

Soluções Baseadas na Natureza aplicadas à conservação e à gestão integrada das águas – um estudo prospectivo à luz da Agenda 2030 da ONU

Nilson Coutinho Gomes Néto ^[1], Laleska do Nascimento de Souza ^[2], Camila Ariele Ferreira Castro ^[3], David de Andrade Costa ^[4], Maria Inês Paes Ferreira ^[5]

[1] nilsoncoutinho20@yahoo.com.br. Instituto Federal Fluminense, Campus Macaé – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental (PPEA/IFF). [2] laleska.ns@gmail.com. [3] milaariele@gmail.com. Instituto Federal Fluminense Campus Macaé – Núcleo de Pesquisa em Petróleo, Energia e Recursos Naturais (NUPERN/IFF). [4] david.costa@iff.edu.br. Instituto Federal Fluminense Campus São João da Barra – Núcleo de Pesquisa em Gestão de Recursos Hídricos (NPGRH/IFF). [5] ines_paes@yahoo.com.br. Instituto Federal Fluminense Campus Macaé – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental (PPEA/IFF).

RESUMO

As Soluções Baseadas na Natureza (SBN) são intervenções ambientais inspiradas e apoiadas pelas dinâmicas ecossistêmicas, que vêm sendo propostas a nível mundial como alternativa para alcançar os objetivos e metas relacionados à água da Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU). Com o presente trabalho, objetivou-se apresentar uma investigação exploratória sobre as SBN, a fim de prospectar e disseminar sua aplicabilidade para a conservação e a gestão integrada dos recursos hídricos no Brasil. Em termos metodológicos, foi realizada uma revisão de literatura por meio de pesquisa bibliográfica, utilizando o banco de dados do Portal de Periódicos CAPES/MEC. A revisão foi composta por quatro etapas: (1) Formulação de perguntas; (2) Pesquisa bibliográfica; (3) Detalhamento da pesquisa; e (4) Descrição dos resultados. Os resultados demonstraram um aumento no número de artigos publicados sobre o tema SBN ao longo dos últimos anos, evidenciando uma evolução do interesse em pesquisas no campo da gestão ecossistêmica. As SBN são essenciais para responder aos principais desafios relativos à gestão integrada de recursos hídricos e foram classificadas em três categorias: i) SBN para melhorar a disponibilidade da água; ii) SBN para melhorar a qualidade da água; e iii) SBN para reduzir os riscos de eventos climáticos extremos. Portanto, pode-se confirmar a aplicabilidade das SBN como alternativa potencial para a conservação e a gestão integrada das águas no Brasil. Sendo assim, torna-se essencial promover o conceito de SBN em todos os setores da sociedade, de forma a potencializar o seu uso como estratégia fundamental nas tomadas de decisão relativas à gestão dos recursos hídricos brasileiros.

Palavras-chave: Serviços ecossistêmicos. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. ODS 6. Gestão de recursos hídricos.

ABSTRACT

Nature Based Solutions (NBS) are environmental interventions inspired and supported by the ecosystem dynamics which are proposed at global level as alternative for achieving the goals and targets related to water in the United Nations (UN) 2030 Agenda. The present work aimed at presenting an exploratory research on NBS in order to prospect and disseminate its applicability for conservation and integrated water resources management in Brazil. In methodological terms, a literature review was carried out through bibliographic research by using CAPES/MEC Journal Portal database. The review consisted of four steps: (1) Questions formulation; (2) Bibliographic research; (3) Research detailing; and (4) Results description. The results have presented an increase in the number of articles published on the NBS theme over the last years, showing a growth of interest in research in the field of ecosystem management. The NBS are essential for addressing the main challenges related to integrated water management and were classified into three categories: i) NBS to improve water availability; ii) NBS to improve water quality; and iii) NBS to reduce the risks of extreme weather events. Thus, it is possible to confirm the applicability of the NBS as a potential alternative for conservation and integrated water management in Brazil. Therefore, it is essential to promote the concept of NBS in all sectors of society, in order to enhance its use as a fundamental strategy in decision making related to Brazilian water resources management.

Keywords: Ecosystem services. Sustainable Development Goals. SDG 6. Water resources management.

1 Introdução

As reflexões sobre estratégias de promoção da provisão dos bens e serviços ecossistêmicos têm ganhado espaço nos debates acerca da gestão ambiental sustentável, visando ao manejo e à conservação dos recursos naturais (ROVA; PRANOVI, 2017). No campo teórico-conceitual dos recursos ambientais denominados comuns, que abriga propostas de gestão baseada em ecossistemas (IMPERIAL, 1999), ancoradas na formulação de sustentabilidade forte da economia ecológica (COSTANZA *et al.*, 1997), pode-se situar a gestão integrada dos recursos hídricos, que parte da bacia hidrográfica como unidade principal de planejamento e gestão (BRASIL, 1997).

Nesse contexto, entendendo a bacia hidrográfica como um território geográfico naturalmente delimitado, a gestão da água deve ser incorporada em um processo mais amplo de gestão ambiental integrada, compreendida como a gestão de abordagem ecossistêmica (MAGALHÃES JÚNIOR, 2007). Posto isso, a gestão integrada leva em consideração as interações sistêmicas do meio ambiente, em seus processos biogeofísicos, econômicos e sociais, buscando respostas e soluções para problemas específicos (TUNDISI, 2008).

Logo, pensar a gestão integrada das águas no Brasil envolve investigar mecanismos que possam garantir o uso múltiplo dos recursos hídricos necessários às atividades econômicas e ao bem-estar das populações (TUNDISI, 2006). Da mesma forma, assegurando disponibilidade hídrica, em termos quali-quantitativos, e acesso à água e saneamento para todos, condições que a nação brasileira, como um todo, está longe de alcançar (BRASIL, 2019; IPEA, 2019).

Nesse sentido, com vistas ao aperfeiçoamento e à modernização dos mecanismos da gestão integrada e participativa de recursos hídricos, as SBN vêm sendo propostas, a nível mundial, como alternativa para alcançar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) estabelecidos pela Agenda 2030 da ONU (UN, 2015a; WWAP, 2018; ALBERT *et al.*, 2019), sobretudo, o ODS 6 – Assegurar a disponibilidade quali-quantitativa e a gestão sustentável da água e o acesso ao saneamento para todas e todos (WWAP, 2018; IPEA, 2019).

As SBN são intervenções ambientais inspiradas e apoiadas pelas dinâmicas ecossistêmicas, que surgem como alternativa promissora na obtenção

de progressos em direção ao acesso à água potável e aos serviços de saneamento, à produção alimentar sustentável, a trabalhos decentes, ao crescimento econômico sustentável, à manutenção da biodiversidade, à redução de riscos de desastres e à mitigação das mudanças climáticas (WWAP, 2018; LAFORTEZZA *et al.*, 2018; ALBERT *et al.*, 2019).

Em função dos compromissos internacionais assumidos pelo Brasil, relativos aos objetivos e às metas da Agenda 2030, as SBN constituem-se como estratégia para intervir sobre a escassez hídrica, por meio da gestão da oferta de água, sendo reconhecidas como fundamentais para se alcançar a sustentabilidade hídrica (BERTULE *et al.*, 2014; COHEN-SHACHAM *et al.*, 2016; WWAP, 2018).

Diante do exposto, objetivou-se, com o presente trabalho, apresentar uma investigação exploratória sobre as SBN, a fim de prospectar e disseminar sua aplicabilidade para a conservação e a gestão integrada de recursos hídricos no Brasil, à luz do ODS 6 da Agenda 2030 da ONU.

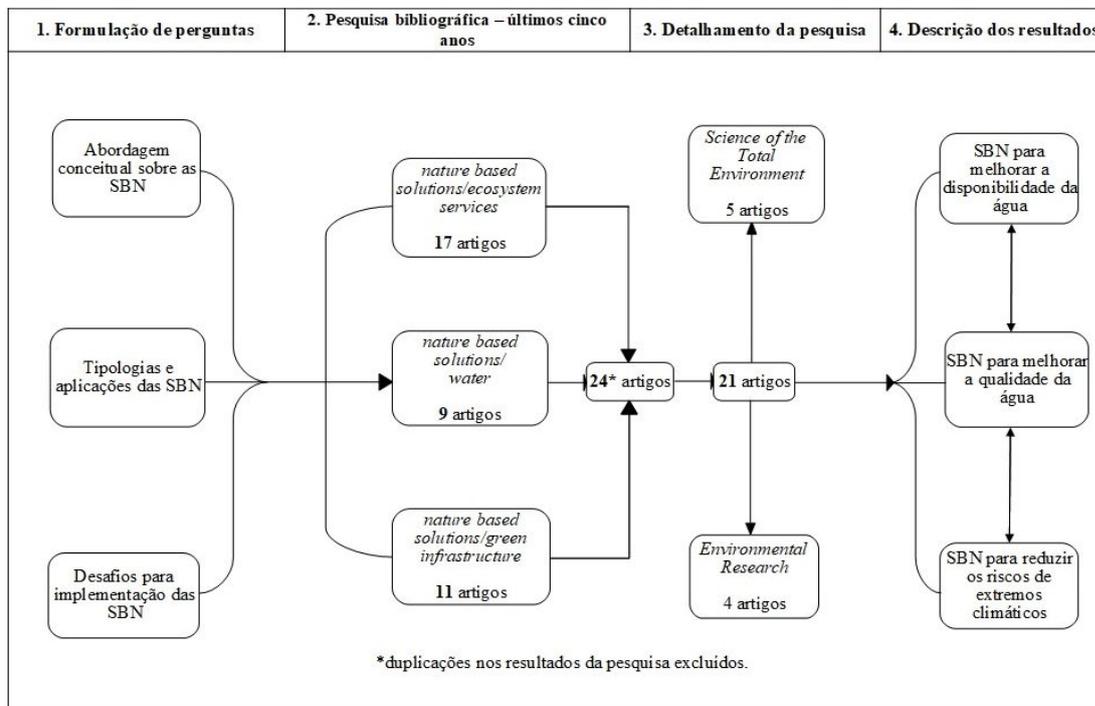
2 Material e métodos

Em termos metodológicos, a investigação descritiva e exploratória foi conduzida por meio de pesquisa bibliográfica e documental. Adaptando-se a metodologia descrita por Caiado *et al.* (2018), foi realizada uma revisão de literatura, a fim de localizar e destacar estudos relevantes existentes sobre as SBN, composta por quatro etapas (Figura 1, na próxima página): (1) Formulação de perguntas; (2) Pesquisa bibliográfica; (3) Detalhamento da pesquisa; e (4) Descrição dos resultados.

A primeira etapa consistiu em formular questões de pesquisa sobre a abordagem conceitual das SBN, quais as tipologias e aplicações no contexto da gestão de recursos hídricos, assim como os principais desafios para sua implementação.

Na segunda etapa, foi utilizado o banco de dados eletrônicos do Portal de Periódicos CAPES/MEC (periodicos.capes.gov.br), através da ferramenta de “busca avançada”, configurando-a para pesquisar artigos científicos publicados em qualquer idioma. A busca inicial consistiu em pesquisar a palavra-chave “*nature based solutions*” no campo de busca “qualquer”, sem restrição temporal. Dessa forma, foram obtidos 443 resultados de publicações.

Figura 1 – Esquema metodológico da revisão de literatura



Fonte: Adaptado de Caiado et al. (2018)

Em seguida, uma nova busca exploratória foi orientada, com o termo “nature based solutions” no campo de busca “no título”, combinando-o a um segundo termo utilizado no campo de busca “no assunto”. Os materiais pesquisados foram restringidos a artigos publicados em periódicos revisados por pares, em qualquer idioma, nos cinco anos anteriores. Logo, foram utilizadas as seguintes combinações: (“nature based solutions” AND “ecosystem services”); (“nature based solutions” AND “water”); e (“nature based solutions” AND “green infrastructure”).

Dessa maneira, foram encontrados 17 artigos da combinação *NBS/ecosystem services*, 9 artigos da combinação *NBS/water* e 11 artigos da combinação *NBS/green infrastructure*, totalizando 37 artigos. Além disso, foram utilizados documentos técnicos e artigos clássicos da literatura a respeito da temática da gestão ambiental sustentável.

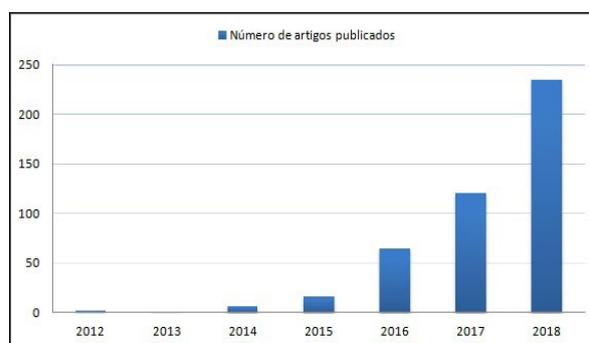
Na terceira etapa, para a seleção e a avaliação dos artigos encontrados, todos eles foram comparados, a fim de eliminar as repetições, resultando em 24 artigos válidos. A seguir, foram analisados todos os resumos que se relacionavam amplamente ao tema. Após a análise, foram utilizados apenas artigos relevantes, contendo referências explícitas às SBN (21 artigos), que se encontram listados no Apêndice A. Entre eles,

5 foram publicados na revista científica *Science of the Total Environment*, 4 na *Environmental Research* e os demais, em periódicos diversos.

3 Resultados e discussão

A discussão acerca das SBN tem crescido exponencialmente na comunidade científica nos últimos anos, conforme demonstram os resultados da pesquisa bibliográfica com a palavra-chave “nature based solutions” (Figura 2). Isso corrobora os resultados encontrados por Stöberl et al. (2019).

Figura 2 – Número de artigos científicos publicados sobre a temática SBN por ano



Fonte: Dados da pesquisa

A partir da análise de dados do Periódico CAPES/MEC, constata-se que o termo *NBS* foi introduzido pela primeira vez no ano de 2012, em um artigo científico intitulado *Biocultural Design – A New Conceptual Framework for Sustainable Development in Rural Indigenous and Local Communities*. Nessa publicação, dedicada à Comissão da *International Union for Conservation of Nature* (IUCN), é apresentada uma nova abordagem, chamada “design biocultural”, em que se discute como o patrimônio biocultural poderia apoiar os processos locais de inovação para o desenvolvimento sustentável nas comunidades indígenas e rurais (DAVIDSON-HUNT *et al.*, 2012). Da mesma forma, o artigo faz referência às propostas da IUCN de implementar as SBN para enfrentar os desafios globais do clima (incluindo a redução de riscos de desastres) e para alcançar segurança hídrica e alimentar, crescimento econômico e social sustentável, redução da pobreza, conservação da biodiversidade e resiliência ecossistêmica (IUCN, 2012).

A partir de 2015, foi observado um aumento significativo no número de artigos publicados. Isso provavelmente se deu em razão da aprovação do documento “Transformando nosso mundo: a Agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável”, na sede da ONU em Nova York, no ano de 2015. Na Agenda 2030 foram estabelecidos dezessete ODS com 169 metas associadas, que são integradas e indivisíveis e mesclam, de forma equilibrada, as três dimensões do desenvolvimento sustentável: a econômica, a social e a ambiental (UN, 2015a). Outro marco importante ocorreu na COP 21 (Conferência das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas de 2015), em Paris. No evento, diversos países integrantes firmaram um acordo histórico que definiu medidas para reduzir os efeitos das mudanças climáticas (UN, 2015b).

Em 2018, ocorreu o maior número de artigos publicados com o termo *NBS*, totalizando 234 publicações. No mesmo ano foi publicado, pelo *World Water Assessment Programme* (WWAP) da ONU, um relatório mundial que incentiva a adoção de SBN para aperfeiçoar a gestão da água no mundo (WWAP, 2018).

3.1 Soluções Baseadas na Natureza e seu arcabouço conceitual

Nos últimos 50 anos, o ambiente natural sofreu alterações antrópicas numa proporção sem precedentes na história do planeta, reduzindo suas funções ecossistêmicas e ameaçando a segurança e a sobrevivência de populações humanas e não

humanas (LUKAC, 2017; MARZEC, 2018). Com o passar do tempo, finalmente, foi-se percebendo que estavam sendo desconsiderados bilhões de anos de experiências acumuladas em serviços ecossistêmicos que a natureza desenvolveu de forma bastante sofisticada (NESSHÖVER *et al.*, 2017; FGV-EAESP, 2017).

As funções ecossistêmicas podem ser definidas como o resultado de processos naturais associados a um determinado subsistema ecológico que emerge de interações complexas entre os seus componentes bióticos e abióticos (SCHÄFER, 2012). Essa definição pode ser reconceitualizada como bem ou serviço ecossistêmico quando os valores humanos estão implícitos, numa visão ampliada, que confere aos processos e componentes naturais a capacidade de fornecer bens e serviços que satisfaçam as necessidades humanas (DE GROOT; WILSON; BOUMANS, 2002).

Numa conjuntura planetária de crescimento populacional, uso desenfreado de recursos naturais, poluição ambiental, mudanças climáticas e desequilíbrios hídricos, a necessidade de proteger o capital natural e de valorizar os serviços ecossistêmicos é cada vez mais reconhecida como fundamental para conter a degradação ambiental (RAYMOND *et al.*, 2017). Da mesma forma, também é fundamental evitar a sobre-exploração dos recursos ambientais de uso comum, promovendo a sustentabilidade e o progresso em direção aos ODS que colocam o bem-estar humano como ponto-chave (FAIVRE *et al.*, 2017).

Quase paralelamente aos ODS, surgiu o conceito de Soluções Baseadas na Natureza, à medida que organizações internacionais buscavam formas de trabalhar com soluções alternativas às intervenções convencionais de engenharia (RIZVI; BAIG; VERDONE, 2015; NESSHÖVER *et al.*, 2017). Dessa forma, iniciaram-se os primeiros projetos inovadores que visavam promover intervenções ambientais utilizando os processos naturais de ecossistemas saudáveis, ou infraestruturas verdes, para enfrentar desafios transversais da atualidade (BERTULE *et al.*, 2014; COHEN-SHACHAM *et al.*, 2016).

As chamadas SBN são intervenções ambientais inspiradas e apoiadas pela natureza que utilizam e simulam processos ecológicos em ecossistemas naturais, modificados ou artificiais, proporcionando cobenefícios ambientais, sociais, econômicos e contribuindo para a resiliência ecossistêmica (RAYMOND *et al.*, 2017; WWAP, 2018). Dessa

maneira, envolvem ações para proteger, manejar, restaurar e recuperar sustentavelmente territórios rurais (KEESSTRA *et al.*, 2018) ou urbanos (BOSCH; SANG, 2017) de forma efetiva e adaptativa (CALLIARI; STACCIONE; MYSIAK, 2019), combinando inovação técnica, comercial, financeira, de governança, regulatória e social (RAYMOND *et al.*, 2017).

Portanto, para a implementação bem-sucedida de uma SBN, é necessária uma profunda compreensão do funcionamento dos processos e fluxos de matéria e energia dos ecossistemas (FERNANDES; GUIOMAR, 2018). Diante disso, medidas estruturais, quando associadas às forças motrizes naturais, exigem menos manutenção, tornando-se mais econômicas, se planejadas e construídas de maneira adequada (MAES; JACOBS, 2017; KEESSTRA *et al.*, 2018). Além disso, tornam-se mais efetivas por um longo período, visto que as forças naturais aumentam a eficiência de todo o sistema, contribuindo para uma economia e sociedade mais sustentável (NESSHÖVER *et al.*, 2017).

Numa evolução metodológica e conceitual, os pesquisadores do campo da gestão ecossistêmica vêm se empenhando sobre as SBN, a fim de trabalhar de forma integrada com os ecossistemas, para se adaptar e mitigar os impactos da mudança climática, conservar a biodiversidade, melhorar a saúde e o bem-estar humano (COHEN-SHACHAM *et al.*, 2016; FINK, 2016). Assim, o potencial para introduzir abordagens baseadas em ecossistemas no planejamento ambiental vem ganhando a atenção de cientistas e formuladores de políticas como estratégia para buscar soluções sustentáveis, principalmente para a melhoria no gerenciamento de recursos hídricos (BERTULE *et al.*, 2014; WWAP, 2018; LAFORTEZZA; SANESI, 2019).

Segundo Rizvi, Baig e Verdone (2015), Cohen-Shacham *et al.* (2016) e FGV-EAESP (2017), tendo por princípios a proposição e a entrega de soluções custo-efetivas e de investimentos normalmente mais baixos, as SBN se caracterizam por:

- Possuírem como fundamentos as normas e princípios da conservação da natureza;
- Terem potencial para serem implementadas individualmente ou de forma integrada com soluções tecnológicas de engenharia;
- Serem determinadas por contextos naturais e culturais específicos do local, que incluem conhecimentos tradicionais e científicos;
- Produzirem benefícios sociais de maneira justa e equitativa, promovendo transparência e ampla participação;

- Promoverem a manutenção da diversidade biológica e cultural, e a capacidade dos ecossistemas de evoluir ao longo do tempo;
- Serem aplicadas na escala local e de unidades de paisagem.

Dessa forma, a custo-efetividade das SBN está associada à produção de cobenefícios que justificam o custo de implementação das ações, que muitas vezes não são considerados em termos econômicos ou em longo prazo (VIANNA, 2010). À vista disso, o valor substancial dos cobenefícios pode ocasionar decisões de investimento que são favoráveis às SBN, quando comparadas às infraestruturas cinzas (de engenharia) (KEESSTRA *et al.*, 2018).

Como alternativa para alcançar os ODS estabelecidos pela ONU, as SBN vêm sendo propostas, a nível mundial, como mecanismo para a gestão integrada dos recursos hídricos, a fim de contribuir para reverter tendências de degradação ambiental dos ecossistemas, uma das principais causas dos problemas relacionados à água em todo o mundo (WWAP, 2018; ZHANG *et al.*, 2019; CALLIARI; STACCIONE; MYSIAK, 2019).

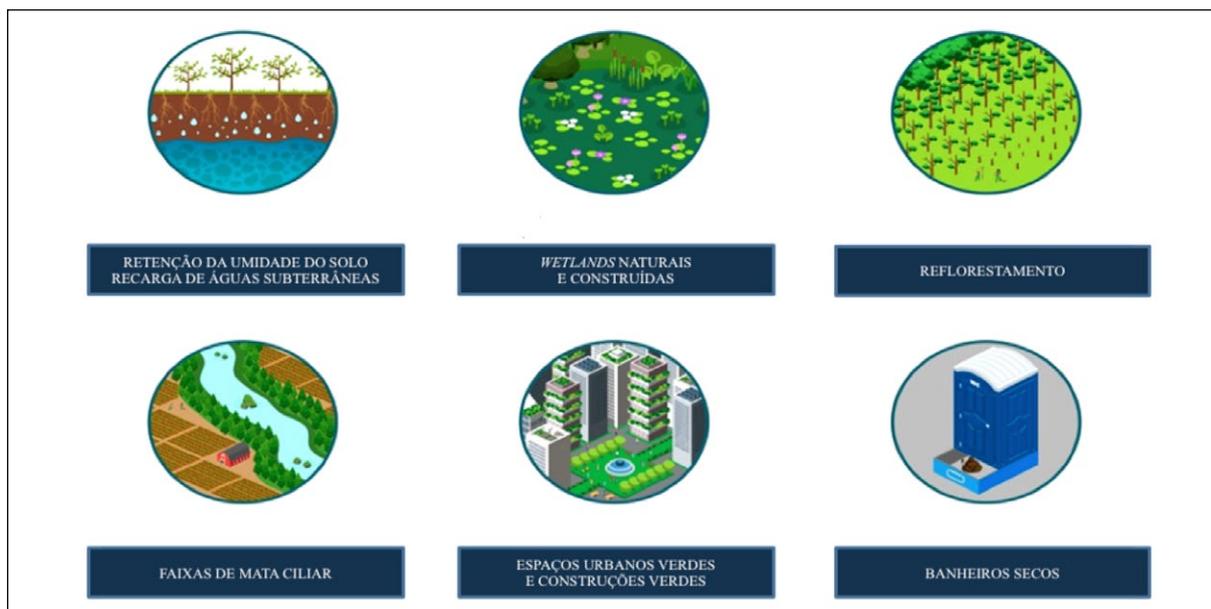
Nesse sentido, as SBN vêm se destacando por utilizar e reproduzir processos ecológicos conduzidos pela vegetação e pelos solos em florestas, pastagens, zonas úmidas, paisagens rurais e urbanas (NESSHÖVER *et al.*, 2017; RAYMOND *et al.*, 2017). A Figura 3 (na página seguinte) apresenta algumas SBN que desempenham função importante na circulação, no armazenamento e na autodepuração de poluentes lançados na água, podendo ser aplicadas em escalas micro (banheiros secos) ou macro (em nível de paisagem).

De acordo com o WWAP (2018), as SBN apresentam um alto potencial de contribuição para o alcance da maior parte das metas do ODS 6, o que se traduz em impactos positivos diretos e essenciais a outros objetivos e metas. Consequentemente, a água pode ser considerada um elemento integrador dos demais objetivos da Agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável (SEIFOLLAHI-AGHMIUNI; NOCKRACH; KALANTARI, 2019).

Em relação às contribuições aos outros ODS, destacam-se: ODS 2, principalmente a Meta 2.4 (segurança hídrica para atender a agricultura sustentável); ODS 3 (vidas saudáveis); ODS 9 (construção de uma infraestrutura resiliente relacionada à água); ODS 11 (assentamentos urbanos sustentáveis e redução do risco de desastres); e ODS 13 (mudança

climática). Os cobenefícios das SBN são significativos para os ODS relativos aos ecossistemas e ao meio ambiente, principalmente: ODS 14 (redução das pressões associadas ao uso do solo em áreas costeiras e oceanos) e ODS 15 (proteção dos ecossistemas e da biodiversidade) (FAIVRE *et al.*, 2017; WWAP, 2018).

Figura 3 – Soluções Baseadas na Natureza



Fonte: Adaptado de WWAP (2018)

3.2 Soluções baseadas na natureza e gestão sustentável de recursos hídricos

De acordo com o relatório do WWAP, os atuais mecanismos da gestão de recursos hídricos, como estações de tratamento de água e esgoto, adutoras, sistemas de distribuição, encanamentos, cisternas, canais, reservatórios, diques, transposições de rios, entre outros, não são suficientes para solucionar os problemas relacionados à água (WWAP, 2018). Tendo isso em vista, as SBN incluem as infraestruturas verdes que, por sua vez, podem substituir, incrementar ou atuar em conjunto com as tradicionais infraestruturas cinzas predominantes no atual modelo de gestão das águas (COHEN-SHACHAM *et al.*, 2016; DAVIES; LAFORTEZZA, 2019).

As SBN essenciais para responder aos principais desafios contemporâneos relativos à gestão integrada de recursos hídricos podem ser classificadas em três categorias: i) SBN para melhorar a disponibilidade da água; ii) SBN para melhorar a qualidade da água; e iii) SBN para reduzir os riscos de eventos climáticos extremos relacionados à água (WWAP, 2018; ALBERT *et al.*, 2019; ZHANG *et al.*, 2019). Os principais tipos

de SBN encontrados na presente revisão de literatura são apresentados no Quadro 1.

Quadro 1 – Soluções Baseadas na Natureza para a conservação e a gestão dos recursos hídricos

Tipos de SBN	Funções ecossistêmicas		
	Melhorar a disponibilidade hídrica	Melhorar a qualidade hídrica	Reduzir os riscos de eventos climáticos extremos
Reflorestamento e matas ciliares	X	X	X
SAFs e agricultura sustentável	X	X	
Wetlands naturais e planícies	X	X	X
Wetlands construídas		X	
Banheiros secos e FSB		X	
Espaços e construções verdes	X	X	X

Fonte: BERTULE *et al.* (2014); WWAP (2018)

Conforme ilustrado no Quadro 1, as SBN para melhorar a disponibilidade hídrica em bacias hidrográficas incluem a otimização e o restabelecimento de elementos do ciclo da água, através da precipitação, da infiltração e do armazenamento da água no solo, reduzindo o escoamento superficial (KRAUZE; WAGNER, 2019). Dessa forma, as SBN com aplicabilidade nas zonas rurais são o reflorestamento e as matas ciliares, os sistemas agroflorestais (SAFs) e a agricultura sustentável, as áreas úmidas (*wetlands* naturais) e as planícies de inundação. Nas áreas urbanas, destacam-se os espaços verdes (parques urbanos) e as construções verdes (telhados e bacias de infiltração) (BERTULE *et al.*, 2014; COHEN-SHACHAM *et al.*, 2016; WWAP, 2018).

As atividades de reflorestamento, implementação de matas ciliares, SAFs e agricultura sustentável estão focadas na reabilitação e na conservação dos serviços ecossistêmicos, de modo a retardar o escoamento superficial e a erosão, favorecendo maiores taxas de infiltração (KEESSTRA *et al.*, 2018; FERNANDES; GUIOMAR, 2018; MOUSTAKAS; DALIAKOPOULOS; BENTON, 2019). Assim, a vegetação exerce papel fundamental na regulação da quantidade da água, possibilita a polinização de sistemas agrícolas próximos e contribui para a preservação da biodiversidade (BERTULE *et al.*, 2014).

As *wetlands* naturais e as planícies de inundação armazenam grande quantidade de água nos ecossistemas, protegem ambientes estuarinos, melhoram a umidade do solo e permitem uma recarga mais eficiente das águas subterrâneas, podendo ser, inclusive, mais sustentáveis e custo-efetivas do que as infraestruturas cinzas, ao mesmo tempo em que oferecem uma ampla variedade de benefícios socioeconômicos (THORSLUND *et al.*, 2017; FERNANDES; GUIOMAR, 2018).

Os parques urbanos, os telhados verdes e as bacias de infiltração podem controlar e reduzir o escoamento das águas pluviais em centros urbanos, sendo mais eficientes quando combinados aos sistemas de drenagem ou a superfícies permeáveis (XING; JONES; DONNISON, 2017; KRAUZE; WAGNER, 2019). Além disso, podem criar novos ecossistemas, apoiando a resiliência urbana e influenciando positivamente a biodiversidade local (KABISCH *et al.*, 2016).

O Quadro 1 também revela que todas as SBN identificadas na pesquisa exercem função importante na melhoria da qualidade da água. Além das SBN mencionadas anteriormente, destacam-se as *wetlands*

construídas, os banheiros secos e as fossas sépticas biodigestoras (FSB) (BERTULE *et al.*, 2014; COHEN-SHACHAM *et al.*, 2016; WWAP, 2018).

A proteção de bacias hidrográficas, através do reflorestamento e das faixas de matas ciliares, regula a qualidade da água por meio da estabilização das margens, da redução da erosão e do assoreamento, da redução da carga de sedimentos vindos das encostas, da captura e retenção de poluentes e da ciclagem de nutrientes (KEESSTRA *et al.*, 2018; FERNANDES; GUIOMAR, 2018). Essas SBN podem reduzir os gastos com o tratamento de água para abastecimento urbano e contribuir para um melhor acesso a água potável em comunidades rurais (WWAP, 2018).

Os SAFs e a agricultura sustentável, por sua vez, incorporam práticas conservacionistas que possuem a capacidade de equilibrar a concentração de nutrientes dos solos, diminuindo a demanda por fertilizantes e reduzindo o escoamento superficial de substâncias responsáveis pela eutrofização de corpos hídricos superficiais e subterrâneos (MAES; JACOBS, 2017; KEESSTRA *et al.*, 2018).

O manejo adequado de *wetlands* naturais e planícies de inundação é capaz de reduzir a poluição proveniente do escoamento superficial e auxiliar significativamente no tratamento das águas residuais nos centros urbanos (THORSLUND *et al.*, 2017; ALBERT *et al.*, 2019). Os parques urbanos, os telhados verdes e as bacias de infiltração também podem reter poluentes do escoamento das águas pluviais, facilitando a infiltração da água (XING; JONES; DONNISON, 2017; LAFORTEZZA *et al.*, 2018).

Já as *wetlands* construídas são estruturas artificiais custo-efetivas que simulam processos hidrológicos de *wetlands* naturais, através de raízes de macrófitas aquáticas que têm a capacidade de biodegradação e imobilização de uma série de poluentes (FERNANDES; GUIOMAR, 2018; KRAUZE; WAGNER, 2019). Dessa forma, apresentam-se como complemento ou substitutas para as estações de tratamento de efluentes domésticos convencionais, fornecendo efluentes de qualidade adequada para vários usos que não sejam o consumo humano, com desempenho superior ao das infraestruturas cinzas, excetuando-se o tratamento de efluentes industriais, dependendo da carga e do tipo de poluente (BERTULE *et al.*, 2014; WWAP, 2018).

Os banheiros secos são estruturas compostas pela bacia sanitária sem descarga e com uma câmara para armazenamento, desidratação e compostagem das fezes, urina e material secante (FUNASA, 2018).

Essas SBN podem ser implementadas com o intuito de evitar o lançamento de dejetos *in natura* nas redes de drenagem pluvial ou em rios (WWAP, 2018). Alternativamente, as FSB são constituídas por três caixas coletoras enterradas no solo e interligadas por tubos. É necessário realizar a manutenção do sistema através da adição de uma mistura de água e esterco bovino, que fornece as bactérias que estimulam a biodigestão dos dejetos (FUNASA, 2018). Após o processo de tratamento, o efluente gerado pode ser utilizado no solo como biofertilizante para fins relacionados à agricultura (EMBRAPA, 2014).

No tocante à redução de riscos de eventos climáticos extremos relacionados à água, destacam-se as *wetlands* naturais e as planícies de inundação, as matas ciliares, os parques urbanos, os telhados verdes e as bacias de infiltração (BERTULE *et al.*, 2014; COHEN-SHACHAM *et al.*, 2016; WWAP, 2018). É importante destacar que, para reduzir os efeitos dos períodos de escassez hídrica, empregam-se basicamente as mesmas SBN associadas às funções de disponibilidade hídrica, cujo objetivo é melhorar a capacidade de armazenamento de água nas paisagens, solos e lençóis freáticos (WWAP, 2018; KEESSTRA *et al.*, 2018).

As *wetlands* naturais e as planícies de inundação são capazes de armazenar grandes quantidades de água e liberá-las lentamente, desempenhando papel importante na regulação natural da água durante períodos de secas e inundações (COHEN-SHACHAM *et al.*, 2016; NESSHÖVER *et al.*, 2017). Da mesma forma, contribuem para a prevenção de enchentes, retardando a velocidade do escoamento superficial e convergindo as águas para suas várzeas (GUERRERO; HAASE; ALBERT, 2018). As matas ciliares também absorvem o excesso de água, contribuindo para a redução de danos causados pelas inundações a jusante (ALBERT *et al.*, 2019). Todas as SBN descritas possuem como característica comum a capacidade de interceptar a água da chuva, bem como de aprisionar os sedimentos por meio da vegetação e, portanto, mitigam os riscos durante um evento de precipitação intensa (BERTULE *et al.*, 2014; NESSHÖVER *et al.*, 2017).

Entretanto, as infraestruturas cinzas empregadas em bacias hidrográficas, tais como diques e represas, são amplamente utilizadas em todo o mundo como medidas estruturais de proteção contra eventos hidrológicos extremos, mesmo fornecendo proteção incompleta (COHEN-SHACHAM *et al.*, 2016; WWAP,

2018). Por outro lado, medidas não estruturais, como *wetlands* naturais, planícies de inundação e matas ciliares, ainda são limitadas em extensão ou inexistentes devido ao fato de serem mal manejadas ou, até mesmo, aterradas em áreas urbanas (GUERRERO; HAASE; ALBERT, 2018).

Os parques urbanos, os telhados verdes e as bacias de infiltração possuem função peculiar na redução do risco de inundações nas cidades, através da redução do fluxo de escoamento superficial e do armazenamento das águas pluviais no solo (XING; JONES; DONNISON, 2017; LAFORTEZZA *et al.*, 2018; ZWIERZCHOWSKA *et al.*, 2019). Os cobenefícios adicionais dessas SBN incluem o seu valor estético com impacto positivo na saúde e no bem-estar humano, o combate às ilhas de calor, a economia de energia, a redução de poluentes atmosféricos, a melhoria na qualidade do ar, a mitigação nas mudanças climáticas, a redução da poluição sonora e a conservação da biodiversidade local (KABISCH *et al.*, 2016; BOSCH; SANG, 2017; ZWIERZCHOWSKA *et al.*, 2019).

Segundo o WWAP (2018), as SBN representam menos de 1% do investimento total em infraestrutura para a gestão dos recursos hídricos no mundo. A ONU afirma que o potencial de emprego das SBN encontra-se subutilizado face ao predomínio das tecnologias cinzas e que há a necessidade de aumentar a eficiência e reduzir os custos de implementação de soluções, adotando combinações entre as infraestruturas verdes e cinzas (WWAP, 2018; ZHANG *et al.*, 2019). Postula, ainda, que a segurança hídrica sustentável não será alcançada sem que sejam aplicadas soluções inovadoras e que as SBN são um meio essencial de ir além das abordagens convencionais, incorporando a natureza na tomada de decisões (COHEN-SHACHAM *et al.*, 2016; WWAP, 2018; GUERRERO; HAASE; ALBERT, 2018).

Consequentemente, o desenvolvimento e a aplicação das SBN se tornam um desafio em todos os setores e nos âmbitos mundial, regional e local, principalmente em razão da inércia histórica associada ao predomínio contínuo das infraestruturas cinzas nos códigos e normas de construção (DAVIES; LAFORTEZZA, 2019; ZHANG *et al.*, 2019). Além disso, existe a necessidade de uma melhor compreensão, por parte dos formuladores de políticas nacionais, sobre como as SBN podem oferecer benefícios no contexto da gestão das águas, ou mesmo sobre como utilizá-las em conjunto com as tecnologias cinzas (WWAP, 2018; DAVIES; LAFORTEZZA, 2019). Isso pode ser agravado

pela falta de iniciativas em pesquisa e desenvolvimento em termos de experiências atuais com o uso de SBN (LAFORTEZZA; SANESI, 2019), principalmente relacionadas ao seu desempenho hidrológico, assim como de análises de custo-benefício, em comparação ou quando integradas às soluções cinzas (FAIVRE *et al.*, 2017; ALBERT *et al.*, 2019).

A implementação de uma SBN pode exigir a cooperação entre as várias instituições interessadas, o que representa um desafio (RAYMOND *et al.*, 2017; FERNANDES; GUIOMAR, 2018). Entretanto, o seu desenvolvimento e aplicação não necessariamente envolvem recursos financeiros adicionais, somente o redirecionamento ou o uso mais efetivo dos financiamentos já existentes (WWAP, 2018). Dessa maneira, esquemas de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) podem oferecer incentivos monetários e não monetários para comunidades, fazendeiros e proprietários rurais para que protejam, restaurem e conservem os ecossistemas naturais e adotem práticas conservacionistas (GRIMA *et al.*, 2016; NESSHÖVER *et al.*, 2017).

Apesar dos desafios relativos à implementação, as ações integradas de preservação, conservação e recuperação ambiental geram benefícios para os usuários de água a jusante, na regulação hídrica, no controle de erosão, de sedimentos e de inundações (MAES; JACOBS, 2017; KEESSTRA *et al.*, 2018). Portanto, contribuem na redução de custos de manutenção dos equipamentos e no tratamento da água, promovendo o uso sustentável dos recursos naturais e melhoria nas condições socioambientais (WWAP, 2018).

4 Conclusões

O aumento no número de artigos publicados sobre o tema SBN, ao longo dos últimos cinco anos, confirma uma evolução no que diz respeito ao interesse em pesquisas no âmbito da gestão ecossistêmica, com vistas ao manejo sustentável dos recursos naturais.

A revisão de literatura demonstra que, apesar do desafio de superação do predomínio de tecnologias cinzas nas atuais intervenções ambientais, as SBN estão mais alinhadas aos ODS da Agenda 2030 da ONU e oferecem oportunidades para além das abordagens convencionais relativas à gestão de recursos hídricos. Dessa forma, tais práticas podem proporcionar cobenefícios em relação à conservação e à gestão integrada das águas, principalmente no tocante ao aumento da disponibilidade e à melhoria

da qualidade hídrica, ao mesmo tempo reduzindo os riscos de eventos climatológicos extremos.

Ressalta-se, ainda, a necessidade de empregar estratégias transformadoras que reconheçam os papéis dos ecossistemas na prestação de serviços relativos à gestão das águas e de que isso se traduza em políticas aplicáveis em termos práticos, sobretudo em âmbito local. De maneira a melhorar a oferta de serviços ecossistêmicos, as SBN podem estimular práticas conservacionistas via PSA, como opção inovadora de financiamento.

Além disso, uma vez que a implementação de medidas estruturais representa elevação nos custos das intervenções, as SBN podem atuar de forma a complementar as soluções cinzas, reduzindo os gastos e aumentando o desempenho de todo o sistema. Sendo assim, torna-se essencial promover o conceito de SBN em todos os setores da sociedade, a fim de potencializar o seu uso como estratégia fundamental nas tomadas de decisão relativas à gestão integrada dos recursos hídricos brasileiros.

REFERÊNCIAS

- ALBERT, C.; SCHRÖTER, B.; HAASE, D.; BRILLINGER, M.; HENZE, J.; HERRMANN, S.; GOTTWALD, S.; GUERRERO, P.; NICOLAS, C.; MATZDORF, B. Addressing societal challenges through nature-based solutions: How can landscape planning and governance research contribute?. **Landscape and Urban Planning**, v. 182, p. 12-21, 2019. DOI: 10.1016/j.landurbplan.2018.10.003. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169204618310715>. Acesso em: 21 out. 2019.
- BERTULE, M.; LLOYD, G. J.; KORSGAARD, L.; DALTON, J.; WELLING, R.; BARCHIESI, S.; SMITH, M.; OPPERMAN, J.; GRAY, E.; GARTNER, T.; MULLIGAN, J. **Green Infrastructure Guide for Water Management: Ecosystem-based management approaches for water-related infrastructure projects**. Nairobi: United Nations Environment Programme, 2014. Disponível em: <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2014-026.pdf>. Acesso em: 21 out. 2019.
- BOSCH, M. V. D.; SANG, O. Urban natural environments as nature-based solutions for improved public health – a systematic review of reviews. **Environmental Research**, v. 158, p. 373-384, 2017. DOI: 10.1016/j.envres.2017.05.040. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0013935117310241>. Acesso em: 21 out. 2019.

- BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos [...]. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, ano 135, n. 6, p. 470-474, 9 jan. 1997. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm. Acesso em: 21 set. 2019.
- BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento – SNS. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento**: 24º Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2018. Brasília, DF: SNS/MDR, 2019. Disponível em: http://www.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/ae/2018/Diagnostico_AE2018.pdf. Acesso em: 21 set. 2019.
- CAIADO, R.; OSVALDO, L. G. Q.; LEAL FILHO, W.; NASCIMENTO, D. A literature-based review on potentials and constraints in the implementation of the sustainable development goals. **Journal of Cleaner Production**, v. 198, p. 1276-1288, 2018. DOI: 10.1016/j.jclepro.2018.07.102. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652618320754>. Acesso em: 21 set. 2019.
- CALLIARI, E.; STACCIONE, A.; MYSIAK, J. An assessment framework for climate-proof nature-based solutions. **Science of the Total Environment**, v. 656, p. 691-700, 2019. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2018.11.341. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969718346977>. Acesso em: 21 out. 2019.
- COHEN-SHACHAM, E.; WALTERS, G.; JANZEN, C.; MAGINNIS, S. (ed.). **Nature-based Solutions to address global societal challenges**. Gland, Switzerland: IUCN, 2016. p. 1-114. DOI: 10.2305/IUCN.CH.2016.13.en. Disponível em: <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2016-036.pdf>. Acesso em: 21 set. 2019.
- COSTANZA, R.; ARGE, R.; DE GROOT, R.; FARBER, S.; GRASSO, M.; HANNON, B.; LIMBURG, K.; NAEEM, S.; NEILL, R.; PARUELO, J.; RASKIN, R.; SUTTON, P.; BELT, M. V. D. The value of the world's ecosystem services and natural capital. **Nature**, v. 387, n. 6630, p. 253-260, 1997. DOI: 10.1038/387253a0. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/387253a0>. Acesso em: 21 set. 2019.
- DAVIDSON-HUNT, L. J.; TURNER, K. L.; MEAD, A. T. P.; CABRERA-LOPEZ, J.; BOLTON, R.; IDROBO, C. J.; MIRETSKI, I.; MORRISON, A.; ROBSON, J. P. Biocultural design: a new conceptual framework for sustainable development in rural indigenous and local communities. **SAPIENS. Surveys and Perspectives Integrating Environment and Society**, v. 5, n. 2, 2012. ISSN: 19933800. Disponível em: <https://journals.openedition.org/sapiens/1382>. Acesso em: 21 set. 2019.
- DAVIES, C.; LAFORTEZZA, R. Transitional path to the adoption of nature-based solutions. **Land Use Policy**, v. 80, p. 406-409, 2019. DOI: 10.1016/j.landusepol.2018.09.020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S026483771830872X>. Acesso em: 21 out. 2019.
- DE GROOT, R. S.; WILSON, M.; BOUMANS, R. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. **Ecological Economics**, v. 41, n. 3, p. 393-408, 2002. DOI: 10.1016/S0921-8009(02)00089-7. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921800902000897>. Acesso em: 21 set. 2019.
- EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Como montar e usar a fossa séptica modelo Embrapa**: cartilhas adaptadas ao letramento do produtor. Brasília, DF: Embrapa, 2014. ISBN: 978-85-7035-397-9. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/116734/1/Cnpgl-2014-Cartilha-Fossa-Septica-completa.pdf>. Acesso em: 21 out. 2019.
- FAIVRE, N.; FRITZ, M.; FREITAS, T.; BOISSEZON, B.; VANDEWOESTIJNE, S. Nature-Based Solutions in the EU: Innovating with nature to address social, economic and environmental challenges. **Environmental Research**, v. 159, p. 509-518, 2017. DOI: 10.1016/j.envres.2017.08.032. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0013935117316080>. Acesso em: 21 out. 2019.
- FERNANDES, J. P.; GUIOMAR, N. Nature based solutions: The need to increase the knowledge on their potentialities and limits. **Land Degradation & Development**, v. 29, n. 6, p. 1925-1939, 2018. DOI: 10.1002/ldr.2935. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/ldr.2935>. Acesso em: 21 out. 2019.
- FGV-EAESP – FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS. Soluções Baseadas na Natureza. **Revista Página22**, São Paulo: FGV-EAESP, dez. 2017. Disponível em: http://www.p22on.com.br/wp-content/uploads/2017/12/P22ON_DEZEMBRO-2017-edfinal.pdf. Acesso em: 21 set. 2019.
- FINK, H. S. Human-nature for climate action: Nature-based solutions for urban sustainability. **Sustainability**, v. 8, n. 3, p. 254, 2016. DOI: 10.3390/su8030254. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/8/3/254/htm>. Acesso em: 21 out. 2019.

FUNASA – FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE.

CataloSan: Catálogo de soluções sustentáveis de saneamento – gestão de efluentes domésticos. Campo Grande: UFMS, 2018. ISBN: **978-85-63202-07-9**. Disponível em: <http://www.funasa.gov.br/documents/20182/39040/CATALOSAN.pdf/ab32c6fc-c7ee-406f-b2cd-7eba51467453>. Acesso em: 21 out. 2019.

GRIMA, N.; SIMRON, S. J.; SMETSCHKA, B.; RINGHOFERET, L. Payment for Ecosystem Services (PES) in Latin America: Analysing the performance of 40 case studies. **Ecosystem Services**, v. 17, p. 24-32, 2016. DOI: 10.1016/j.ecoser.2015.11.010. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2212041615300607>. Acesso em: 21 set. 2019.

GUERRERO, P.; HAASE, D.; ALBERT, C. Locating spatial opportunities for nature-based solutions: a river landscape application. **Water**, v. 10, n. 12, p. 1869, 2018. DOI: 10.3390/w10121869. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4441/10/12/1869/htm>. Acesso em: 21 out. 2019.

IMPERIAL, M. T. Institutional analysis and ecosystem-based management: the institutional analysis and development framework. **Environmental Management**, v. 24, n. 4, p. 449-465, 1999. DOI: 10.1007/s002679900246. Disponível em: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s002679900246.pdf>. Acesso em: 21 set. 2019.

IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Cadernos ODS**: ODS 6 – Assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todas e todos. Brasília, DF: IPEA, 2019. Disponível em: https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/livros/livros/190524_cadernos_ODS_objetivo_6.pdf. Acesso em: 21 set. 2019.

IUCN – INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE. **The IUCN programme 2013-2016** – Adopted by the IUCN World Conservation Congress. Gland, Switzerland: IUCN, 2012. Disponível em: <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/WCC-5th-003.pdf>. Acesso em: 21 set. 2019.

KABISCH, N.; FRANTZESKAKI, N.; PAULEIT, S.; NAUMANN, S.; DAVIS, M.; ARTMANN, M.; HAASE, D.; KNAPP, S.; KORN, H.; STADLER, J.; ZAUNBERGER, K.; BONN, A. Nature-based solutions to climate change mitigation and adaptation in urban areas: perspectives on indicators, knowledge gaps, barriers, and opportunities for action. **Ecology and Society**, v. 21, n. 2, p. 39, 2016. DOI: 10.5751/ES-08373-210239.

Disponível em: <https://www.ecologyandsociety.org/vol21/iss2/art39/>. Acesso em: 21 out. 2019.

KEESSTRA, S.; NUNES, J.; NOVARA, A.; FINGER, D.; AVELAR, D.; KALANTARI, Z.; CERDÀ, A. The superior effect of nature based solutions in land management for enhancing ecosystem services. **Science of the Total Environment**, v. 610-611, pp. 997-1009, 2018. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2017.08.077. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969717320752>. Acesso em: 21 out. 2019.

KRAUZE, K.; WAGNER, I. From classical water-ecosystem theories to nature-based solutions – Contextualizing nature-based solutions for sustainable city. **Science of the Total Environment**, v. 655, p. 697-706, 2019. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2018.11.187. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004896971834542X>. Acesso em: 21 out. 2019.

LAFORTEZZA, R.; CHEN, J.; BOSCH, C. K. V. D.; RANDRUP, T. B. Nature-based solutions for resilient landscapes and cities. **Environmental Research**, v. 165, p. 431-441, 2018. DOI: 10.1016/j.envres.2017.11.038. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0013935117317115>. Acesso em: 21 out. 2019.

LAFORTEZZA, R.; SANESI, G. Nature-based solutions: Settling the issue of sustainable urbanization. **Environmental Research**, v. 172, p. 394-398, 2019. DOI: 10.1016/j.envres.2018.12.063. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0013935118306984>. Acesso em: 21 out. 2019.

LUKAC, M. Introduction: The role of soil biodiversity in ecosystem productivity and resilience. In: LUKAC, M.; GRENNI, P.; GAMBONI, M. (ed.). **Soil Biological Communities and Ecosystem Resilience**. Cham, Switzerland: Springer, 2017. p. 1-7. DOI: 10.1007/978-3-319-63336-7_1. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-63336-7_1. Acesso em: 21 set. 2019.

MAES, J.; JACOBS, S. Nature based solutions for Europe's sustainable development. **Conservation Letters**, v. 10, n. 1, p. 121-124, 2017. DOI: 10.1111/conl.12216. Disponível em: <https://conbio.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/conl.12216>. Acesso em: 21 out. 2019.

MAGALHÃES JÚNIOR, A. P. **Indicadores ambientais e recursos hídricos**: realidade e perspectivas para o Brasil a partir da experiência francesa. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007.

MARZEC, R. P. Securing the future in the anthropocene: A critical analysis of the millennium ecosystem assessment scenarios. **Elementa: Science of the Anthropocene**, v. 6, n. 1, p. 42, 2018. DOI: 10.1525/elementa.294. Disponível em: <https://www.elementascience.org/article/10.1525/elementa.294/>. Acesso em: 21 set. 2019.

MOUSTAKAS, A.; DALIAKOPOULOS, I. N.; BENTON, T. G. Data-driven competitive facilitative tree interactions and their implications on nature-based solutions. **Science of the Total Environment**, v. 651, parte 2, p. 2269-2280, 2019. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2018.09.349. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004896971833818X>. Acesso em: 21 out. 2019.

NESSHÖVER, C.; ASSMUTH, T.; IRVINE, K. N.; RUSCH, G. M.; WAYLEN, K. A.; DELBAERE, B.; HAASE, D.; JONES-WALTERS, L.; KEUNE, H.; KOVACS, E.; KRAUZE, K.; KÜLVIK, M.; REY, F.; VAN DIJK, J.; VISTAD, O. I.; WILKINSON, M. E.; WITTMER, H. The science, policy and practice of nature-based solutions: An interdisciplinary perspective. **Science of the Total Environment**, v. 579, p. 1215-1227, 2017. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2016.11.106. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969716325578>. Acesso em: 21 set. 2019.

RAYMOND, C. M.; FRANTZESKAKI, N.; KABISCH, N.; BERRY, P.; BREIL, M.; NITA, M. R.; GENELETTI, D.; CALFAPIETRA, C. A framework for assessing and implementing the co-benefits of nature-based solutions in urban areas. **Environmental Science & Policy**, v. 77, p. 15-24, 2017. DOI: 10.1016/j.envsci.2017.07.008. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1462901117306317>. Acesso em: 21 set. 2019.

RIZVI, A. R.; BAIG, S.; VERDONE, M. **Ecosystems based adaptation: knowledge gaps in making an economic case for investing in nature based solutions for climate change**. Gland, Switzerland: IUCN, 2015. Disponível em: <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2015-008.pdf>. Acesso em: 21 set. 2019.

ROVA, S.; PRANOVI, F. Analysis and management of multiple ecosystem services within a social-ecological context. **Ecological indicators**, v. 72, p. 436-443, 2017. DOI: 10.1016/j.ecolind.2016.07.050. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1470160X16304587>. Acesso em: 21 set. 2019.

SCHÄFER, R. B. Biodiversity, ecosystem functions and services in environmental risk assessment: Introduction to the special issue. **Science of the Total Environment**, v. 415, p. 1-2, 2012. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2011.08.012.

Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969711008369>. Acesso em: 21 set. 2019.

SEIFOLLAHI-AGHMIUNI, S.; NOCKRACH, M.; KALANTARI, Z. The potential of wetlands in achieving the sustainable development goals of the 2030 Agenda. **Water**, v. 11, n. 3, p. 609, 2019. DOI: 10.3390/w11030609. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4441/11/3/609/htm>. Acesso em: 21 out. 2019.

STÖBERL, A. P. M.; DIAZ, L. T.; GADDA, T. M. C.; VELLOZO, L. D. Trajetória do conceito Soluções Baseadas na Natureza e a relação com o Brasil: uma análise bibliográfica. In: ENCONTRO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM PLANEJAMENTO URBANO E REGIONAL, 18., 2019, Natal, RN. **Anais** [...]. Natal: UFRN, 2019. ISSN: 1984-8781. Disponível em: <http://anpur.org.br/xviiienanpur/anaisadmin/capapdf.php?reqid=1304>. Acesso em: 21 set. 2019.

THORSLUND, J.; JARSJÖ, J.; JARAMILLO, F.; JAWITZ, J. W.; MANZONI, S.; BASU, N. B.; CHALOV, S. R.; COHEN, M. J.; CREED, I. F.; GOLDENBERG, R.; HYLIN, A.; KALANTARI, Z.; KOUSSIS, A. D.; LYON, S. W.; MAZI, K.; MARD, J.; PERSSON, K.; PIETRON, J.; PRIETO, C.; QUIN, A.; VAN METER, K.; DESTOUNI, G. Wetlands as large-scale nature-based solutions: Status and challenges for research, engineering and management. **Ecological Engineering**, v. 108, parte B, p. 489-497, 2017. DOI: 10.1016/j.ecoleng.2017.07.012. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925857417304093>. Acesso em: 21 out. 2019.

TUNDISI, J. G. Novas perspectivas para a gestão de recursos hídricos. **Revista USP**, n. 70, p. 24-35, 2006. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/revusp/article/view/13529/15347>. Acesso em: 21 set. 2019.

TUNDISI, J. G. Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções. **Estudos Avançados**, v. 22, n. 63, p. 7-16, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/ea/v22n63/v22n63a02.pdf>. Acesso em: 21 set. 2019.

UN – UNITED NATIONS. **Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development**. General Assembly 70th session. New York: UN, 2015a. Disponível em: https://www.un.org/en/development/desa/population/migration/generalassembly/docs/globalcompact/A_RES_70_1_E.pdf. Acesso em: 21 set. 2019.

UN – UNITED NATIONS. Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). **Adoption of the Paris agreement**. Geneva: United Nations Office, 2015b. Disponível em: <https://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/l09.pdf>. Acesso em: 21 set. 2019.

VIANNA, D. Há relação entre custo-efetividade de acordo com diferentes metas? **Revista Brasileira de Hipertensão**, v. 17, n. 3, p. 182-185, 2010. Disponível em: <http://departamentos.cardiol.br/dha/revista/17-3/12-relacao.pdf>. Acesso em: 21 set. 2019.

WWAP – UNITED NATIONS WORLD WATER ASSESSMENT PROGRAMME. **The United Nations World Water Development Report 2018: Nature-based solutions for water**. Paris: UNESCO, 2018. ISBN: 978-92-3-100264-9. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000261424>. Acesso em: 21 set. 2019.

XING, Y.; JONES, P.; DONNISON, I. Characterisation of nature-based solutions for the built environment. **Sustainability**, v. 9, n. 1, p. 149, 2017. DOI: 10.3390/su9010149. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/9/1/149/htm>. Acesso em: 21 out. 2019.

ZHANG, J.; ZHANG, C.; SHI, W.; FU, Y. Quantitative evaluation and optimized utilization of water resources-water environment carrying capacity based on nature-based solutions. **Journal of Hydrology**, v. 568, p. 96-107, 2019. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2018.10.059. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022169418308308>. Acesso em: 21 out. 2019.

ZWIERZCHOWSKA, I.; FAGIEWICZ, K.; PONIZY, L.; LUPA, P.; MIZGAJSKI, A. Introducing nature-based solutions into urban policy – facts and gaps. Case study of Poznań. **Land Use Policy**, v. 85, p. 161-175, 2019. DOI: 10.1016/j.landusepol.2019.03.025. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0264837718313383>. Acesso em: 21 set. 2019.

APÊNDICE

Apêndice A – Artigos científicos utilizados na revisão de literatura.

Referências	Título	Revista
Albert <i>et al.</i> (2019)	Addressing societal challenges through nature-based solutions: How can landscape planning and governance research contribute?	Landscape and Urban Planning
Bosch e Sang (2017)	Urban natural environments as nature-based solutions for improved public health – a systematic review of reviews	Environmental Research
Calliari; Staccione; Mysiak (2019)	An assessment framework for climate-proof nature-based solutions	Science of the Total Environment
Davies e Laforteza (2019)	Transitional path to the adoption of nature-based solutions	Land Use Policy
Faivre <i>et al.</i> (2017)	Nature-Based Solutions in the EU: Innovating with nature to address social, economic and environmental challenges	Environmental Research
Fernandes e Guiomar (2018)	Nature-based solutions: The need to increase the knowledge on their potentialities and limits	Land Degradation & Development
Fink (2016)	Human-nature for climate action: Nature-based solutions for urban sustainability	Sustainability
Guerrero; Haase; Albert (2018)	Locating spatial opportunities for Nature-Based Solutions: A river landscape application	Water
Kabisch <i>et al.</i> (2016)	Nature-based solutions to climate change mitigation and adaptation in urban areas: Perspectives on indicators, knowledge gaps, barriers, and opportunities for action	Ecology and Society
Keesstra <i>et al.</i> (2018)	The superior effect of nature based solutions in land management for enhancing ecosystem services	Science of the Total Environment
Krauze e Wagner (2019)	From classical water-ecosystem theories to nature-based solutions – Contextualizing nature-based solutions for sustainable city	Science of the Total Environment
Laforteza e Sanesi (2019)	Nature-based solutions: Settling the issue of sustainable urbanization	Environmental Research
Laforteza <i>et al.</i> (2018)	Nature-based solutions for resilient landscapes and cities	Environmental Research
Maes e Jacobs (2017)	Nature-based solutions for Europe's sustainable development	Conservation Letters
Moustakas; Daliakopoulos; Benton (2019)	Data-driven competitive facilitative tree interactions and their implications on nature-based solutions	Science of the Total Environment
Nesshöver <i>et al.</i> (2017)	The science, policy and practice of nature-based solutions: An interdisciplinary perspective	Science of the Total Environment
Raymond <i>et al.</i> (2017)	A framework for assessing and implementing the co-benefits of nature-based solutions in urban areas	Environmental Science & Policy
Thorslund <i>et al.</i> (2017)	Wetlands as large-scale nature-based solutions: Status and challenges for research, engineering and management	Ecological Engineering
Xing; Jones; Donnison (2017)	Characterisation of nature-based solutions for the built environment	Sustainability
Zhang <i>et al.</i> (2019)	Quantitative evaluation and optimized utilization of water resources-water environment carrying capacity based on nature-based solutions	Journal of Hydrology
Zwierzchowska <i>et al.</i> (2019)	Introducing nature-based solutions into urban policy – facts and gaps. Case study of Poznań	Land Use Policy

Fonte: Dados da pesquisa