico esquemático do sítio urbano de São Paulo.
Fonte: Ab'Sáber (1957).

O resumo das áreas do zoneamento ambiental, definido por Schutzer (2012) e aplicada por Bonzi (2015) e Pereira et al. (2019), é apresentado na Tabela 1, na qual é possível observar diferentes desempenhos na aplicação de cada dispositivo. Sendo: (i) máximo desempenho na aplicação do dispositivo, com vistas ao incentivo de processos naturais predominantes na zona ambiental; (ii) aplicação compatível, mas com menor desempenho, em que tipicamente o dispositivo opera processos naturais predominantes que se mostram incompatíveis com a ocupação consolidada; (iii) aplicação incompatível, o dispositivo trabalha com processos ambientais que não são os predominantes na zona ambiental indicada. Destaca-se que a diferenciação entre canteiros pluviais com e sem infiltração corresponde à construção destes com a área de base permeável, conectado diretamente ao solo para infiltração, ou com área de base impermeabilizada com concreto e usando tubo drenante.

Reforçando a necessidade de um planejamento integrado, que indicará o uso adequado das biovaletas sendo sua principal função o transporte de águas entre uma célula de biorretenção e outra. O planejamento destas células deve levar em conta a transdisciplinaridade de sua aplicação e deve ser feito por profissionais qualificados, com critérios bem definidos, de forma a ser possível também avaliar seu desempenho e a qualidade da implantação, locando as células onde atinjam o melhor de sua eficiência.

TABELA 1. Síntese para a aplicação dos dispositivos de infraestrutura verde de acordo com o zoneamento ambiental. Fonte: adaptado de Bonzi (2015). Elaborado pelos autores.

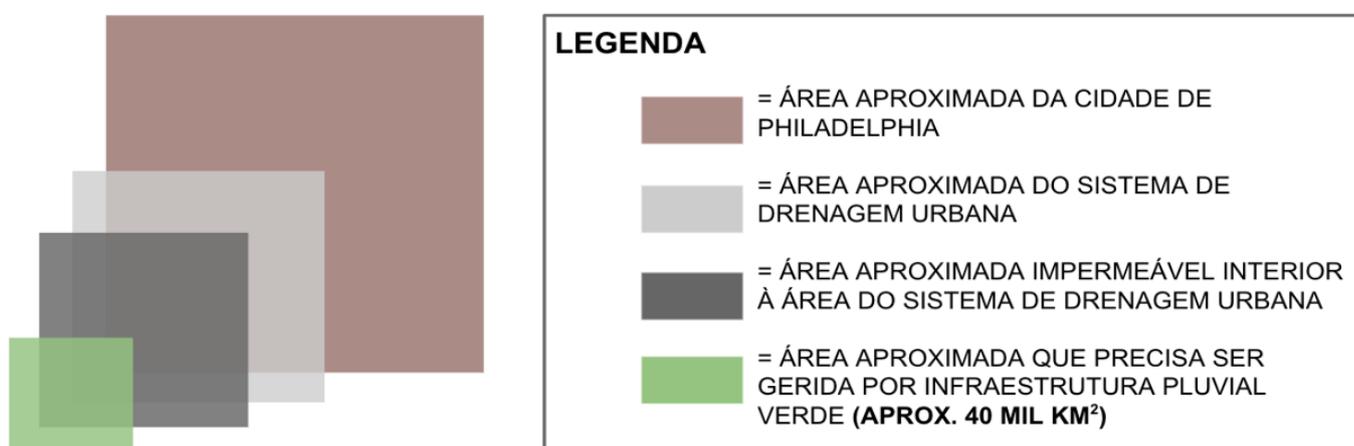
		ZONA AMBIENTAL				FUNÇÃO PRINCIPAL
		ÁREAS TABULARES	ÁREAS ÍNGREMES	ÁREAS DE NASCENTES	FUNDOS DE VALE	
CÉLULA DE BIORRE-TENÇÃO	JARDIM DE CHUVA	Máximo desempenho	Aplicação incompatível			Biorretenção
	CANTEIRO PLUVIAL COM INFILTRAÇÃO	Máximo desempenho	Aplicação incompatível			Biorretenção em áreas compactas
	CANTEIRO PLUVIAL SEM INFILTRAÇÃO	Aplicação incompatível	Aplicação compatível		Máximo desempenho	
	BIOVALETA	Máximo desempenho	Aplicação compatível			Interconexão entre os sistemas de biorretenção

Destaca-se, assim, que um dos fatores que determina o grau de contribuição de uma célula de biorretenção é sua localização em relação à bacia hidrográfica na qual é inserida. Quando implantadas nas cabeceiras, nas partes mais altas da bacia, o solo tem maior capacidade de absorção da água. Ao passo em que nas partes mais baixas, já próximas aos fundos de vale, com o nível do lençol freático baixo em relação à superfície do solo, têm baixa capacidade de infiltração. Ainda assim, essas áreas podem abrigar depressões que compõem pequenas lagoas intermitentes capazes de reter temporariamente a água excedente nos picos de chuva. Os diferentes tipos de células de biorretenção devem ser implantadas de forma sistêmica, que somadas ou em rede, de forma que favoreçam a drenagem urbana.

Quanto à distribuição territorial destas células na cidade, destaca-se, neste momento, sua desigualdade socioespacial. Os profissionais que atuam na implantação das células de tipo dois conseguiram criar exemplos de jardins de chuva em áreas periféricas, porém não é a prática comum. As células foram instaladas em sua maioria na região central da cidade e no quadrante sudoeste, como apresentado na Figura 5. A gestão de águas e espaços verdes não devem ter relação com o poder aquisitivo dos moradores da região, dado que as bacias hidrográficas não respeitam divisões políticas. Dessa forma, é necessário aplicar estas células priorizando critérios de planejamento que devem ser normatizados.

A aplicação de infraestrutura verde para gestão de águas urbanas deve ser também combinada à infraestrutura cinza existente. Demonstrando a dialética dos sistemas de gestão de água por infraestrutura verde e cinza, sendo necessário haver interconexão. O guia do departamento de águas da cidade de Philadelphia, EUA, GSI Planning and Design Manual (Philadelphia Water Department [PWD], 2021), apresenta uma forma integrada de trabalho, no qual é estimado para quais áreas da cidade cabe o uso de Green Stormwater Infrastructure (infraestrutura verde para águas pluviais, em tradução livre). Na Figura 10 é possível observar esta estimativa, demonstrando o processo que também é possível de ser realizado nas cidades brasileiras: planejar onde devem e não devem ser aplicadas as SbN.

FIGURA 10. Releitura do GSI Planning and Design Manual da cidade de Philadelphia. Fonte: adaptado de PWD (2021). Elaboração própria, 2021.



Projeto

O projeto destas células de biorretenção envolve as etapas de implantação depois do momento em que sua localização geográfica foi decidida. Assim define-se sua estrutura, camadas de drenagem e substrato de plantio, seleção de vegetação e método de implantação. Em termos do projeto destas estruturas, os jardins do tipo um - representados pelos jardins de chuva construídos nas vilas de bairros residenciais de médio-alto padrão e do tipo dois - representados por jardins de obras públicas feitas por profissionais privados qualificados - têm sido projetados e implantados de maneira mais adequada do ponto de vista da construção civil, sendo que alguns deles incluem capacidades participativas e didáticas que a tecnologia pode desempenhar. Porém, constatou-se que tais sistemas não foram projetados adotando critérios hidrológicos e não foi dada atenção à capacidade de remoção de poluição difusa. No entanto, é possível observar que em muitos deles as entradas, o caminho percorrido e as saídas de água têm soluções adequadas. Além disso, também fazem o plantio de vegetação nativa,

FIGURA 11. Projeto e implantação adequados de célula de biorretenção em projeto executado pela Subprefeitura da Penha. Fonte: os autores, 2021.



promovendo a biodiversidade botânica e ainda diferentes estratos de vegetação, mimetizando a organização das plantas em florestas. Na Figura 11 é possível observar a implantação de jardim de chuva na Penha, cujo projeto é adequado para entrada de água, possui camada de drenagem e o uso de plantas nativas com seleção botânica diversa. Apesar dos pontos positivos para este sistema, a sua implantação não foi realizada em local adequado, sendo feita no exutório de uma bacia hidrográfica, que é uma área de fundo de vale.

Quanto aos jardins do tipo três - representados por obras públicas advindas de projetos da PMSP - é possível destacar pontos positivos e negativos em seu projeto. Muitos apresentam entradas de água em locais que não correspondem aos pontos onde o escoamento superficial poderia entrar no jardim, o que pode ser visto na Figura 12 (esquerda). E é possível observar na Figura 12 (esquerda) e Figura 12 (direita) o uso de vegetação não nativa, como a tamareira-das-canárias (*Phoenix sp.*) e o capim-do-texas (*Pennisetum sp.*), além de pouca biodiversidade, mantendo o uso único de beris (*Canna sp.*) e capins isoladamente em cada parte do jardim. A pouca biodiversidade torna a colonização difícil e cria pouco habitat para espécies, além de o uso de espécies não-nativas incentivar a presença de polinizadores não nativos, gerando maior competição e pressão aos polinizadores locais. A entrada de água inadequada tornou a escolha dos beris problemática, pois são plantas que precisam de bastante água. Os jardins de chuva devem ser espaços capazes de receber o escoamento superficial, a seleção deve priorizar espécies que vivam bem em solo úmido, com capacidade de resistir a grandes cargas de água e aos períodos secos do clima de São Paulo.



FIGURA 12. exemplo de entrada de água que recebe pouco do escoamento superficial (esquerda) e vegetação não-nativa no mesmo jardim (Phoenix sp.) (direita).

Fonte: os autores, 2021.

Na Figura 13 (esquerda) é possível observar os beris (*Canna sp.*) recém plantados em jardim em frente ao Edifício Copan, na Figura 13 (meio) é possível observar o mesmo jardim em momento de poucas chuvas, com os beris tendo perdido boa parte de sua biomassa pelo fato do jardim não receber água devida, e na Figura 13 (direita) é possível observar a mesma espécie no jardim de chuva implantado na Penha, fotografada no mesmo dia, demonstrando a espécie em muito melhor condição. Ambas as espécies foram plantadas no fim do ano de 2020, momento da conclusão das duas estruturas.



FIGURA 13. beris após o plantio no jardim de chuva no centro, em dezembro de 2020 (esquerda). beris fotografados no jardim de chuva no centro em julho de 2021 (meio). a mesma espécie, beris, fotografados em jardim de chuva na na Penha em julho de 2021 (direita).

Fonte: os autores, 2021.

Por outro lado, jardins de chuva do tipo três, planejados pela PMSP, apresentam boas soluções práticas. Destaca-se a Figura 14, mostrando a entrada de água sendo solucionada pelo uso de uma guia padrão PSMP para bocas de lobo, de forma também a evitar acidentes se houvesse espaço que permita a fácil entrada de veículos nos passeios e calçadas. As soluções de gaiolas de brita de granulometria maior também devem ser destacadas, absorvendo o impacto mecânico do escoamento superficial de entrada e impedindo a lixiviação e o transporte de material particulado pequeno do jardim.



FIGURA 14. Visão geral de jardim de chuva no Pacaembú (esquerda) e entradas de água com guias padrão PMSP e brita para dissipar energia, no mesmo jardim (direita).
Fonte: os autores, 2021.

Em termos do projeto geométrico destes jardins, é necessário observar alguns critérios. Neste ponto, vale destacar a falta de normatização para a criação destas estruturas. Torna-se difícil avaliar a correta implantação quando não há parâmetro para tomar como base, como haveria se houvesse uma norma brasileira para SbN. Incentiva-se aqui a produção de normas para não só as células de biorretenção, mas também outras estruturas como tetos vegetados e paredes vegetadas, de forma que sua aplicação como política pública possa dar o melhor resultado ao investimento. Quanto à geometria destes jardins e o cálculo de sua capacidade de armazenamento, os autores trazem uma síntese nas Figuras 15 e Figura 16. Estes cálculos são relevantes para o planejamento em maior escala de células de biorretenção, havendo uma dialética constante entre o macro-planejamento territorial para locação destas células, seu micro-projeto e geometria para gestão das águas urbanas no local.

FIGURA 15. Síntese da hidrologia de jardins de chuva e termos importantes.
Fonte: elaboração própria, 2021.

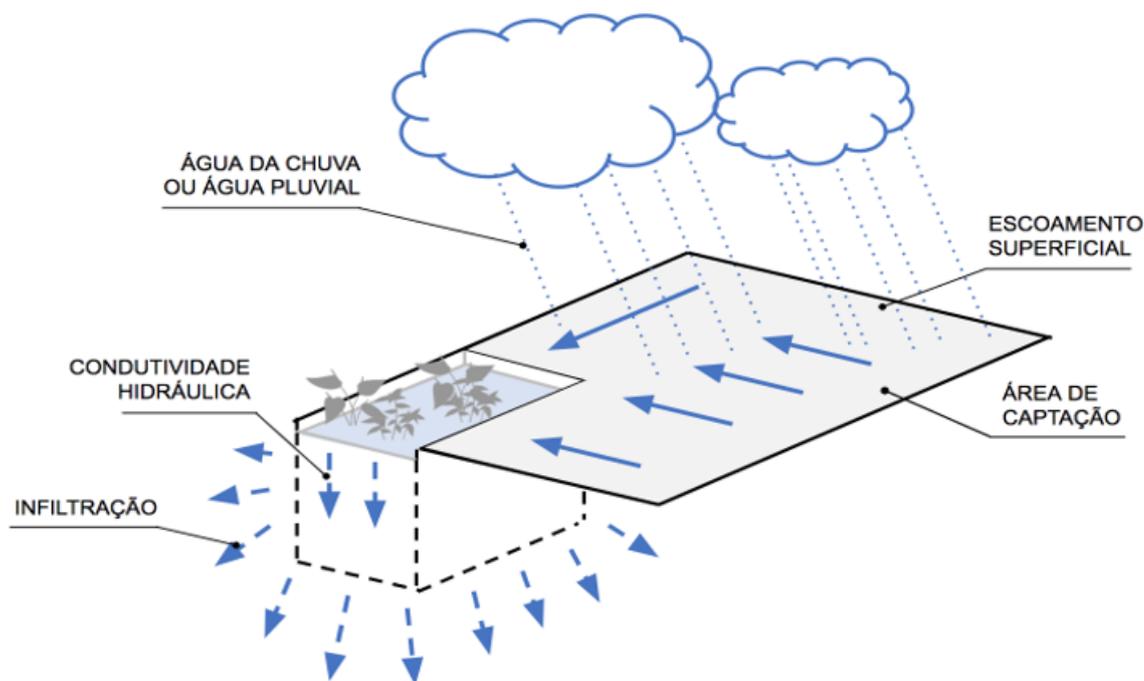
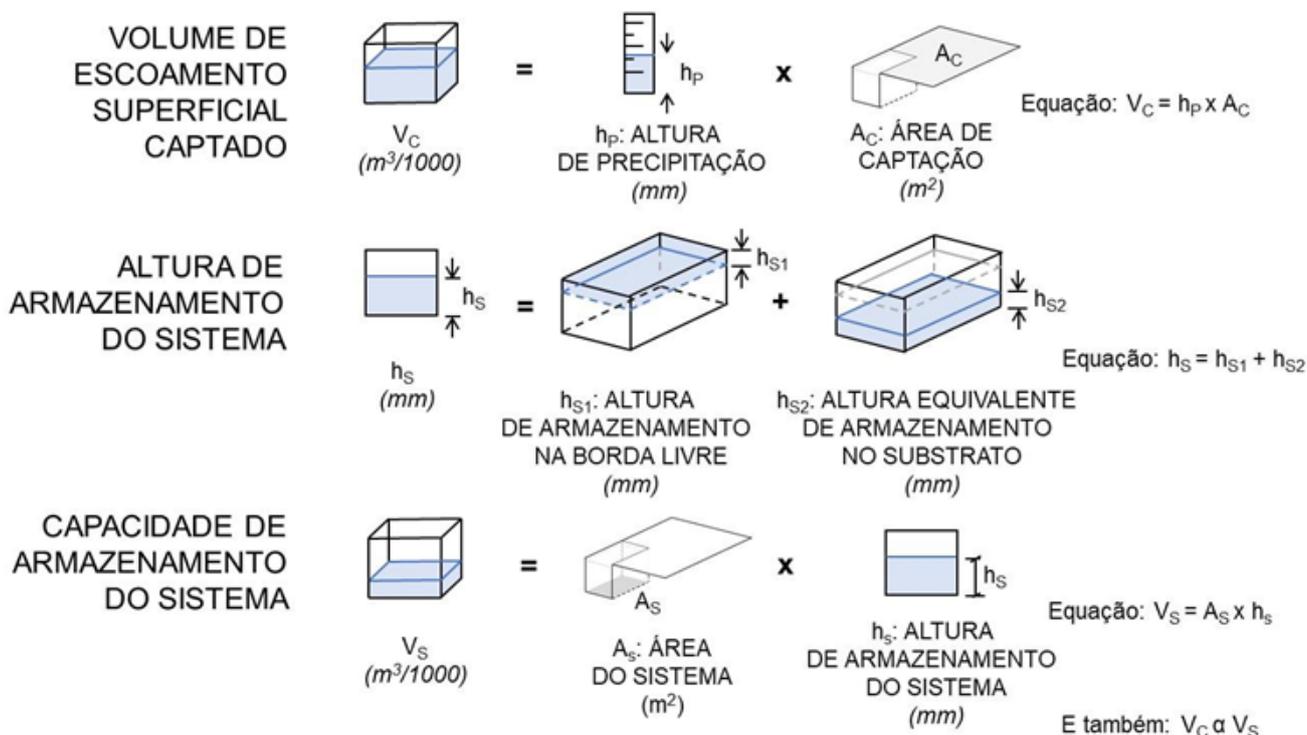


FIGURA 16. Síntese do cálculo de parâmetros geométricos relevantes no desempenho em gestão de quantidade de água por células de biorretenção.
Fonte: elaboração própria, 2021.



Monitoramento e manutenção

De forma a verificar continuamente o desempenho das células de biorretenção, tornando sua implantação um processo iterativo, e também manter seu desempenho satisfatório a longo prazo, o monitoramento e a manutenção precisam ser feitos de maneira efetiva.

A concepção de sensores de baixo custo para monitoramento em larga escala é importante, principalmente na pesquisa que tenha pouca verba para o monitoramento. Trabalhos desenvolvidos e apresentados por Pérez (2019) e Pereira et al. (no prelo), apresentam exemplos de concepção desses equipamentos para a coleta de dados expressiva e podendo auxiliar no processo de tornar as células de biorretenção tecnologia corrente de drenagem urbana. O monitoramento também pode ser feito de maneira colaborativa e, para tanto, os autores estão desenvolvendo plataforma aberta para cadastro e coleta de dados de SbN aplicadas na cidade de São Paulo.

Quanto à manutenção destas estruturas, novamente há aqui um ponto importante a ser previsto em norma. As células de biorretenção exi-

gem manutenção constante para manter seu desempenho, a exemplo de: limpeza de lixo acumulado que chega carregado pelo escoamento superficial, manutenção das camadas de drenagem para evitar a colmatação (obstrução dos vazios por material particulado fino), poda e manejo da vegetação, adubação e etc. Indica-se a depender do layout dos dispositivos de entrada do escoamento superficial, o uso de grelhas e telas que aparem o material carregado, para facilitar a sua remoção. Pouco se fala de manutenção das estruturas concebidas nas cidades, porém é importante haver uma rotina para tanto.

Participação popular

A participação pública foi institucionalizada e materializou-se no desenvolvimento urbano quanto à aplicação do Estatuto da Cidade por meio dos Planos Diretores (Goulart, Terzi & Otero, 2015). É um princípio mediante a “gestão democrática por meio da participação da população e de associações representativas dos vários segmentos da sociedade” (Estatuto da Cidade, 2001).

Na apresentação da síntese dos principais tipos de jardins de chuva que já foram implantados na cidade, fica clara a necessidade de levar em conta as dinâmicas sociais e movimentos que atuam na região, como no caso do primeiro jardim de chuva do tipo um, na Vila Ipojuca, que foi construído sem o envolvimento da comunidade e do jardim de chuva da Vila Jataí que tem participação ativa da população do entorno. Assim, ilustra-se que a aplicação da SbN transcende os objetivos meramente ecológicos tornando uma rede de construção e apropriação social do meio urbano (Pereira et al., 2019).

Neste modelo de construção, além de obedecer a institucionalização da participação, ainda contempla o Planejamento Ambiental, que Bonzi, (2015) define como enfoque que busca conciliar o desenvolvimento de atividades humanas com a conservação da natureza. Para a população, a participação nesses ambientes favorece a vivência com a Natureza e impulsiona valores como fortalecimento do compromisso como agente de conservação da Natureza e biodiversidade e a viver de forma mais saudável (Santos, 2020), como exemplos temos a participação da população na implantação dos jardins de chuva da vila Itajaí e da rua Santanésia no Butantã e em ambos a população é a responsável pela limpeza e manutenção do espaço, e no jardim de chuva da vila Ipojuca o fato da população não ter participado da sua implantação resultou no fechamento da entrada da água da chuva na estrutura impedindo o pleno desempenho de suas funções, e ainda é visível a pouca variedade de espécies vegetais e abandono do local.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na cidade de São Paulo, a implantação de células de biorretenção, um tipo de SbN, contempla o planejamento da paisagem urbana, que diferente do planejamento urbano convencional, valoriza e estimula a conservação da biodiversidade, promovendo o aumento da provisão de SE nos espaços construídos e contribuem para a melhoria da qualidade das águas do escoamento superficial, antes de chegarem aos rios. Tais intervenções rompem concreto e criam espaços permeáveis e vegetados no tecido urbano, produzem benefícios notáveis, mas precisam de atenção técnica de forma a garantir sua eficiência e manter o desempenho a longo prazo. Para que se estabeleça uma rede de infraestrutura verde urbana voltada à gestão de águas pluviais de forma efetiva, é necessário criar espaços interconectados no maior número de locais possíveis e estruturas de SbN distribuídas por todas as bacias hidrográficas, buscar sua conexão com os cursos d'água, incorporar sistemas de abatimento da poluição difusa além de adotar tecnologias que apoiem os sistemas de macrodrenagem.

As SbN apresentam potencial de levar a cidade a ser mais adaptativa às mudanças climáticas, na sua aplicação e gestão em busca da redução dos riscos associados, transformando-as em locais mais resilientes.

Para dar sustentação às SbN e promover uma rede capaz de se auto sustentar para além das células de biorretenção, deve-se analisar o potencial de implantação de corredores verdes, com atenção a rios e córregos, para no futuro pensar na possibilidade da configuração de um mosaico de paisagem. Entender e usar a dinâmica entre diversos atores é crucial, envolvendo população, poder público e auxílio técnico para realização de projetos comunitários.

Assim, ciente do potencial das estruturas de SbN e dos problemas ambientais enfrentados por uma cidade como São Paulo, é necessário implantá-las em locais e com dimensionamento adequado, que possibilite o desempenho pleno do seu papel. Urge que nomenclaturas, definições, terminologias e mesmo conhecimento dos processos ecológicos que envolvem o solo, a água, a fauna, flora e o ar sejam buscados e que o poder público que atua diretamente nos municípios busque qualificação de suas equipes para que a contribuição do equipamento implantados sejam mais efetivos para a cidade, assim como as providências a serem tomadas. Ressalta-se a necessidade de equipes transdisciplinares em todas as esferas de atuação com SbN.

Neste momento em que o relatório atual da Organização das Nações Unidas (ONU) o State of Finance for Nature (United Nations Environment Programme [UNEP], World Economic Forum [WEF], Economics of Land Degradation [ELD], Vivid Economic, 2021) indica a necessidade de multiplicar em trinta vezes os investimentos em SbN até 2050,

enaltece-se a capacidade de diversos atores e poder público em São Paulo terem conseguido conquistar espaços para biodiversidade, implantando células de biorretenção inicialmente na forma que for possível, mesmo que ainda incipientes. E incentiva-se que os trabalhos continuem e leve ao aprendizado constantemente. Já há na cidade de São Paulo uma aplicação expressiva destas estruturas e é necessário continuar planejando e melhorando, cientes de que as SbN precisam de atenção desde o momento do planejamento da área a ser implantada ao projeto executivo.

O artigo apresentou, portanto, o que tem sido feito e o que é necessário melhorar para possibilitar a aplicação efetiva de células de biorretenção. Espera-se que estas SbN se tornem reconhecidamente parte do arcabouço de tecnologias correntes para drenagem pluvial urbana em São Paulo e no Brasil.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o suporte da CAPES Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, ANA - Agência Nacional de Águas através do Projeto CAPES/ANA MOMA e a FCTH - Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica.

REFERÊNCIAS

Ab'Sáber, A. N. (1957). Geomorfologia do sítio urbano de São Paulo. (Tese de doutorado, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas. Universidade de São Paulo).

Baptista, M. B., Nascimento, N., & Barraud, S. (2011). Técnicas compensatórias em drenagem urbana. Porto Alegre, RS: ABRH.

Bonzi, R. S. (2015). Andar sobre Água Preta: a aplicação da Infraestrutura Verde em áreas densamente urbanizadas (Dissertação de Mestrado, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo).

Capuccini, E. (2011). Applicazioni di tecnologie BMP ai sistemi di drenaggio urbano (Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia, Universidade de Bologna). Recuperado de <https://amslaurea.unibo.it/2032/>.

Cormier, N. S., & Pellegrino, P. R. M. (2008). Infra-estrutura verde: uma estratégia paisagística para a água urbana. *Paisagem e Ambiente*, 25, 127-142. doi: 10.11606/issn.2359-5361.v0i25p127-142

Davis, A. P., Hunt, W. F., Traver, R. G., & Clar, M. (2009). Bioretention technology: Overview of current practice and future needs. *Journal of Environmental Engineering*, 135(3), 109-117. doi: 10.1061/(ASCE)0733-9372(2009)135:3(109)

Eggermont, H., Balian, E., Azevedo, J. M. N., Beumer, V., Brodin, T., Claudet, J., ... & Le Roux, X. (2015). Nature-based solutions: new influence for environmental management and research in Europe. *GAIA-Ecological Perspectives for Science and Society*, 24(4), 243-248. doi: 10.14512/gaia.24.4.9.

Estatuto da cidade. (2001, 10 de julho) Recuperado de http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/l10257.htm

Goulart, J. O., Terci, E. T., & Otero, E. V. (2015). Participação política e gestão urbana sob o Estatuto da Cidade. *Revista Brasileira de Gestão Urbana*, 7, 122-135. doi: 10.1590/2175-3369.007.001.AO08 I

Hough, M. L. (1998). *Naturaleza y ciudad: Planificación Urbana y Procesos Ecológicos*. Barcelona: Gustavo Gili.

Hunt, W. F., Davis, A. P., & Traver, R. G. (2012). Meeting hydrologic and water quality goals through targeted bioretention design. *Journal of Environmental Engineering*, 138(6), 698-707. doi: 10.1061/(ASCE)EE.1943-7870.0000504

International Union for Conservation of Nature (2020). *Global Standard for Nature-based Solutions. A user-friendly framework for the verification, design and scaling up of NbS*. Gland, Switzerland. doi: 10.2305/IUCN.CH.2020.08. en

Mc'Harg, I. L. (2000) *Proyectar con la naturaleza*. Barcelona: Gustavo Gili.

Moura, N. C. B. D. (2014). *Biorretenção: tecnologia ambiental urbana para manejo das águas de chuva* (Tese de doutorado, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo). Recuperado de <https://www.teses.usp.br/>

Oliveira, L. N. D. (2018). *Análise da capacidade de resiliência do ambiente na área do baixo curso da bacia hidrográfica do Rio Poti (Piauí)*. (Tese de Doutorado, Instituto de Geografia, Faculdade Federal de Pernambuco). Recuperado de <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/29713>.

Oliveira, E. M., Soares, M. C., & Bonzi, R. S. (2012). Aplicação do desenho ambiental para a bacia do córrego das corujas: Potencialidades e limitações na implantação de um parque linear. *Revista LABVERDE*, (4), 31-62. doi: 0.11606/issn.2179-2275.v0i4p31-62

Pereira, M. C. S., Martins, J. R. S., & Martins, R. S. (2019). Potencial de aplicação de infraestrutura verde na bacia de drenagem do córrego Bellini. *Revista LABVERDE*, 9(2), 35-60. doi: 10.11606/issn.2179-2275.v9i2p35-60.

Pereira, M. C. S. ; Duarte, B.P.S. ; Nogueira, F. F. ; Silva, F. P; Gobatti, L.; Leite, B.C.C.; Martins, J. R. S. (no prelo). *Utilização de Equipamentos de Monitoramento de baixo custo para aplicação em corpos hídricos*. (Trabalho será apresentado no Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2021, Belo Horizonte, MG).

Perez, C. G. *Desenvolvimento de equipamento de baixo custo para registro contínuo de variação do nível da água contribuindo à formação de sistemas de alerta de eventos naturais e extremos-Estudo de caso complementado por variáveis ambientais em Cananéia (SP, Brasil)*. (Dissertação de mestrado, Instituto de Energia e Ambiente, Universidade de São Paulo). Recuperado de <https://www.teses.usp.br/>

Pinheiro, M. B. (2017). *Plantas para infraestrutura verde e o papel da vegetação no tratamento das águas urbanas de São Paulo: identificação de critérios para seleção de espécies* (Dissertação de mestrado, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo). Recuperado de <https://www.teses.usp.br/>

Prefeitura de São Paulo. Prefeitura investe em jardins de chuva que minimizam os efeitos de alagamentos em São Paulo. Recuperado de <https://www.capital.sp.gov.br/noticia/prefeitura-investe-em-jardins-de-chuva-que-minimizam-os-efeitos-de-alagamentos-em-sao-paulo>.

Philadelphia Water Department (2021). GSI Planning & Design Manual. Philadelphia. Recuperado de <https://water.phila.gov/gsi/planning-design/>

Reid, W. V., Mooney, H. A., Cropper, A., Capistrano, D., Carpenter, S. R., Chopra, K., ... & Zurek, M. B. Ecosystems and human well-being-Synthesis: A report of the Millennium Ecosystem Assessment. (MEA Report 2005) Washington, DC.

Roy-Poirier, A., Champagne, P., & Fillion, Y. (2010). Review of bioretention system research and design: past, present, and future. *Journal of Environmental Engineering*, 136(9), 878-889. doi: 10.1061/(ASCE)EE.1943-7870.0000227

Santos, E. C. M. (2020). O papel das comunidades para a construção de cidades resilientes: O caso do Jardim de chuva do Largo das Araucárias, Pinheiros-SP. *Revista LABVERDE*, 10(1). doi: 10.11606/issn.2179-2275.labverde.2020.171431

Schutzer, J.G.(2012) Cidade e Meio Ambiente. São Paulo, SP: EDUSP.

Soares, M. C. (2014). Parques lineares em São Paulo: uma rede de rios e áreas verdes que conecta lugares e pessoas. (Dissertação de mestrado, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo). Recuperado de <https://www.teses.usp.br/>

Spraakman, S., Rodgers, T. F., Monri-Fung, H., Nowicki, A., Diamond, M. L., Passetport, E., ... & Drake, J. (2020). A Need for Standardized Reporting: A Scoping Review of Bioretention Research 2000–2019. *Water*, 12(11), 3122. doi: 10.3390/w12113122

SPIRN, Anne W. O Jardim de granito. São Paulo: Edusp, 199

Travassos, L. R. F. C. (2010). Revelando os rios: novos paradigmas para a intervenção em fundos de vale urbanos na Cidade de São Paulo. (Tese de doutorado, Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental, Universidade de São Paulo). Recuperado de <https://www.teses.usp.br/>

Tirpak, R. A., Winston, R. J., Simpson, I. M., Dorsey, J. D., Grimm, A. G., Pieschek, R. L., ... & Carpenter, D. D. (2021). Hydrologic impacts of retrofitted low impact development in a commercial parking lot. *Journal of Hydrology*, 592, 125773. doi: 10.1016/j.jhydrol.2020.125773

United Nations. (2019). World population prospects 2019: highlights. Department of Economic and Social Affairs, Population Division. Recuperado de <https://population.un.org/wpp/Publications/>

U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (2013). Greening EPA Washington, D.C. Recuperado de <https://nepis.epa.gov/>

U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (2021) Green Streets Handbook, D.C. Recuperado de <https://www.epa.gov/>

United Nations Environment Programme, World Economic Forum, Economics of Land Degradation, Vivid Economic. State of Finance for Nature 2021 (UNEP Report 2021). (2021) Nairobi.

Maria Cristina Santana Pereira

Engenheira Ambiental, Mestra em Recursos Hídricos, Doutoranda em Recursos Hídricos na Escola Politécnica da USP, São Paulo, SP.

E-mail: maripereira@usp.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0076-1251>.

Lucas Gobatti

Engenheiro Civil e Arquiteto pelo programa POLI/FAU, Mestrando em Inovação na Construção Civil na Escola Politécnica da USP, São Paulo, SP.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8561-2385>

Mariana Corrêa Soares

Arquiteta graduada em 2004, Mestra em Arquitetura e Urbanismo pela Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da USP, São Paulo, SP.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6444-5189>.

Brenda Chaves Coelho Leite

Professora doutora do Departamento de Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica da USP, São Paulo, SP.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3538-3788>.

José Rodolfo Scarati Martins

Professor associado do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da Escola Politécnica da USP, São Paulo, SP.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3331-1222>.

Recebido em: 07/08/2021.

Aceito em: 04/12/2021.