Plano de bacias hidrográficas como ferramenta para o delineamento de infraestruturas verdes

Watershed plan as a tool for green infrastructure design

DOI:10.34117/bjdv7n12-389

Recebimento dos originais: 12/11/2021
Aceitação para publicação: 13/12/2021

Laura Amorim Pereira
Graduanda em Engenharia Civil na FECFAU/UNICAMP. Rua Saturnino de Brito, 224, Cidade Universitária Zeferino Vaz, Campinas - São Paulo, CEP: 13083-889.
E-mail: laura.amorim.p@hotmail.com

Mariana Rodrigues Ribeiro dos Santos
Prof. Dr. na FECFAU/UNICAMP. Rua Saturnino de Brito, 224, Cidade Universitária Zeferino Vaz, Campinas - São Paulo, CEP: 13083-889.
E-mail: mariana@fec.unicamp.br

RESUMO
É amplamente conhecido que a urbanização e conversão do uso da terra causam degradação ao meio ambiente e que planejar novos desenvolvimentos, bem como, o uso dos recursos naturais disponíveis de forma sustentável é imprescindível, com destaque para a gestão dos recursos hídricos. Simultaneamente, tem aumentado o debate sobre o uso de infraestruturas verdes como promotora de resiliência urbana, oferecendo serviços ecossistêmicos e ampliando a adaptação às mudanças climáticas. A partir dessa perspectiva, o presente trabalho busca analisar e identificar possíveis relações entre os princípios fundamentais da infraestrutura verde e os aspectos regulamentares da gestão de recursos hídricos, com a finalidade de detectar as possibilidades de delineamento de infraestruturas verdes a partir de diretrizes relativas aos recursos hídricos. Para isso, foi realizada revisão bibliográfica em publicações e regulamentações aplicáveis à temática, para formação do referencial teórico. Posteriormente, foi realizada uma análise documental e identificação dos elementos mencionados, tendo como objetos de estudo a Política Estadual de Recursos Hídricos do estado de São Paulo e o plano de bacia da Bacia Hidrográfica PCJ. Foi observada, de forma indireta, a presença dos princípios elencados pela literatura, bem como, apresentados elementos identificados na literatura, com potencial de serem considerados no planejamento e gestão de bacias, de modo a contribuir para o delineamento de infraestruturas verdes junto aos instrumentos de planejamento municipais.

Palavras-chave: Gestão de recursos hídricos, instrumentos de planejamento ambiental, resiliência urbana.

ABSTRACT
It is widely known that urbanization and land use conversion cause environmental degradation and that planning for new developments and the use of available natural resources in a sustainable way is imperative, especially water resources management. Simultaneously, there is a growing debate about the use of green infrastructure as a

promoter of urban resilience, providing ecosystem services and enhancing adaptation to climate change. From this perspective, the present work seeks to analyze and identify possible relationships between the fundamental principles of green infrastructure and regulatory aspects of water resources management, in order to detect the possibilities of delineating green infrastructure from guidelines related to water resources. To this end, a bibliographic review of publications and regulations applicable to the theme was carried out to form the theoretical framework. Subsequently, a documental analysis and identification of the mentioned elements was carried out, having as objects of study the State Policy of Hydric Resources of the state of São Paulo and the basin plan of the PCJ Hydrographic Basin. It was observed, indirectly, the presence of the principles listed in the literature, as well as the presentation of elements identified in the literature, with potential to be considered in the planning and management of watersheds, in order to contribute to the delineation of green infrastructure along with the municipal planning instruments.

Keywords: Water resources management, environmental planning instruments, urban resilience.

1 INTRODUÇÃO

A água sempre foi um recurso essencial para a vida, mas com os avanços tecnológicos, os impactos da urbanização e o crescimento populacional vertiginoso, seu gerenciamento sustentável e integrado tornou-se um desafio e uma necessidade, tanto para o desenvolvimento social quanto econômico. Isto se reforça após anos de descaso com o uso dos recursos naturais que acarretaram mudanças climáticas bruscas, as quais causam problemas recorrentes nas cidades, como demonstra o relatório desenvolvido pelo Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas de 2016, sobre os efeitos das mudanças climáticas nas cidades, especialmente no que se refere à problemas de enchentes em tempos de chuvas intensas e de falta d'água nos períodos de estiagem.

Simultaneamente, alternativas para amenizar as perturbações ambientais geradas pelos seres humanos vêm sendo impulsionadas, estudadas, e envolvem debates e pesquisas globais pautadas na promoção da resiliência urbana e planejamento focado na sustentabilidade, estando entre estas oportunidades, a utilização das chamadas infraestruturas verdes (RANJHA, 2016). Apesar de diferentes definições, adota-se aqui que, infraestrutura verde corresponde a uma rede interconectada composta por diferentes elementos, naturais ou construídos, que, diferente de infraestruturas cinza monofuncionais, cumpre múltiplas funções, inclusive, o provimento de serviços ecossistêmicos (BENEDICT; McMAHON, 2006).

Uma das faces do prisma que compõem a infraestrutura verde é a integração e boa gestão relacionada aos recursos hídricos. Por outro lado, a partir da Declaração de Dublin, proposta em uma reunião anterior à Rio 92, chegou-se ao consenso de que, para uma gestão eficiente dos recursos hídricos, é preciso conectar e analisar os fatores físicos, sociais e econômicos, considerando o recorte territorial da bacia hidrográfica (PADILLA et al., 2013). A bacia corresponde a uma região superficial terrestre que, devido a sua topografia, drena a água da precipitação para um rio principal, seus afluentes e subafluentes. Além disso, nas bordas dessas regiões, estão os divisores de águas das várias bacias, nos locais mais elevados do relevo.

No contexto brasileiro, um marco na gestão de recursos hídricos, foi a promulgação da Lei n. 9.433 de 1997, que estabeleceu uma nova forma de administração e organização dos recursos hídricos, modificando o sistema de gestão e consolidando a divisão do território por bacias hidrográficas. Porém, ainda existe certa dificuldade em utilizar essa delimitação geográfica, uma vez que os recursos hídricos demandam uma gestão compartilhada entre a administração pública, incluindo União e estados, instituições ligadas à atividade agrícola, órgãos de saneamento, de gestão ambiental, entre outros, e cada um desses setores possui uma divisão territorial administrativa própria, diferente da bacia hidrográfica (PORTO; PORTO, 2008).

Compreende-se aqui que a análise e estudo das bacias hidrográficas é imprescindível para o planejamento e gerenciamento mais consciente dos recursos hídricos, entendido aqui, como oportunidade para um bom delineamento de uma grande rede de infraestrutura verde, influenciando na criação de projetos sustentáveis para beneficiar tanto a sociedade quanto o meio ambiente, de forma harmônica e conectada, promovendo, inclusive, uma maior resiliência e capacidade de adaptação às mudanças climáticas em diferentes escalas.

Com base nas considerações apresentadas, a presente pesquisa buscou identificar diretrizes e critérios relativos à gestão de recursos hídricos, que tenham potencial de auxiliar ou mesmo interferir no delineamento de infraestruturas verdes.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Segundo a categorização de Gil (2008) e as colocações feitas por Silva e Menezes (2005), pode-se classificar a pesquisa aqui realizada como exploratória de caráter qualitativo, uma vez que foram realizadas interpretações em relação a cada fenômeno e os dados coletados não são expressos em números.

Foi realizada revisão bibliográfica, envolvendo pesquisa e leitura de artigos publicados em revistas científicas, dissertações, teses e legislação pertinente, com a finalidade de aprofundar o conhecimento acerca dos temas planejamento e gestão de recursos hídricos, bem como, sobre os conceitos de infraestrutura verde, seus princípios fundamentais e elementos que a compõem.

A partir do referencial teórico, foram destacados os princípios fundamentais da infraestrutura verde, elencados por Benedict e McMahon (2002; 2006). Posteriormente, foi realizada uma análise documental considerando a Política Estadual de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo e o Plano de Bacias do PCJ 2010-2020, buscando identificar a presença dos princípios fundamentais de infraestrutura verde em cada um destes documentos, bem como, identificar critérios ou diretrizes ou elementos contidos nestes documentos, que possuam potencial para auxiliar no delineamento de infraestruturas verdes.

A opção por analisar a Política Estadual de Recursos Hídricos, referente ao estado de São Paulo, se deu em decorrência da opção por analisar o Plano de Bacia das bacias PCJ, referência nacional na organização institucional e atuação na gestão de recursos hídricos, majoritariamente contidas neste estado. Vale destacar que o Plano de Bacias analisado não contempla sua versão mais recente (2020-2035), publicada em agosto de 2020, pois a análise documental realizada ocorreu no período entre agosto de 2019 e julho de 2020.

Em breve contextualização, as bacias do PCJ, composta pelos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí, abrangem áreas de 76 municípios e abastecem regiões importantes como a região metropolitana de Campinas-SP. Em 2000, apresentava uma capacidade de 33 m^3/s, uma disponibilidade hídrica de 497,46 m^3/hab.ano (IBGE, 2000), mas já havia na época, uma previsão de redução na disponibilidade hídrica para 347,2 m^3/hab. ano para o ano de 2010, segundo o próprio o IBGE. Vale mencionar que o ICRH (Índice de Criticidade de Recursos Hídricos) de 1992, já indicava limite na disponibilidade de recursos hídricos das bacias, acendendo um sinal de alerta para futuras crises hídricas (FALKENMARK, 1992), as quais, de fato, ocorreram e estão sendo vivenciadas novamente.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A partir de janeiro de 1992, na Conferência Mundial das Nações Unidas sobre Água e Meio Ambiente realizada em Dublin, Escócia, foram instituídos quatro princípios essenciais para a gestão de recursos hídricos, sendo eles:

- Princípio n° 1 - A água doce é um recurso finito e vulnerável, essencial para sustentar a vida, o desenvolvimento e o meio ambiente.
- Princípio N° 2 - Gerenciamento e desenvolvimento da água deverão ser baseados numa abordagem participativa, envolvendo usuários, planejadores e legisladores em todos os níveis.
- Princípio N° 3 - As mulheres têm papel principal na provisão, gerenciamento e proteção da água.
- Princípio N° 4 - A água tem valor econômico em todos os usos competitivos e deve ser reconhecida como um bem econômico.

No contexto destes princípios, é vital reconhecer inicialmente, o direito básico de todos os seres humanos de acesso ao abastecimento e saneamento a custos razoáveis. Vale ressaltar a opção, no passado, por não reconhecer o valor econômico da água, levou ao desperdício e usos deste recurso de forma destrutiva ao meio ambiente (DUBLIN, 1992). O gerenciamento da água como bem de valor econômico é um modo importante para atingir o uso eficiente e equitativo, e o incentivo à conservação e proteção dos recursos hídricos (HESPANHOL, 2008).

No Brasil, no ano de 1997, foi instituída a Política Nacional De Recursos Hídricos, por meio da lei n.9.433, que estruturou a organização jurídico administrativa do Sistema Nacional de Recursos Hídricos, exigindo a elaboração dos Planos de Bacias Hidrográficas, para uma melhor gestão dos recursos hídricos de cada região. De maneira complementar, no ano 2000, a Lei n.9.984 criou a Agência Nacional de Águas (ANA), atual Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico e, a Resolução Conama n.16 de 8 de maio de 2001, estabeleceu critérios gerais para a outorga do direito de uso de recursos hídricos.

Dentre os critérios elencados, destaca-se aqui a cobrança pelo uso da água, que é um mecanismo útil para a conservação dos recursos hídricos, pois controla a demanda e reduz o volume de efluentes que são descartados nos corpos hídricos, beneficiando assim o meio ambiente. Esta se tornou uma solução viável e passível de ser implementada no mundo todo, devido à crescente demanda por água e a limitação de recursos hídricos em

várias regiões (MENDONÇA, BICAS, SARAFIEN, 2002). No entanto, essa medida não é suficiente para balancear a demanda e oferta de água no planeta, uma vez que, em locais com grande concentração populacional e permanente perspectiva de crescimento, torna-se mais crítico esse desequilíbrio.

Em 2002, conforme dados da ANA (2002), o Brasil apresentava a disponibilidade de 33.944,73 m3/hab ao ano de água. Porém, em decorrência do crescimento industrial, que utiliza grande volume dos recursos hídricos disponíveis, além de poluir e, portanto, diminuir a qualidade destes para o consumo, bem como, do crescimento populacional que demanda um volume maior de água a ser consumida, as previsões apontavam que o valor de vazão por habitante disponível iria cair. Depois de alguns anos, essas previsões se confirmaram. Um exemplo disso foi a crise hídrica no estado de São Paulo, entre os anos de 2014 e 2016, quando houve uma brusca redução de oferta de água e uma intensa seca que geraram níveis preocupantes de escassez, como poucas vezes visto na história do estado. Atualmente, não só o estado de São Paulo, mas outras regiões do país, enfrentam nova crise.

Além disso, para resolver a questão da redução de quantidade e qualidade dos recursos hídricos disponíveis para uso, o Brasil buscou uma solução que já era utilizada há mais de dois mil anos pelos romanos: a reversão de bacias, ou seja, importar água de locais distantes para atender o aumento de demanda. Porém, esse recurso é limitado devido a não expansão da infraestrutura de coleta, transporte, tratamento e descarte dos efluentes, aumentando assim a poluição nos corpos d'água e não resolvendo o problema totalmente.

É então preciso optar por um outro modelo para substituir o já existente, que transporta água de outras bacias, sendo insustentável e prejudicial para o meio ambiente. Esse novo sistema deve ser baseado na conservação e reuso de água, beneficiando assim aspectos ambientais, sociais e econômicos (HESPANHOL, 2008).

Ainda não há, no Brasil, diretrizes legais que orientem e regulamentem o reuso de água, porém, já em 1992, durante a Conferência Interparlamentar sobre Desenvolvimento e Meio ambiente em Brasília, foi proposto que houvesse esforços, em nível nacional, para "institucionalizar a reciclagem e reuso sempre que possível e promover o tratamento e a disposição de esgotos, de maneira a não poluir o meio ambiente" (INTER-PARLIAMENTARY, 1992), visando a conservação e gestão de recursos para o desenvolvimento sustentável. Mas pouco foi feito em termos legais nesse setor e, somente em 2005, o Conselho Nacional de Recursos Hídricos promulgou a Resolução n.54, a qual

"estabelece as modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática do reuso direto não potável de água", elaborando portarias específicas para o tema.

O Conselho Nacional de Recursos Hídricos é a instância máxima da hierarquia do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Brasil, sendo um dos grandes responsáveis pela implementação da gestão dos recursos hídricos brasileiros. A reutilização dos recursos hídricos é uma das muitas oportunidades de gestão de recursos hídricos relacionadas ao conceito de infraestrutura verde, que consiste em intervenções de baixo impacto na paisagem e alto desempenho, com espaços multifuncionais e flexíveis, e que possam exercer diferentes funções ao longo do tempo – sendo ainda, adaptáveis a necessidades futuras (AHERN, 2009).

Segundo Benedict e McMahon (2006), infraestrutura verde corresponde a áreas naturais que se interconectam com outros espaços, beneficiando pessoas e o meio ambiente, conservando valores e funções dos ecossistemas. Neste sentido, os impactos de sua implementação seriam benéficos à sociedade, por gerar uma maior qualidade de vida para a população, e ao meio ambiente, devido, entre outros fatores, ao planejamento do uso da água, prevenção de enchentes e redução do uso de energia. Além disso, apresenta potencialidade de gerar ganhos à saúde e bem-estar humano, reduzindo o nível de poluição no ar, conjuntamente com a remoção e estocagem de carbono, gerando melhorias ecológicas, com o propósito de resiliência às adversidades climáticas, benfeitorias sociais e ganhos econômicos.

A infraestrutura verde pode ser implantada em experiências locais que sejam *safe-to-fail* (seguras-para-falhar)(AHERN, 2009), sendo monitoradas para possíveis correções ao longo do tempo. Devido às qualidades já citadas, tornou-se uma possível solução para uma maior capacidade de adaptação urbana, debatida e aplicada ao redor do mundo (MEEROW; NEWELL, 2017; RANJHA, 2016). Benedict e McMahon (2006) definem uma infraestrutura verde como "Composta por elementos conectados, como áreas alagadas e de recarga de aquífero, áreas de preservação, parques públicos e privados, cinturões verdes, hortas, jardins, ciclovias e vias arborizadas, e até mesmo telhados e paredes verdes, entre outras estruturas construídas."

Para a efetividade da infraestrutura verde, devem ser aplicados princípios fundamentais da ecologia de paisagens em ambientes urbanos (AHERN, 2007; MOMM; TRAVASSOS, 2016), fortalecendo a sua estrutura em redes naturais, semi naturais e artificiais de ecossistemas, de maneira multifuncional e atuando em diferentes escalas espaciais (TZOULAS et al., 2007; MOMM & TRAVASSOS, 2016).

Alguns princípios fundamentais da infraestrutura verde foram elencados por Benedict e McMahon em 2002, e posteriormente complementados, revisados e reformulados em 2006 pelos autores. Esses princípios são:

1. A infraestrutura verde deve ser planejada e protegida antes do desenvolvimento: O ideal seria que o planejamento e a elaboração do projeto da infraestrutura verde fosse feito antes do desenvolvimento urbano. Entretanto, nos locais onde esse desenvolvimento já aconteceu, é essencial que a infraestrutura verde seja instalada para proteção do ecossistema e melhor qualidade de vida para população local.

2. O contexto importa: É importante conhecer bem o local onde será implementada a infraestrutura verde, uma vez que elementos externos podem influenciar no funcionamento da infraestrutura verde.

3. Conectividade é a chave: A infraestrutura verde deve se embasar no princípio da conectividade, com a finalidade de formação de uma rede entre os espaços verdes que atuam como um conjunto, e não apenas elementos individuais independentes.

4. A infraestrutura verde pode e deve funcionar como uma rede para a conservação e o desenvolvimento: Para reduzir os efeitos destoantes que a expansão urbana causa, é preciso encontrar um equilíbrio entre a conservação do ecossistema e o desenvolvimento urbano.

5. A infraestrutura verde é um investimento público fundamental que deve ter prioridade de financiamento: É indispensável que os benefícios gerados pela infraestrutura verde sejam reconhecidos para permitir o financiamento desses projetos. Parte do orçamento público deve ser destinado para a implementação de infraestrutura verde, pois esse tipo de elemento pode substituir ou complementar a infraestrutura cinza existente, possibilitando, assim, destinar esses recursos para outros setores da sociedade.

6. A infraestrutura verde requer um comprometimento de longo prazo: Esse princípio discute a necessidade de conservação, preservação e manutenção da infraestrutura verde ao longo do tempo. É preciso manter o seu funcionamento próximo ao planejado no projeto, para que os seus benefícios à sociedade e ao meio ambiente sejam garantidos.

7. A infraestrutura verde respeita as necessidades e os desejos dos proprietários e das partes envolvidas, podendo ser implementada em várias escalas: particular, local, estadual, regional ou até nacional. Devemos lembrar que todos os seus elementos devem formar uma rede, e que é preciso haver um equilíbrio entre as partes envolvidas para o seu bom funcionamento. Por isso, durante o planejamento, execução e

conservação da infraestrutura verde em todas as escalas, é preciso dialogar e analisar a situação de todos os envolvidos, afetados e beneficiados.

8. A infraestrutura verde implica a realização de atividades dentro e fora das comunidades: Para que a infraestrutura verde apresente êxito em sua implementação, é preciso manter relações entre as organizações públicas e privadas, a fim de assegurar a participação de todos os setores da população no projeto em todas as escalas.

9. A infraestrutura verde proporciona benefícios para a natureza e para as pessoas: Ao contrário da infraestrutura cinza, que possui apenas uma função vinculada, a infraestrutura verde apresenta diversas funções e benefícios para o meio ambiente, a conservação da biodiversidade e resiliência às mudanças climáticas, para a sociedade, para a drenagem da água e espaços verdes, enquanto que, para a economia, gera a valorização de imóveis e a criação de empregos.

10. A infraestrutura verde deve ser fundamentada em conhecimentos científicos e na teoria e práticas do planejamento do uso do solo: Esse princípio afirma que os projetos de infraestrutura verde devem relacionar e agregar experiências relevantes e conhecimento de profissionais de todas as áreas, a fim de conceber um projeto mais completo, abrangente e assertivo.

3.2 POTENCIAIS APLICAÇÕES DE INFRAESTRUTURA VERDE EM RELAÇÃO AOS RECURSOS HÍDRICOS

Há um equilíbrio natural, dinâmico e estável entre a água e o solo, nomeado como balanço hídrico, mas as ações do homem alterando o uso e ocupação do solo podem interferir nesse equilíbrio e desestabilizá-lo. Devemos preservá-lo ao máximo e utilizar recursos como infraestrutura verde para manter esse equilíbrio (GUIMARÃES, 2018)

Um dos problemas que afetam diretamente a qualidade e preservação dos recursos hídricos é a erosão, uma característica que varia para cada tipo de solo. Para minimizar esse impacto, é necessário preservar a vegetação ao redor do corpo hídrico, a chamada mata ciliar, normalmente representada por espécies arbóreas e arbustivas que podem ser usadas como elementos de interligação entre áreas com diferentes tipos de flora e fauna, cumprindo a função de rede na infraestrutura verde (AHERN; PELLEGRINO; BECKER, 2012; BERLAND et al., 2017; DONG; GUO; ZENG, 2017).

Por sua vez, o aumento das taxas de escoamento superficial, decorrente de fatores climáticos relativos à intensidade da chuva, à duração da chuva e às chuvas antecedentes,

e de fatores fisiográficos, como a área da bacia, sua forma, a permeabilidade do solo e a topografia (BERTOL, COGO; LIEVEN, 1989; SILVA et al., 2001; TUCCI, 2002), em conjunto com a redução do coeficiente de infiltração, decorrente da redução da cobertura vegetal que gera um maior escoamento superficial e uma menor infiltração no solo (BRUIJNZEEL, 1996), causam perdas no volume de recarga dos aquíferos de uma região e, consequentemente, agravam a frequência de cheias mais intensas, para chuvas de mesma intensidade e duração, ao mesmo tempo que reduzem a disponibilidade deste recurso para diversos usos.

Para benefício das bacias hidrográficas e uma melhor qualidade dos recursos hídricos, é necessário, então, preservar e recuperar áreas ribeirinhas e próximas aos rios e córregos, mangues, pântanos, áreas alagáveis e de recarga de aquíferos, pois isso resulta em uma melhor qualidade e quantidade de água, tornando o habitat para os organismos aquáticos mais receptivo e contribuindo para o funcionamento do ciclo hidrológico. Mas é preciso também projetar diques e barreiras para mitigação de inundações, e reforçar a resiliência a esses eventos extremos, especialmente das cidades próximas.

Pode-se então sugerir que os elementos de infraestrutura verde ligadas aos recursos hídricos sejam aplicados às margens dos rios e córregos, que são extremamente importantes para a maioria dos sistemas de infraestrutura verde. Neste sentido, as redes de infraestrutura verde podem ser projetadas a partir do sistema misto de águas, hídrico e de drenagem, criando conexões das áreas verdes, a fim de manter e restabelecer suas funções ecológicas (BENEDICT; MCMAHON, 2006; AHERN, 2009).

A infraestrutura verde pode ser implementada em várias escalas, como particular, local, estadual, regional (por bacia) e até mesmo nacional. Além disso, quando voltada para o gerenciamento de recursos hídricos, em especial, para o manejo de águas pluviais, realiza as funções fundamentais de Purificação, Detenção, Retenção, Condução e Infiltração, sendo que, de acordo com Singapore (2014, p. 31-32):

- Por meio dos processos de Purificação, águas pluviais são tratadas com associação de sedimentação, filtração e absorção biológica.
- O processo de Detenção ocorre por meio da infiltração através da vegetação, ou pelo aumento da permeabilidade da área e armazenamento temporário do excesso de água em instalações para diminuir o fluxo de escoamento pluvial e reduzir a sobrecarga do sistema de drenagem a jusante;
- A Retenção, por sua vez, envolve o armazenamento de água pluvial por um longo período, em cisternas, tanques ou lagoas, para ser usada posteriormente ou até que

o sistema de drenagem possa receber uma nova vazão, aliviando assim a pressão no sistema de drenagem a jusante;

- A Condução se refere a como o escoamento superficial será realizado e direcionado em todo o seu trajeto, desde o início até o final, podendo fazer uso, por exemplo, de valas vegetadas ou biorretentoras;
- A Infiltração corresponde ao processo de absorção da água pluvial pelo solo e direcionamento desse fluxo ao lençol freático e aos aquíferos, proporcionando ainda, purificação.

Na micro-escala, os elementos de infraestrutura verde aplicáveis ao gerenciamento dos recursos hídricos podem ser: telhados verdes, cisternas individuais, jardins de chuva (locais rebaixados com vegetação que captam, limpam e infiltram as água captadas de telhados, pisos e vias), pavimentos permeáveis aplicados no sistema viário e nos passeios, e os alagados construídos (*constructed wetlands*). Em escalas mais abrangentes, podemos citar as ruas verdes (faixas gramadas e o plantio de inúmeras árvores), as áreas de preservação permanente, as hortas comunitárias, praças e parques públicos, chegando até a unidades de conservação de maiores dimensões, bem como, os corredores ecológicos.

De modo geral, os elementos de infraestrutura verde apresentam nítida relação com a gestão sustentável e efetiva dos recursos hídricos, e apresentam potencial para serem incluídos diretamente nos documentos de planejamento e gestão desta temática.

4 ANÁLISE DE DOCUMENTOS

Para realizar a análise dos documentos, foram utilizados como base, os princípios fundamentais da infraestrutura verde, citados anteriormente. A partir deles, foi possível analisar se há diretrizes para o delineamento de infraestrutura verde nos documentos analisados, ainda que de forma indireta, lembrando que, foram analisadas, a Política Estadual de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo e o Plano de Bacias do PCJ.

Em cada um desses documentos que norteiam a gestão de recursos hídricos em diferentes instâncias com reflexos nas bacias PCJ, foram analisados artigos, seções e trechos onde podem ser identificadas possíveis relações com os princípios fundamentais da infraestrutura verde.

A Política Estadual de Recursos Hídricos (Lei Nº 7.663/1991) não aborda diretamente o tema da infraestrutura verde mas, ao analisar seu texto, pode-se destacar alguns pontos de sinergia, como no Artigo 3.º - V -“combate e prevenção das causas e

dos efeitos adversos da poluição, das inundações, das estiagens, da erosão do solo e do assoreamento dos corpos d'água", apresentando semelhanças com o princípio 6, o qual enfatiza que a infraestrutura verde requer conservação e manutenção ao longo do tempo, refletindo na preservação dos recursos hídricos.

Por sua vez, o Artigo 4.º - III recomenda a "proteção das águas contra ações que possam comprometer o seu uso atual e futuro", fazendo também alusão ao princípio 6, bem como, ao princípio 1, o qual enfatiza que a infraestrutura verde deve ser planejada e protegida antes do desenvolvimento, mas mesmo depois do desenvolvimento, essa proteção deve continuar. Ainda no Artigo 4.º - VI fala: "Desenvolvimento de programas permanentes de conservação e proteção das águas subterrâneas contra poluição e superexploração" e 4 - VII, sobre "prevenção da erosão do solo nas áreas urbanas e rurais, com vistas à proteção contra a poluição física e o assoreamento dos corpos d'água." Tais artigos podem se relacionar ao princípio 4, o qual cita que a infraestrutura verde pode e deve funcionar como uma rede para a conservação.

No Art.5° da Política Estadual de Recursos Hídricos, parágrafo 1.º, que fala: "Os programas de desenvolvimento serão formulados e vincular-se-ão ao uso múltiplo dos reservatórios ou ao desenvolvimento regional integrado ou à proteção ambiental", compreende-se a concepção do princípio 9, o qual fala sobre as múltiplas funções cumpridas pela infraestrutura verde, incluindo conservação e desenvolvimento econômico. Complementarmente, no parágrafo 3.º, temos que "O Estado incentivará a formação de consórcios entre os municípios tendo em vista a realização de programas de desenvolvimento e de proteção ambiental, de âmbito regional.", onde se identifica a ideia de equilíbrio entre conservação e desenvolvimento que o princípio 4 passa, além da priorização para o financiamento público, conforme princípio 5.

O Art. 7.º, em I "instituição de áreas de proteção e conservação das águas utilizáveis para abastecimento das populações", II "implantação, conservação e recuperação das áreas de proteção permanente e obrigatória.", III " zoneamento das áreas inundáveis, com restrições a usos incompatíveis nas áreas sujeitas à inundações frequentes e manutenção da capacidade de infiltração do solo" , VI "combate e prevenção das inundações e da erosão" e VII "tratamento de águas residuais, em especial dos esgotos urbanos", bem como, o Art.8.º em: II "o controle de cheias, a prevenção de inundações, a drenagem e a correta utilização das várzeas." e III "a proteção de flora e fauna aquáticas e do meio ambiente refletem de modo amplo os papéis que diferentes elementos de infraestrutura verde, atendendo a vários de seus princípios.

Passando para a análise do Plano de Bacias do PCJ 2010-2020, neste também não há uma menção direta ao termo infraestrutura verde, porém a partir da página 175, há uma análise da vegetação remanescente na região que contempla a bacia do PCJ e, a partir da página 290, é explicitado o funcionamento do Programa de Recuperação de Matas Ciliares (PRMC) do Estado de São Paulo, atendendo às prerrogativas dos princípios 1 e 3. Estes trechos relacionam-se ainda com o princípio 2, o qual afirma que o contexto importa, ou seja, a vegetação no entorno da bacia e suas características influenciam no todo.

São abordados os Mananciais de Interesse Regional, com o intuito de contribuir para o aumento da proteção e recuperação dos mananciais da bacia, bem como, o Programa de Desenvolvimento da Região Metropolitana de Campinas. Conectar as duas ações pode-se relacionar com o princípio 4, o qual reconhece que a infraestrutura verde pode e deve funcionar como uma rede para a conservação e o desenvolvimento, sempre visando um equilíbrio, assim como o princípio 7, que reforça a oportunidade de trabalhar a infraestrutura verde em diferentes escalas.

Segundo o princípio 5, a infraestrutura verde é um investimento público fundamental que deve ter prioridade de financiamento e, no Plano, encontra-se a Estimativa dos recursos financeiros potencialmente disponíveis e assegurados para investimento, bem como, estão expostos os programas de ações e investimentos a curto, médio e longo prazo na bacia do PCJ. Como o princípio 6 afirma que a infraestrutura verde requer um comprometimento de longo prazo, portanto, parte desses recursos deveriam ser destinados para o planejamento, implantação e conservação de infraestrutura verde, a fim de proporcionar benefícios para a natureza e para as pessoas.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho destacou uma série de conceitos, critérios e diretrizes aplicáveis ao gerenciamento de recursos hídricos de maneira a fazê-lo de modo sustentável, sendo implementáveis em diferentes escalas (municipal, regional, estadual e mesmo na escala privada), com clara possibilidade de ser incorporados no delineamento estratégico, junto a planos, de uma rede e de projetos de infraestrutura verde.

A partir da análise realizada nos documentos mencionados, pode-se verificar que ambos abordam, em algum ponto, os princípios fundamentais relativos ao delineamento e implementação de infraestruturas verdes.

Neste sentido, tanto a Política Estadual de Recursos Hídricos como o Plano de Bacias do PCJ, apresentam o potencial de serem utilizados como norteadores do delineamento de infraestruturas verdes, com a finalidade de promover sustentabilidade e resiliência urbana, ainda que este não seja um objetivo ou mesmo tema abordado diretamente em seus textos. Destaca-se aqui a possibilidade de incorporar estas diretrizes oriundas de políticas e planos relativos aos recursos hídricos, no momento da elaboração ou revisão de planos diretores municipais, onde, de fato, são estabelecidas diretrizes de uso e ocupação que podem promover ou mesmo viabilizar a implementação de infraestruturas verdes.

A necessidade cada vez mais urgente e evidente de mudança nos paradigmas de planejamento, tanto territorial como setorial, com destaque para o planejamento e gestão dos recursos hídricos, bem como, a utilização de soluções baseadas em aspectos naturais de modo complementar às soluções de projeto e gestão tradicionais, tem plena possibilidade de ser colocada em prática no contexto brasileiro, especialmente considerando a oportunidade de sua inclusão em políticas, planos e programas de modo prévio ao desenvolvimento de projetos pontuais.

AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem ao Serviço de Apoio ao Estudante (SAE) da Universidade Estadual de Campinas e à FAPESP, Processo nº 2018/03140-1, pelo apoio financeiro recebido.

REFERÊNCIAS

AHERN, J.; 2007. Green Infrastructure for Cities: The Spatial Dimension. In: Cities of the Future – Towards Integrated Sustainable Water Landscape Mangement, (orgs.) Novotny, V. e Brown, P. IWA Publishing, London, pp. 267-283.

AHERN, J.; 2009. Sustainability, Urbanism and Resilience. Palestra na Primeira Conferência de Humanidades e Indústria Criativa, Universidade de Tecnologia Nacional Chyn-Yi, Taichung, Taiwan, pp. 4-22.

AHERN, J; PELLEGRINO, P; BECKER, N.; 2012. Infraestrutura verde, desempenho, estética, custos e método. In: COSTA L.M.S.A.; MACHADO, D.B.P. (org.). Conectividade e resiliência: estratégias de projeto para a metrópole. Rio de Janeiro. Rio Books: PROURB.

BENDICT, M. A., McMAHON, E. T.; 2002. Green Infrastructure: Smart Conservation for the 21 Century. Washington, DC : Island Press.

BENDICT, M. A., McMAHON, E. T.; 2006. Green Infrastructure: Linking Landscapes and Communities. Washington, DC : Island Press.

BERLAND, A. et al.2017. The role of trees in urban stormwater management. Landscape and Urban Planning, 162, 167–177. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2017.02.017>

BERTOL, I.; COGO, N.P.; LIEVEN, T. 1989. Cobertura morta e métodos de preparo do solo na erosão hídrica e solo com crosta superficial. Revista Brasileira Ciência do Solo, v. 13, p.373-379.

BRASIL. 2005. Plano Nacional de Recursos Hídricos. Disponível em:<http://www.participa.br/recursoshidricos/pnrh/o-plano-nacional-de-recursos-hidricos> Acesso em: Jun. 2020.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. 2006. Bacias Hidrográficas. Disponível em:<http://www.mma.gov.br/agua/bacias-hidrograficas.html> Acesso em: Abr. 2020.

BRUIJNZEEL, L.A. 1996. Predicting the hydrological impacts of tropical Forest conversion: The need for integrated research. Capítulo 2 de “Amazonian Deforestation and Climate” Eds: Gash J H C, Nobre C A, Roberts J M e Victoria R L John Wiley & Co:Chichester, Inglaterra.

CAVALCANTE, N. M. C.; 2006. Análise Comparativa da Implantação da Cobrança de Água Bruta: Ceará e Bacia do Paraíba do Sul. Dissertação apresentada e aprovada para obtenção do título de Mestre, no Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Universidade Federal do Ceará.

CONSÓRCIO PCJ. 2010. Relatório Final. Plano de bacias Hidrográficas do PCJ. Disponível em: <http://www.agenciapcj.org.br/docs/plano-bacias-2010-2020/PCJ_PB-2010-2020_RelatorioFinal.pdf> Acesso em: Jun. 2020

DONG, X.; GUO, H.; ZENG, S.; 2017. Enhancing future resilience in urban drainage system: Green versus grey infrastructure. Water Research, V. 124, pp. 280-289. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.07.038>

DUBLIN. 1992. A Declaração de Dublin sobre Água e Desenvolvimento Sustentável. Disponível em: <http://www.abcmac.org.br/files/downloads/declaracao_de_dublin_sobre_agua_e_desenvolvimento_sustentavel.pdf> Acesso em: Mai. 2021.

FALKENMARK, M.1992. Water scarcity generates environmental stress and potential conflicts. Lewis Publishers.

GIL, A. C. 2008. Como elaborar projetos de pesquisa. 4a. Ed. São Paulo: Atlas.

GUIMARÃES, T. M. H.; 2018. Interferência do uso e ocupação do solo na qualidade da água em bacia hidrográfica com disponibilidade hídrica crítica. Universidade Federal de Uberlândia. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/21598/3/InterferenciaUsoOcupacao.pdf>. Acesso em: Abr. 2020

HERZOG, C. P. 2009. Guaratiba Verde: subsídios para o projeto de infraestrutura verde em área de expansão urbana na cidade do Rio de Janeiro. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-Graduação em Urbanismo/PROURB, Rio de Janeiro.

HERZOG, C. P., ROSA, L. Z. 2010. Infraestrutura Verde: Sustentabilidade e resiliência para paisagem urbana. Revista LABVERDE, São Paulo, n. 1, p. 92-115, set.2 010.

HESPANHOL, I.; 2008. Um novo paradigma para a gestão de recursos hídricos. Estudos Avançados, v. 22, n. 63, 2008. doi: https://doi.org/10.1590/S0103-40142008000200009
IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Atlas de Saneamento, 2000.

Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatística/população/atlas_saneamento>
INTER-PARLIAMENTARY. 1992. Conference on Environment and Development. Final Document. Brasília, DF: Brazilian National Congress.

MEEROW, S.; NEWELL, J.P.; 2017. Spatial planning for multifunctional green infrastructure: growing resilience in Detroit. Landscape and Urban Planning, v. 159, pp. 62-75.

MENDONÇA, A.; BICAS, A.; SARAFIEN, R. 2002. A Cobrança pelo uso da água no estado de São Paulo. Universidade de São Paulo. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/escolasuperior/wp-content/uploads/sites/30/2016/06/Alexandre_Mendonca.pdf> Acesso em: Abr. 2020.

MOMM, S.; TRAVASSOS, L. 2016. Caminhos da sustentabilidade urbana: conceitos, técnicas e abordagens na interface entre recursos hídricos e planejamento territorial. In: Planejamento e gestão territorial: hidrografia e sustentabilidade. LADWIG, N. I.; SCHWALM, H. (orgs.). Florianópolis: Insular. Disponível em: <http://docs.wixstatic.com/ugd/c54848_13b61481f8ff4e38b10a936a4b926ee6.pdf>

PADILLA, J .H. R.; RINCÓN, M.A.P.; MALHEIROS, T. F.; PARRA, C. A. M.; PROTA, M. G.; SANTOS, R. 2013. Análisis comparativo de modelos e instrumentos de gestión integrada del recurso hídrico en Suramérica: los casos de Brasil y Colombia. Revista Ambiente & Água, v.8, n.1, p.73-97.

PORTO, M. F. A.; PORTO, R. L. L. 2008. DOSSIÊ ÁGUA: Gestão de bacias hidrográficas. Estudos Avançados, V.22, N. 63. 2008. doi: https://doi.org/10.1590/S0103-40142008000200004

RANJHA, S.; 2016. Green infrastructure: planning for sustainable and resilient urban environment. Brief for Global Sustainable Development Report. Disponível em: <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/95599_Ranjha_Green%20infrastructure_planning%20for%20sustainable%20and%20resilient%20urban%20environment.pdf> Acesso em: Abr. 2020.

RIBEIRO, K. S, SANTOS, S. A.; 2017. Mudanças Climáticas e Cidades: Relatório Especial do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas. UFRJ. Disponível em: <http://www.pbmc.coppe.ufrj.br/documentos/Relatorio_UM_v9_sumario-2017-1.pdf>. Acesso em: Abr. 2020

SÃO PAULO. 2005. Política Estadual de Recursos Hídricos. Disponível em <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/1991/compilacao-lei-7663-30.12.1991.html> Acesso em: Jun. 2020.

SILVA, D.D.; PAIVA, K. W. N.; PRUSKI, F. F.; SCHAEFFER, C. E. G. R.; AMORIM, R. S. S. 2001. Escoamento superficial para diferentes intensidades de chuva e porcentagens de cobertura num Podzólico Vermelho Amarelo com preparo e cultivo em contornos. Engenharia Agrícola, v. 21, n.1, p. 12-22.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. 2005. Metodologia da pesquisa e elaboração da dissertação. 4a ed. rev. atual. Florianópolis: UFSC.

SINGAPORE. Singapore's National Water Agency. 2014. Active Beautiful Clean Waters. Design Guidelines. 3rd. Edition. Singapore: Public Utilities Board – PUB.

TUCCI, C.E.M. 2002. Impactos da variabilidade climática e do uso do solo nos recursos hídricos. Agência Nacional de Águas: Câmara Temática sobre Recursos Hídricos -Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas.150 p.

TZOULAS, C. et al.; 2007. Promoting ecosystem and human health in urban areas using Green Infrastructure: A literature review. Landscape and Urban Planning. 81 pp.167–178. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2007.02.001>

VASCONCELLOS, A. 2015. Infraestrutura Verde: Aplicada ao Planejamento da Ocupação Urbana. Curitiba, Appris.