ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>

Gestão de recursos hídricos e manejo de bacias hidrográficas no Brasil: elementos básicos, histórico e estratégias

Fabio Leandro da Silva¹, Ângela Terumi Fushita², Marcela Bianchessi da Cunha-Santino³, Irineu Bianchini Júnior⁴, José Carlos Toledo Veneziani Júnior⁵

¹ Bacharel em Gestão e Análise Ambiental pela Universidade Federal de São Carlos, Mestre em Ciências da Engenharia Ambiental, Doutorando em Ecologia e Recursos Naturais na Universidade Federal de São Carlos. fabioleandro@alumni.usp.br. ² Bióloga pela Universidade Federal de São Carlos, Mestre em Ecologia e Recursos Naturais, Doutora em Ecologia e Recursos Naturais. Professora Adjunto A, Universidade Federal do ABC (Campus São Bernardo do Campo - SP). angela.fushita@ufabc.edu.br. ³ Bióloga pela Universidade Federal de São Carlos, Mestre em Ecologia e Recursos Naturais, Doutora em Ecologia e Recursos Naturais. Docente do Departamento de Hidrobiologia, Universidade Federal de São Carlos. cunha_santino@ufscar.br. ⁴ Biólogo pela Universidade Federal de São Carlos, Mestre em Ecologia e Recursos Naturais, Doutor em Ecologia e Recursos Naturais. Docente do Departamento de Hidrobiologia, Universidade Federal de São Carlos. irineu@ufscar.br. ⁵ Geógrafo pela Faculdade Integradas de Jaú, mestre em Geografia, Doutor em Geografia. Professor na Faculdade de Tecnologia de Jahu (Fatec Jahu). veneziani@gmail.com.

Artigo recebido em 18/11/2020 e aceito em 04/05/2021

RESUMO

Atualmente, cerca de dois bilhões de pessoas carecem de acesso à água de qualidade. No Brasil, tal situação é agravada por questões geográficas, adensamento populacional e poluição. Considerando que a bacia hidrográfica é a unidade de planejamento ambiental no Brasil, pressupõe-se que a realização de seu manejo de forma adequada e aplicação das políticas correlacionadas favorecem a promoção dos usos múltiplos da água. O presente artigo visa fornecer uma visão geral da gestão de recursos hídricos, adotando a bacia hidrográfica como unidade de manejo, abordando aspectos básicos ligados aos recursos hídricos, o histórico do sistema de gestão de recursos hídricos brasileiro e apontar elementos que podem ser empregados no manejo de bacias hidrográficas. Os esforços destinados à gestão dos recursos hídricos no Brasil se iniciaram em 1934, o manejo das bacias hidrográficas deve ser pautado na implementação de estratégias conservacionistas, do saneamento ambiental e da promoção da articulação entre os instrumentos existentes. O processo de gerenciamento deve envolver todos os interessados e os recursos arrecadados com a cobrança pelo uso da água devem favorecer a condução das ações nas bacias hidrográficas. O Grau de Hemerobia consiste em uma ferramenta útil para verificar a influência da paisagem sobre a qualidade da água e eventuais desregulações dos ecossistemas.

Palavras-chave: Ecossistemas Aquáticos; Gerenciamento; Planejamento; Política Ambiental.

Water resource management and hydrographic basin management in Brazil: basic elements, historic and strategies

ABSTRACT

Currently, about two billion people lack access to quality water. In Brazil, this situation is aggravated by geographical issues, population density, and pollution. Considering that the hydrographic basin is the environmental planning unit in Brazil, we assumed that the performance of its management in an appropriate manner and application of related policies favors the promotion of multiple water uses. This article aims to provide an overview of water resources management, adopting the hydrographic basin as a management unit, addressing basic aspects related to water resources, the historic of the Brazilian water resource management system and pointing out elements that can be used in the management of hydrographic basins. Efforts destined to the water resources management in Brazil began in 1934, the management of hydrographic basins must be guided by the implementation of conservationist strategies, the implementation of environmental sanitation and promoting the articulation between the existing instruments. The management process needs to involve all stakeholders and the resources collected from charging for the use of water favors the conduct of actions in hydrographic basins. The Hemeroby Degree is a useful tool for verifying the influence of the landscape on water quality and possible deregulation of the ecosystems.

Keywords: Aquatic Ecosystems; Management; Planning; Environmental Policy.

Introdução

Aproximadamente dois bilhões de pessoas carecem de acesso à água com qualidade adequada (World Health Organization, 2020). No Brasil este número é de aproximadamente 35 milhões de pessoas, contrariando o fato de que o país detém 15% da água doce do globo e reforça que o acesso a este recurso tem natureza política (Ribeiro, 2019). Notavelmente, evidencia-se um crescente aumento dos conflitos pelo uso da água, visto que no território brasileiro ocorre um problema de ordem política, demográfica e geográfica no que diz respeito a distribuição da água, além da interferência no ciclo hidrológico e variações nos modos em que a sociedade se apropria da água (Rossi e Santos, 2018, Ribeiro et al., 2019).

A expansão das áreas urbanas contribui para a contaminação dos corpos aquáticos, aumento da impermeabilização do solo, maiores ocorrências de inundações e comprometimento da qualidade e da quantidade dos ecossistemas aquáticos (Silva, 2018, Oliveira-Andreoli et al., 2019, Pinheiro et al., 2019). As alterações da estrutura e funcionamento da paisagem incidem, direta ou indiretamente, na modificação dos processos metabólicos e estruturais, o que compromete os serviços prestados pelos sistemas aquáticos, como a depuração dos efluentes gerados no meio urbano (Peixoto e Silveira, 2017). Cabe salientar que, variáveis limnológicas como fósforo, nitrogênio, pH, turbidez, oxigênio dissolvido, coliformes termotolerantes e turbidez sofrem influência direta dos usos da terra das bacias hidrográficas (Ferreira et al., 2018, Aznar et al., 2020). Assim, se torna claro que alterações do uso da terra podem reduzir ainda mais a disponibilidade de água nas bacias hidrográficas.

A Bacia Hidrográfica (BH) é uma unidade de planejamento e gestão ambiental, adequada ao planejamento e gerenciamento da paisagem por apresentar, de maneira integrada, os sistemas ecológicos (componentes biogeofísicos) e hidrológicos, mas também por considerar as mudanças nos padrões de uso da terra e suas implicações ecológicas, sociais e econômicas (Pires e Santos, 2002, Castro et al., 2005, Cutts et al., 2018, Carvalho, 2020). O manejo adequado, aliado a aplicação de instrumentos de gerenciamento dos recursos hídricos e monitoramento limnológico, favorece o enfrentamento do atual cenário de degradação dos recursos hídricos encontrado no Brasil.

É notório que a falta de infraestrutura (e.g. saneamento) básica impacta diretamente a qualidade da água, situação decorrente do lançamento inadequado de efluentes e carreamento

de elementos para os corpos hídricos, devido à conversão de áreas naturais (Duarte et al., 2010, Mello et al., 2018, Silva et al., 2018). Como premissa, entende-se que a disponibilidade de água se mantém constante devido ao ciclo hidrológico, todavia, a disponibilidade é reduzida devido a poluição, aumento da exploração (Gomes e Barbieri, 2004) e a complexidade relacionada com o contexto de mudanças climáticas (Pousa et al., 2019, Sobral et al., 2019).

No Brasil, evidencia-se uma fragmentação legislativa e administrativa, logo o ordenamento jurídico necessita de uma análise de mecanismos normativos que tratam da mesma temática ou englobam questões complementares (Rodrigues, 2017, Mancini e Jacobi, 2020). Uma fragmentação da gestão dos recursos hídricos ocorre no nível municipal e estadual, já que os aspectos socioambientais e a dinâmica hidrológica ultrapassam barreiras político-administrativas (Castro et al., 2005, Latrubesse et al., 2019, Bettencourt et al., 2021).

A governança surge neste contexto, visto o seu enfoque na adoção de meios para que ocorra uma ligação real entre demandas oriundas da sociedade e a interlocução governamental, através de caminhos práticos e teóricos (Jacobi et al., 2015a). A política de gestão da água brasileira é uma resposta à perda quali-quantitativa observada (Jacobi et al., 2015a). Diante desta crise marcada pela criticidade e disponibilidade dos recursos hídricos é preciso a implementação efetiva de normas e instrumentos de regulação (Pasqualetto et al., 2019, Pavão e Nascimento, 2019).

Considerando que a BH é a unidade de planejamento no Brasil, pressupõe-se que a realização de seu manejo de forma adequada e a aplicação das políticas correlacionadas favorecem a promoção dos usos múltiplos da água e o atendimento das necessidades oriundas da sociedade. Entretanto, é necessária a integração dos instrumentos relacionados com a gestão dos recursos hídricos e a identificação dos atores envolvidos no processo, assim como, o apontamento de estratégias para o enfrentamento do cenário encontrado.

Frente ao exposto, o presente artigo visou fornecer uma visão geral da gestão de recursos hídricos, adotando a BH como unidade de manejo, abordando aspectos básicos ligados aos recursos hídricos, o histórico do sistema de gestão de recursos hídricos brasileiro e apontando elementos que podem ser empregados no manejo de BHs. Destaca-se que o trabalho foi organizado nos seguintes tópicos com o intuito de favorecer o entendimento do leitor: i) elementos básicos; (ii) evolução da gestão dos recursos hídricos no Brasil;

(iii) Política Nacional de Recursos Hídricos; (iv) manejo de bacias hidrográficas, (v) monitoramento de recursos hídricos, (vi) indicadores de paisagem e (vii) considerações finais.

Elementos Básicos

A água é um elemento indispensável e essencial para a manutenção de todas as formas de vida e estruturação socioeconômica das sociedades ao redor do mundo. Os recursos hídricos referem-se aos corpos de água (e.g. água subterrânea, córregos, rios, riachos, lagos) existentes em uma dada região, cuja utilização é voltada para suprir demandas/necessidades da população ou auxiliar no desenvolvimento das atividades humanas. Esses sistemas podem ser divididos em: (i) ecossistemas de água doce e (ii) ecossistemas de água salgada; dado que são caracterizados pela interação entre as comunidades biológicas ali existentes, assim como essas interagem com o meio aquático.

Ainda no que tange a classificação desses sistemas, conforme detalhado em Tundisi & Matsumura-Tundisi (2008), os ambientes aquáticos podem ser enquadrados em duas tipologias: (i) ambiente lótico - caracterizado pelo fluxo unidirecional e por possuir água corrente, sempre presente nos fundos de vale ou nas porções mais baixas do terreno; e (ii) ambiente lêntico - caracterizado pela presença de água parada ou com fluxo muito lento, pode apresentar ou não conexões físicas com os ambientes lóticos.

A primeira tipologia de ambientes aquáticos pode ser classificada de acordo com a Classificação de Strahler (1952), que é um enquadramento que classifica um ambiente lótico em distintas ordens (e.g. nascente corresponde a um rio de primeira ordem), contudo, a mudança de ordem de um rio aumenta somente se dois rios de mesma ordem se encontrarem (Figura 1). O rio de maior ordem é considerado o principal tributário de uma BH. Destaca-se que do ponto de vista das sociedades, os recursos hídricos devem ser utilizados de modo a favorecer os usos múltiplos, ou seja, devem favorecer o desenvolvimento de diversas áreas do setor econômico (e.g. geração de energia, turismo, abastecimento) (Galvão e Bermann, 2015), garantir o bem-estar da população, conservação da biota e favorecer a manutenção do equilíbrio e o adequado funcionamento dos ecossistemas.

Por sua vez, os usos múltiplos podem ser enquadrados em duas categorias distintas: (i) consuntivo e (ii) não consuntivo. A primeira categoria de uso é marcada pela retirada direta de um volume de água do sistema para atender uma determinada necessidade, situação que implica em

um menor retorno da água ao corpo hídrico (e.g. abastecimento público, irrigação, dessedentação animal) e, o possível comprometimento de sua qualidade (Souza et al., 2014). Já o segundo uso, caracteriza-se pela não alteração da qualidade e quantidade da água, o que implica na sua não retirada do sistema e o seu uso consiste em um meio para a concretização de uma determinada atividade (e.g. navegação, geração de energia, pesca) (Cunha-Santino e Bianchini, 2010).

Apesar de sua importância para a humanidade, os ecossistemas aquáticos têm sofrido uma série de impactos advindos principalmente dos processos industriais, urbanização e agricultura (Silva, 2018). Tais fatores estão alterando profundamente o funcionamento e o metabolismo desses sistemas, principalmente devido a constante geração de resíduos e lançamento de efluentes, que resultam na poluição/contaminação das águas doces, i.e. superficiais e subterrâneas.

O termo poluição pode ser entendido como o comprometimento dos componentes abióticos dos diferentes compartimentos ambientais (i.e. ar, água e solo), de modo que os processos metabólicos/fisiológicos que ali ocorrem sofram desregulações ou sejam afetados (Muralikrishna e Manickam, 2017) pela matéria e energia lançada. A poluição pode ser enquadrada como pontual (fonte identificável, como o lançamento de esgoto), difusa (a fonte geradora não é identificável, como no caso da lixiviação de compostos dos campos agrícolas) ou mista (engloba características das anteriores). Por sua vez, a contaminação refere-se ao comprometimento da qualidade dos compartimentos ambientais, de forma que se configurem em um perigo real para a saúde pública devido, por exemplo, à propagação de doenças e ao envenenamento (Sullivan et al., 2005).

Evolução da gestão dos recursos hídricos no Brasil

A Gestão de Recursos Hídricos (GRH) pode ser entendida como um conjunto de ações que possuem como objetivo a regulação dos usos da água com base no disposto na legislação pertinente (Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco, 2020). Ioris (2006) salienta que a GRH basicamente corresponde a “um processo marcado pelo caráter de redimensionamento ou intervencionista da dialética socionatural, cuja intenção é a satisfação das necessidades humanas mediante a manipulação do ciclo hidrológico”. O gerenciamento de recursos hídricos ocorre pela implementação de instrumentos que visam a promoção dos usos múltiplos da água, sendo

Figura 1. Enquadramento dos ambientes lóticos em ordens, segundo a Classificação de Strahler, usando como exemplo a bacia do Monjolinho.

promovido de forma indissociável da gestão de recursos hídricos (Foleto, 2018).

A obrigação de legislar sobre águas por meio de dispositivos constitucionais foi uma condição imposta à União por meio da Constituição Federal de 1934, no artigo 5°. Sob a ótica da Constituição, o primeiro marco referente aos recursos hídricos no Brasil foi promulgado, o Código de Águas (Decreto nº 24.643/1934).

Este dispositivo normativo enquadra as águas existentes em território brasileiro em águas de uso comum, águas particulares e águas comuns, além de trazer elementos referentes à utilidade desses ambientes, obrigações, manejo das águas nocivas (e.g. pântanos contaminados), provisão de autorizações e competências (i.e. distribuição de responsabilidades ao Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica e ao Ministério da Agricultura). Cabe salientar o enfoque utilitarista adotado na época, já que visava à geração de energia, aproveitamento do potencial hidráulico e atividades ligadas ao agronegócio (e.g. caça e pesca).

Às águas subterrâneas foram abrangidas pelo Código de Águas (Brasil, 1934), contudo, posteriormente, em 1967 foram consideradas como uma jazida mineral. Sendo assim, o mecanismo normativo responsável por prover diretrizes foi o

Código de Mineração (Decreto 227/67), cujo intuito foi estabelecer definições, regimes de autorizações, procedimentos para pesquisa, lavra, plano de aproveitamento, bem como os direitos.

A Constituição Federal de 1937 não apresentou avanços no que remete aos recursos hídricos. Melo et al. (2012) reforçam que na Constituição de 1946, várias tipologias de ambientes aquáticos limítrofes e presentes em mais de um Estado foram enquadrados como bens da União (Artigos 34 e 35), mas o caráter adotado não almejava a proteção desses ambientes. Todavia, os autores destacam que o Código Penal de 1940 teve tal abordagem, dado o fato de a proteção dos recursos hídricos ser enquadrada como um direito à saúde, estabelecendo sanções aos poluidores (Art. 271) e preconizando que a saúde não pode ser assegurada em um ambiente degradado.

Diante dos eventos que ocorreram (Conferência de Estocolmo, Conferência das Nações Unidas sobre Água) e o crescente interesse acerca de questões ecológicas, a Política Nacional de Meio Ambiente - PNMA (Lei nº 6.938/1981) entrou em vigor, estabelecendo a proteção dos ecossistemas e das áreas ameaçadas pelo processo de degradação como uma medida necessária. Esse dispositivo normativo criou uma integração entre os diferentes níveis administrativos (Município,

Estado, União) com atribuições relacionadas a proteção ambiental através do Sistema Nacional de Meio Ambiente, como também criou um órgão nacional deliberativo e consultivo, o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), responsável por estabelecer normas relativas aos recursos naturais brasileiros. Durante a década de 1970, conforme Ioris (2006), um importante marco foi o Plano Nacional de Saneamento.

Vale ressaltar que em 1976, o Estado de São Paulo e o Ministério de Minas e Energia formularam um acordo para lidar com a poluição nas BHs do Alto Tietê e Cubatão, posteriormente, o Estado de São Paulo buscou tratar sobre os recursos hídricos na década seguinte, culminando na formulação do Plano Estadual de Recursos Hídricos (Decreto 27.576/97) e na criação do Conselho Estadual de Recursos Hídricos e do Sistema Integrado de Recursos Hídricos (Agência Nacional de Águas, 2002). Tal mecanismo foi alterado pelo Decreto nº 36.787/93, responsável por adaptar o conselho criado às normas da Política Estadual de Recursos Hídricos. Tal iniciativa contribuiu para a formulação de uma política nacional específica voltada para os recursos hídricos.

É possível inferir que a recomendação do Plano de Ação para a elaboração de políticas voltadas à conservação das águas, durante a Conferência das Nações Unidas sobre água em 1977, contribuiu para que o governo brasileiro reformasse o seu sistema de gerenciamento dos recursos hídricos (Agência Nacional de Águas, 2002). O Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica e a Secretaria Nacional de Meio Ambiente instituíram o Comitê Especial de Estudos Integrados de Bacias Hidrográficas em 1978, uma ação direcionada à formação de um arranjo voltado para os recursos hídricos (Gusmão e Pavão, 2019). Mediante contribuições de órgãos técnicos, em especial o Ministério de Minas e Energia, frente a necessidade de patrocínio e estabelecimento de uma política voltada para os recursos hídricos por parte do governo, foi estabelecida no III Plano Nacional de Desenvolvimento 1980 - 1985 (Agência Nacional de Águas, 2002).

Em 1986, a Resolução CONAMA 20/86 entrou em vigor. O referido dispositivo normativo classificou as águas brasileiras (i.e. doce, salobra e salina) em nove classes, enquadrando os corpos hídricos e estabeleceu padrões de qualidade (valores de referência ou *guidelines*) mediante o atendimento de algumas necessidades humanas e manutenção do equilíbrio ecológico, impôs restrições (e.g. não lançamento de poluentes em

mananciais superficiais), tratou da balneabilidade e implementou algumas disposições gerais.

A Constituição Federal de 1988 tornou todos os recursos naturais bens públicos (incluindo às águas) e de uso comum, incumbindo, à União, o dever de legislar sobre o domínio os recursos naturais, trouxe atribuições para os Estados e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SNGREH). Reforça-se que a Constituição Federal de 1988 garantiu aos cidadãos uma série de direitos (e.g. meio ambiente ecologicamente equilibrado) e deixou a matéria relativa aos recursos hídricos passível de regulamentação, situação que favoreceu a implementação de uma política específica. Todavia, o caráter predominante pautava-se ainda em uma visão utilitarista dos recursos hídricos.

Algumas experiências voltadas para a gestão de BHs foram vivenciadas durante a década de 1980 (e.g. Consórcio Intermunicipal Santa Maria/Jacu, ES; Comitê da Bacia do Sino, RS), todavia, foi seguindo os princípios da Carta de Salvador em 1987 e da Carta de Foz do Iguaçu em 1989 pela Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH) que uma política nacional relacionada com os recursos hídricos foi elaborada (Porto e Porto, 2008). Na esfera técnica, a ABRH causou grande repercussão com a Carta de Foz no ano de 1989, documento responsável por trazer princípios básicos que deveriam ser incorporados por uma política nacional, como a adoção da BH como unidade de planejamento e a gestão descentralizada (Agência Nacional de Águas, 2002).

Durante a década de 1990, importantes mecanismos normativos relacionados com as áreas úmidas foram aprovados. Durante o ano de 1992, o texto que foi fruto da Convenção Ramsar de 1972 foi adotado pelo Brasil em sua íntegra (Decreto Legislativo nº 33/1992), contudo, sua promulgação somente ocorreu em 1996 (Decreto nº 1.905/1996) e assim, o governo brasileiro assumiu cumprir uma série de premissas. Uma situação semelhante também pode ser remetida a Convenção sobre Diversidade Biológica, ao retificar o acordo em 1994 (Decreto Legislativo nº 2/1994, promulgado pelo Decreto Legislativo nº 2.519/1998), o Brasil se comprometeu a proteger os ecossistemas naturais (incluindo os aquáticos) para a manutenção de sua biodiversidade. Ainda durante o mesmo período, ocorreu a ECO-92. Neste evento internacional, a Agenda 21 foi adotada pelas partes (inclusive Brasil). Um elemento importante presente na agenda foi o Capítulo 18, que se pautava nos aspectos relacionados com a proteção dos recursos hídricos, abastecimento público e emprego de critérios voltados ao manejo.

Um dos marcos mais importantes no gerenciamento de recursos hídricos brasileiros foi a aprovação da Política Nacional de Recursos Hídricos - PNRH (Lei Federal 9.433/1997). Este dispositivo reforça o disposto na Constituição Federal de 1988 e trata a água como um recurso natural. Os princípios da PNRH são pautados nos "Princípios de Dublin", presentes na Declaração de Dublin sobre Água e Desenvolvimento Sustentável de 1992 (Bressiane et al., 2015). O referido mecanismo normativo trouxe uma série de elementos importantes para o gerenciamento de recursos hídricos, dos quais se destacam: a necessidade de um manejo integrado considerando a ocupação da paisagem, promoção dos usos múltiplos da água, a estimulação de uma gestão descentralizada, necessidade de planejamento nos diferentes níveis, instrumentos de gestão e a criação do SNGREH.

Notavelmente, existe uma forte influência do modelo de gestão de recursos hídricos francês (*Le regime el la repartition dêx oux et la luttie contre leur pollution*) na PNRH, a Política Estadual de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo (Lei Estadual nº 7.663/91) também inspirou a PNRH. Apesar de a Lei das Águas trazer a premissa de que a água é dotada de valor econômico, é evidente que não existe a previsão de mercados de água, conforme observado a exemplo do Chile, fator que não limita a gestão pautada na racionalidade econômica (Pavão e Nascimento, 2019). Outrossim, a tendência de descentralização presente na Carta Magna é observada na PNRH (Castro et al., 2005).

Por meio da Lei 9.984/2000 e do Decreto 3.692/2000, a Agência Nacional de Águas (ANA) foi criada e sua organização operacional e estrutura foram definidas, respectivamente. A ANA é uma parte integrante do SNGREH, assim como é o organismo nacional responsável pela implementação do conteúdo estabelecido pela PNRH. Através da Lei nº 13.844/19 e o Decreto nº 9.666/19, a Secretaria Executiva do Conselho Nacional de Recursos Hídricos e a ANA passaram a ser partes vinculadas ao Ministério do Desenvolvimento Regional.

Por fim, a Resolução CONAMA 20/86 foi revogada com a aprovação da Resolução CONAMA 357/05, dispositivo que trouxe valores orientadores para a verificação dos padrões de qualidade adotados para às classes de enquadramento, estabelecidas para o atendimento de alguns usos da água. Apesar de não considerar aspectos ecológicos e impor padrões generalizados para todo o território brasileiro, a Resolução CONAMA 357/05 é um instrumento de grande valia para o monitoramento dos ecossistemas

aquáticos brasileiros (Silva et al., 2019a) pois regulamenta o uso da água e estabelece condições para o lançamento de efluentes e controle da poluição.

A legislação ambiental trata a sustentação dos ecossistemas como um tema atinente, por isso áreas de vegetação marginal, áreas úmidas e nascentes acabam sendo protegidas pela Lei de Proteção da Vegetação Nativa (Strauch, 2017). Outrossim, é apontado que a mudança de postura do governo brasileiro em relação a aprovação de políticas públicas se relaciona com a escassez de recursos, aspectos econômicos e a necessidade de um processo de produção mais eficiente (Duarte et al., 2010).

Política Nacional de Recursos Hídricos

Contexto

De todo o volume de água existente no planeta, a maior parte encontra-se nos oceanos (ca. 97,4%) e somente uma pequena porcentagem (2,6%) corresponde aos sistemas dulcícolas, mas somente 0,3% desta água doce está disponível para ser utilizada pelo ser humano (e.g. rios, córregos, lagos), visto que a maior parte do volume está na forma de gelo (Tundisi, 2003; Bozelli et al., 2019).

Tratando-se do consumo geral de água doce em nível mundial, a maior usuária na atualidade é o agronegócio (69 %), seguida do setor industrial (19 %) e do uso doméstico (12 %) (United Nations World Water Assessment Programme, 2019). O Brasil possui mais de 12% de toda a água doce mundial, todavia, esse volume se encontra irregularmente distribuído pelas regiões brasileiras (Ribeiro, 2019). A situação acaba se agravando em algumas localidades, principalmente devido à perda de qualidade da água, o que torna necessário o adequado manejo desses recursos.

Bacia Hidrográfica

Uma BH pode ser definida como um conjunto de terras drenadas por um conjunto de rios, cuja saída de toda a água ocorre por um único exutório. A delimitação de uma BH ocorre mediante a consideração de fatores relacionados com o relevo (e.g. cotas altimétricas, picos, dissecação do relevo), “divisores de água”, confluência dos rios, determinações estruturais e climáticas (Peixoto e Silveira, 2017).

Na BH ocorre o desenvolvimento das atividades humanas (agricultura, indústrias, urbanização), tal situação acaba sendo refletida no exutório da BH, visto que os processos que

ocorrem dentro da BH acabam influenciando na qualidade de sua água (Porto e Porto, 2008). Na BH, observa-se a integração dos processos biogeofísicos e socioeconômicos (Tundisi, 2008). No que se refere a escala, ela depende do objetivo ou problemática alvo de análise, podendo compreender uma BH pequena, como a do Córrego Santa Maria do Leme (São Carlos-SP) ou uma grande área, a exemplo da BH do rio São Francisco.

O principal uso da água é compreendido como a atividade que mais consome água em uma

determinada BH, porém, tal caracterização não define o tipo ou perfil da BH (Gomes e Barbieri, 2004). O comprometimento da qualidade da água, a ocorrência de chuvas abaixo da média esperada e a baixa disponibilidade hídrica comprometem a disponibilidade de oferta de água nas bacias hidrográficas (Jacobi et al., 2015). Para fins de gerenciamento dos recursos hídricos e elaboração de estratégias, o Brasil é dividido em 12 grandes regiões hidrográficas (Figura 2, Quadro 1).

Figura 2 - Regiões hidrográficas do Brasil.

Quadro 1 - Descrição das Regiões Hidrográficas brasileiras (RH) e desafios associados com a Gestão de Recursos Hídricos (GRH). Onde: 1 = Região Hidrográfica Amazônica, 2 = Região Hidrográfica Tocantins-Araguaia, 3 = Atlântico Nordeste Ocidental, 4 = Região Hidrográfica Parnaíba, 5 = Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Oriental, 6 = Região Hidrográfica São Francisco, 7 = Região Hidrográfica Atlântico Leste, 8 = Região Hidrográfica Atlântico Sudeste, 9 = Região Hidrográfica Paraná, 10 = Região Hidrográfica Paraguai, 11 = Região Hidrográfica Uruguai, 12 = Região Hidrográfica Atlântico Sul.

RH	Descrição	Desafios para a GRH
1	Ocupa 45% do território nacional, abrangendo sete Estados (Acre, Amazonas, Rondônia, Roraima, Amapá, Pará e Mato Grosso). Possui uma extensa rede de rios com grande abundância de água, sendo os mais conhecidos: Amazonas, Xingu, Solimões, Madeira e Negro. A densidade populacional é 10 vezes menor que a média nacional, entretanto, a região concentra 81% da disponibilidade de águas superficiais do país. Cerca de 85% da área da RH Amazônica permanece com cobertura vegetal nativa.	Desmatamento, saneamento ambiental, eventos críticos, hidroeletricidade e navegação.

2	Corresponde a 10,8% do território brasileiro, abrangendo seis estados: Goiás, Tocantins, Pará, Maranhão, Mato Grosso e Distrito Federal. Na Região, estão presentes os biomas Floresta Amazônica, ao norte e noroeste, e Cerrado nas demais áreas. A precipitação média anual na região é bem menor do que a média nacional. Possui grande potencial turístico: pesca esportiva, turismo ecológico, praias fluviais, a maior ilha fluvial do mundo (Ilha do Bananal), o polo turístico de Belém, o Parque Estadual do Jalapão (TO) e o Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros (GO).	Saneamento ambiental, energia, navegação, turismo, irrigação e desmatamento.
3	Ocupa 3% do território nacional, abrangendo quase a totalidade do estado do Maranhão e pequena parcela do Pará. O uso urbano da água é preponderante e estão presentes na região três biomas brasileiros: Caatinga, Cerrado e Amazônico.	Criticidade hídrica, saneamento ambiental, desmatamento e assoreamento.
4	Ocupa 3,9% do território brasileiro, abrangendo três estados: Ceará, Piauí e Maranhão. Em grande parte localizada, no semiárido brasileiro, caracteriza-se pela intermitência das chuvas, com precipitação média anual muito abaixo da média nacional. O principal uso da água na região é a irrigação.	Eventos críticos de seca, abastecimento urbano, irrigação, usos múltiplos.
5	Ocupa 3,4% do território nacional, abrangendo seis estados: Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco e Alagoas. A densidade demográfica da região é cerca de 4 vezes maior do que a média brasileira. Quase a totalidade de sua área pertence à Região do Semiárido Brasileiro, caracterizada por apresentar períodos de estiagens prolongadas e temperaturas elevadas durante todo o ano. Possui a menor disponibilidade hídrica do Brasil.	Baixa oferta de água, seca, desertificação, transposição do rio São Francisco, qualidade de água, degradação ambiental.
6	Ocupa 7,5% do território brasileiro, abrangendo sete estados: Bahia, Minas Gerais, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Goiás e Distrito Federal. A precipitação média anual na RH São Francisco é muito abaixo da média nacional, apresentando frequentes situações de escassez de água. Entretanto, a RH tem importante papel na geração de energia para a região nordeste.	Eventos críticos de seca, abastecimento urbano, qualidade da água, irrigação, potencial hidroenergético e navegação.
7	Ocupa 3,9% do território do país, abrangendo quatro Estados (Bahia, Minas Gerais, Sergipe e Espírito Santo). Grande parte de sua área está situada na região semiárida, que possui períodos de prolongadas estiagens. A RH Atlântico Leste possui a segunda menor disponibilidade hídrica, dentre as doze regiões hidrográficas brasileiras.	Irrigação, indústria, abastecimento público, qualidade da água e disponibilidade hídrica.
8	Ocupa 2,5% do território nacional e abrange cinco estados: Minas Gerais, Espírito Santo, Rio de Janeiro, São Paulo e Paraná. É a região hidrográfica mais povoada, com densidade demográfica seis vezes maior que a média brasileira. Apresenta alta diversidade de atividades econômicas e significativo parque industrial, constituindo-se em uma das regiões mais economicamente desenvolvidas do país.	Poluição hídrica, irrigação, abastecimento urbano e industrial de água.
9	Ocupa 10% do território brasileiro, abrangendo sete estados: São Paulo, Paraná, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Goiás, Santa Catarina e Distrito Federal. É a região mais populosa e de maior desenvolvimento econômico do país. Por isso, possui as maiores demandas por recursos hídricos, tendo como destaque o uso industrial. É também a região com maior área irrigada e maior aproveitamento do potencial hidráulico disponível.	Abastecimento urbano, qualidade da água, conflitos pelos usos da água, vulnerabilidade a inundações.
10	Ocupa 4,3% do território brasileiro, abrangendo parte dos estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, o que inclui a maior parte do Pantanal-Matogrossense, a maior área úmida contínua do planeta. A densidade demográfica da região é cerca de 3,5 vezes menor que a média nacional.	Erosão, assoreamento, navegação, hidroeletricidade e poluição hídrica.
11	Ocupa cerca de 3% do território brasileiro, abrangendo porções dos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. A região possui atividades agroindustriais desenvolvidas e grande potencial hidrelétrico. O clima é temperado, com chuvas distribuídas ao longo de todo o ano, mas com maior concentração no inverno (maio a setembro).	Aproveitamento hidroelétrico, irrigação, saneamento ambiental e eventos críticos de cheias.

12	Ocupa 2,2% do território nacional e abrange parte dos Estados de São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Destaca-se por abrigar um expressivo contingente populacional, pelo desenvolvimento econômico e por sua importância turística. Possui densidade demográfica cerca de 3 vezes maior que a média brasileira.	Qualidade de água, cheias e irrigação.
----	--	--

Fonte: ANA (2019).

Com o intuito de favorecer o processo de planejamento, adoção de medidas e implementação da PNRH, alguns estados acabaram dividindo o seu território em BHs e até mesmo implementando políticas próprias para a gestão de seus recursos hídricos. Para exercer o gerenciamento de recursos hídricos, um recorte de áreas similares é adotado por meio do estabelecimento de regiões

hidrográficas, marcadas por ser uma localidade de planejamento e ações de controle a serem realizadas (Peixoto e Silveira, 2017). Por exemplo, no caso do Estado de São Paulo, a descentralização da gestão de recursos hídricos e a gestão participativa acabou sendo favorecida pela divisão do estado em 22 Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI) (Figura 3).

Figura 3. UGRHIS do Estado de São Paulo

No Estado de São Paulo, um importante marco para reverter a degradação dos corpos aquáticos foi a instituição da Política Estadual de Recursos Hídricos (Lei nº 7.663/91), mecanismo dotado de uma proposta inovadora, como a gestão descentralizada e integrada dos recursos (Jacobi et al., 2015b). É importante destacar que a aptidão econômica das regiões, fatores políticos e sociais são elementos que podem ser considerados para a delimitação e análise de uma BH. Por exemplo, por meio da Lei Estadual nº 9.034/94, o Estado de São

Paulo compartimentou seu território em unidades geográficas com vocação industrial, em industrialização, agropecuária e conservação.

A PERH adotou os princípios estabelecidos pela Constituição Estadual que são: (i) Sistema Integrado de Recursos Hídricos - SIRH; (ii) Plano Estadual de Recursos Hídricos - PERH e (iii) Fundo Estadual de Recursos Hídricos - FEHIDRO (Neves et al., 2007). Ainda segundo Neves et al. (2007), o PERH é um instrumento técnico da política sob responsabilidade de um comitê coordenador, a FEHIDRO fornece o

suporte financeiro e o SIGRH é uma ferramenta. É de extrema importância a articulação de políticas urbanas municipais com o gerenciamento de recursos hídricos e atenção deve ser dada, também, para a água subterrânea (Neves et al., 2007).

Cada uma das UGRHI possui um órgão base denominado Comitê de BH (CBH), responsável pela tomada de decisão na BH e composto pelo poder público, usuários (e.g. concessionárias de abastecimento) e sociedade civil organizada. Uma outra figura muito importante é a Agência de Águas (AA), detentora da função executiva e responsável por oferecer suporte técnico e administrativo ao CBH.

Um dos processos mais importantes que ocorrem na BH é o ciclo hidrológico, onde a água circula entre os compartimentos ambientais mediante diversas transformações físicas. As principais etapas desse processo são (Tundisi; Matsumura-Tundisi, 2008): (i) evaporação - transformação da água presente no solo em vapor em função da incidência solar sobre a superfície de água; (ii) transpiração - evaporação da água presentes nos organismos vegetais devido aspectos fisiológicos; (iii) evapotranspiração - somatória da

evaporação e transpiração; (iv) precipitação - liberação de água condensada na forma de gotículas ou gelo; (v) interceptação - retenção da água proveniente da precipitação antes de sua chegada ao solo; (vi) infiltração - movimento de entrada da água nas diversas camadas do solo mediante a ação da gravidade; (vii) percolação - movimento de ordem subterrânea da água no solo até a zona saturada ou lençol freático e (viii) escoamento superficial - movimentação sobre a superfície da parcela de água precipitada que não infiltrou ou percolou no solo.

Ainda no que se refere às bacias hidrográficas, existe uma região muito importante denominada zona ripária (Figura 4). Esta região é delimitada basicamente pelo nível mais baixo e alto de um corpo hídrico, naturalmente é composta por uma vegetação e fauna adaptada à flutuação do canal, além de ser saturada (Zakia et al., 2009). Cabe salientar que, a vegetação ripária desempenha um papel muito importante na manutenção do microclima, regulação do fluxo de água e retenção de material particulado, quando possui sua integridade ecológica mantida (Silva, 2018).

Figura 4 - Zona ripária do rio Sorocaba (Sorocaba - SP)

Política Nacional de Recursos Hídricos

Os pilares de sustentação da PNRH podem ser observados na Figura 5. Observa-se, com base nos fundamentos que, a água pertence a toda coletividade e a sua dominialidade cabe ao Estado

ou União. Nela, a água é tida como um recurso limitado principalmente a perda de qualidade apropriada para os diferentes usos múltiplos. Tratando-se de escassez, a prioridade é suprir as necessidades básicas dos seres humanos (abastecimento, alimentação, higiene) e saciar a sede dos animais. Fica evidente que os usos

múltiplos devem ser assegurados, sendo assim, padrões de qualidade da água devem ser atendidos. A adoção da BH como unidade territorial básica é um fator que auxilia no processo de planejamento e permite a consideração dos fatores ambientais (e.g. usos e cobertura da terra, características físicas do território). Nota-se que a participação pública e a descentralização são elementos presentes, e o principal intuito é democratizar as ações e legitimar a tomada de decisão acerca das medidas adotadas pelo CBH. Entretanto, na PNRH a dessedentação de animais é voltada para o uso

humano e não a fauna silvestre (Strauch, 2017).

A Figura 6 indica os objetivos da PNRH, que corresponde basicamente ao que a política visa atingir. Fica claro, a forte influência dos princípios do desenvolvimento sustentável, uma relação entre disponibilidade de água e qualidade, a influência do princípio da precaução, a importância dos recursos hídricos para o desenvolvimento nacional, o não uso inadequado dos recursos naturais e o manejo das águas em áreas urbanas, principalmente aquelas decorrentes dos episódios de chuva.

Figura 5 - Fundamentos da PNRH.

Fonte: Brasil (1997)

Figura 6. Objetivos da PNRH.

Fonte: Brasil (1997)

Por seu turno, as diretrizes são elementos que servem de base para que os objetivos sejam alcançados, conforme foram fundamentados (Figura 7). A gestão dos recursos hídricos deve ocorrer de maneira sistêmica, envolvendo diversas instituições, fase de planejamento, execução e monitoramento, pautados na manutenção da qualidade e quantidade, além de considerar toda a complexidade existente (e.g. contexto econômico, social, ambiental, político). Uma articulação com a gestão ambiental é um elemento necessário, dado a forte influência do uso dos recursos naturais sobre a qualidade e quantidade de água, assim como

envolve uma articulação com outras políticas de caráter nacional (e.g. agropecuária, industrial, mineral) e ocupação do território, inclusive nas regiões de estuário e zonas costeiras.

A PNRH traz instrumentos que auxiliam na sua implementação e fornecem auxílio para o processo de desenvolvimento das atividades humanas (Quadro 2). Um instrumento pode ser entendido como um mecanismo que possibilita a compatibilização do uso humano dos recursos hídricos com a preservação de sua qualidade e quantidade, bem como de toda a biota aquática associada.

Figura 7 - Diretrizes da PNRH.

Fonte: Brasil (1997)

Quadro 2 - Instrumentos da PNRH.

Instrumento	Descrição
Plano de Recursos Hídricos (PRH)	Planos diretores que fundamentam e orientam a implementação da PNRH e o GRH, possuem horizonte de longo prazo e devem conter no mínimo: (i) diagnóstico da situação atual dos recursos hídricos; (ii) análise de alternativas de crescimento demográfico, de evolução de atividades produtivas e de modificações dos padrões de ocupação do solo; (iii) balanço entre disponibilidades e demandas futuras dos recursos hídricos, em quantidade e qualidade, com identificação de conflitos potenciais; (iv) metas de racionalização de uso, aumento da quantidade e melhoria da qualidade dos recursos hídricos disponíveis; (v) medidas a serem tomadas, programas a serem desenvolvidos e projetos a serem implantados, para o atendimento das metas previstas; (vi) prioridades para outorga de direitos de uso de recursos hídricos (vii) diretrizes e critérios para a cobrança pelo uso dos recursos hídricos, (viii) e propostas para a criação de áreas sujeitas a restrição de uso, com vistas à proteção dos recursos hídricos.
Enquadramento dos corpos de água em classes	Visa assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas, além de diminuir os custos de combate à poluição das águas, mediante ações preventivas permanentes. Atualmente é regido pela Resolução CONAMA 357/05. Este mecanismo classifica os corpos hídricos brasileiros em cinco classes (Classe Especial, Classe I, Classe II, Classe III e Classe IV) de acordo com o uso da água, condições ambientais e descargas poluidoras. Destaca-se que a Classe IV é a mais permissiva ao processo de degradação.
Outorga dos direitos de uso de recursos hídricos	Assegura o controle qualitativo e quantitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso à água. Estão sujeitos a esse regime: (i) derivação ou captação de parcela da água existente em um corpo de água para consumo final, inclusive abastecimento público, ou insumo de processo produtivo; (ii) extração de água de aquífero subterrâneo para consumo final ou insumo de processo produtivo; (iii) lançamento em corpo de água de efluentes e demais resíduos líquidos ou gasosos, tratados ou não, com o fim de sua diluição, transporte ou disposição final; (iv) aproveitamento dos potenciais hidrelétricos; e (v) outros usos que alterem o regime, a quantidade ou a qualidade da água existente em um corpo hídrico. Alguns casos (e.g. lançamentos insignificantes) estão livres, já outros (e.g. geração de energia elétrica) estão condicionados ao PRH. A outorga de direito de uso dos recursos hídricos possui uma relação clara com o licenciamento ambiental e se articula com a gestão ambiental, o licenciamento deve se atentar ao disposto no plano de recursos hídricos.
Cobrança pelo uso de recursos hídricos	Visa: (i) reconhecer a água como bem econômico e dar ao usuário uma indicação de seu real valor; (ii) incentivar a racionalização do uso da água e (iii) obter recursos financeiros para o financiamento dos programas e intervenções contemplados nos planos de recursos hídricos. Os usos sujeitos a outorga serão cobrados mediante a consideração de alguns fatores, tais como derivações, captações, lançamentos de esgoto etc. Os valores arrecadados devem ser utilizados na BH em que foram gerados.
Compensação aos municípios	Vetado

Sistema de Informação sobre os recursos Hídricos	É um sistema de coleta, tratamento, armazenamento e recuperação de informações sobre os RH e fatores relacionados com a sua gestão. A alimentação do sistema deve ser realizada pelos órgãos integrantes do SNGRE. Adota como princípios a (i) descentralização da obtenção e produção de dados e informações; (ii) coordenação unificada do sistema e (iii) acesso aos dados e informações garantidos à toda a sociedade. Os objetivos são (i) reunir, dar consistência e divulgar os dados e informações sobre a situação qualitativa e quantitativa dos recursos hídricos no Brasil; (ii) atualizar permanentemente as informações sobre disponibilidade e demanda de recursos hídricos em todo o território nacional; e (iii) fornecer subsídios para a elaboração dos Planos de Recursos Hídricos.
--	---

Fonte: Fonte: Brasil (1997), Trindade (2017), Silva et al. (2019a).

O SNGREH é composto por diversos entes (Figura 8), que são distribuídos nos diferentes níveis (Federal, Estadual e BH), como também possuem uma determinada esfera para atuação, que varia desde a criação de políticas relacionadas com os recursos hídricos, bem como envolvem a

implementação das políticas públicas, utilização dos instrumentos, gestão compartilhada, apoio técnico ou até mesmo a regulação das atividades. Uma descrição mais detalhada dos integrantes do SNGREH pode ser encontrada no Quadro 3.

Figura 8 - Matriz institucional do SNGRH, onde: ANA = Agência Nacional de Águas, Secretaria Executiva do Conselho Nacional de Recursos Hídricos = SECNRH; AA = Agências de Água. Fonte: Adaptado de ANA (2020).

Quadro 3 - Descrição dos integrantes do SNGREH.

Integrante	Descrição
Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH)	Nível administrativo mais alto, responsável por estabelecer estratégias e diretrizes para a implementação da PNRH, assim como é o tomador de decisão sobre questões que fogem do âmbito regional e resolve os conflitos. É composto por representantes do nível Federal e Estadual, usuários e representantes das organizações civis. Suas competências envolvem articulação do planejamento nos diferentes níveis, arbitrar sobre conflitos, analisar alterações na PNRH e estabelecer diretrizes complementares para a PNRH.
Ministério do Desenvolvimento Regional	Nível administrativo responsável pelas funções do extinto Departamento de Recursos Hídricos e Departamento de Revitalização de Bacias Hidrográficas e Acessos à Água do Ministério do Meio Ambiente. Dentre suas competências, destaca-se a PNRH e a Política Nacional de Segurança Hídrica, além da gestão de recursos hídricos. Deve prover apoio técnico, atualizar o Plano Nacional de Recursos Hídricos e implementá-

	lo, como também deve coordenar o SNGREH e exercer as funções da secretaria-executiva do Conselho Nacional de Recursos Hídricos.
Conselhos de Recursos Hídricos dos Estados e DF (CRHE)	Desempenha um papel semelhante ao CNRH, assim como suas funções e competências, porém em nível estadual. Exerce funções deliberativas e normativas, está diretamente relacionado com a esfera governamental e soluciona conflitos em âmbito local (caso não possam ser resolvidos). Sua composição é regida por legislação estadual pautada na PNRH.
Órgãos dos poderes públicos Federal, Estaduais e Municipais	Composto pelos órgãos públicos que possuem relações com a gestão de recursos hídricos no âmbito estadual. Por exemplo, no Estado de São Paulo, temos a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) e o Departamento de Águas e Energia Elétrica.
Agência Nacional de Águas (ANA)	Organismo vinculado ao Ministério do Desenvolvimento Regional e ao CNRH, dotado de autonomia administrativa e financeira. Grande responsável pela articulação do planejamento e execução da PNRH. Dentre suas competências, destacam-se: supervisão, controle e avaliação de ações/atividades relacionadas com os recursos hídricos; disciplinamento da operacionalização, controle e avaliação dos instrumentos da PNRH; outorgar o direito de uso de recursos hídricos e fiscalizar os corpos de água de domínio da União; subsidiar o CNRH sobre a cobrança da água; implementar, mediante articulação com os Comitês, a cobrança pelo uso da água; e estimular pesquisa e capacitação de recursos humanos.
Comitês de Bacia Hidrográfica (CBH)	São fóruns de decisão política associados a uma determinada BH (em sua totalidade ou sub-bacias), podem ser considerados o parlamento das águas. Contam com a participação de atores públicos (governos estaduais, prefeituras), usuários e sociedade civil organizada. Desempenha um importante papel para a PNRH, dado que é a instância-chave e a gestão que ali ocorre é participativa, bem como é onde ocorrem os conflitos. Esse integrante possui função deliberativa e consultiva, já que arbitra em primeira instância os conflitos, estabelece mecanismos para cobrança da água, estabelece critérios para obras e aprova o plano de recursos hídricos da BH. É o responsável pelas atividades de planejamento e gestão dos recursos hídricos, realizam discussões e os planos/políticas voltadas para a gestão dos recursos hídricos, apontando os usos prioritários da BH analisada. O colegiado presente nos CBH tem como papel neutralizar aquelas ações ou práticas que são guiadas pelo interesse econômico/político e possuem caráter predatório, através de uma ação transparente. Os CBH possuem um papel voltado para a governança das águas e o seu planejamento, bem como a resolução de eventuais conflitos. O CBH pode ser enquadrado como o órgão máximo da BH, é responsável por realizar o diagnóstico da disponibilidade de recursos hídricos.
Agências de Água (AA)	Responsável pelo apoio técnico, administrativo e financeiro ao CBH. Este integrante torna possível a implementação das políticas formuladas pelo CBH, ou seja, executa elas. Sua área de atuação pode se resumir a um CBH ou mais. Sua sustentação pode ser favorecida pela cobrança pelo uso da água. Destaca-se que também é responsável pela cobrança da água, outorga, diagnóstico aprofundado da BH e elaboração do plano de recursos hídricos.

Fonte: Brasil (1997), Jacoiet al. (2015); Rodrigues (2017); Strauch (2017); Castro et al. (2018); Gusmão e Pavão (2018); Pavão e Nascimento (2018); Ribeiro et al. (2018).

Algumas infrações estão previstas em lei, como a deriva ou utilização dos recursos hídricos sem outorga e a implementação de empreendimentos relacionados com os recursos hídricos sem autorização. Fraudes, perfuração de poços e não atendimento dos regulamentos também são consideradas infrações. Para a punição, são previstos os seguintes fatores: advertências, multas e embargo (Brasil, 1997).

Por fim, o CNRH e CRHE podem delegar suas competências para organizações sem fins lucrativos. Destaca-se que enquanto um plano de bacia não for aprovado, o potencial hidráulico para geração de energia elétrica pode ser aproveitado mediante legislação setorial específica.

Manejo de Bacias Hidrográficas

A realização do Manejo de Bacias Hidrográficas (MBH) é um processo que deve inicialmente identificar o estado em que a BH se encontra, bem como o estado almejado, já que o seu principal intuito é compatibilizar os usos da terra e conservação ambiental (Schlosser e Karr, 1981, Pires e Santos, 2002; Silva et al., 2016; Oliveira-Andreoli et al., 2019). Para tanto, é preciso verificar se a BH se enquadra em uma categoria (i) natural - ocupadas por vegetação nativa; (ii) rurais - possui áreas destinadas ao desenvolvimento do agronegócio e possuem sua cobertura vegetal alterada; (iii) urbanas - caracterizadas pela grande presença de estrutura e adensamentos urbanos, além de forte alteração de sua vegetação remanescente e (iv) mistas - caracterizadas pela presença de áreas urbanas, espaços destinados ao agronegócio e presença de vegetação nativa.

É indispensável a reversão do quadro de degradação dos ambientes aquáticos inseridos em matrizes urbanas frente a forte influência dos padrões urbanísticos, além de atender a população mais vulnerável e estabelecida em áreas irregulares e implementar políticas públicas articuladas que visam a recuperação dos ambientes aquáticos (Jacobi et al., 2015b), sistematicamente, a longo prazo.

Um diagnóstico da situação atual da BH deve ser elaborado, uma boa alternativa consiste na elaboração de um diagnóstico ambiental (e.g. usos e cobertura da terra, hipsometria, declividade, pedologia, hidrografia, formações geológicas, biodiversidade, aspectos políticos) por meio do emprego de geotecnologias. A utilização dos usos e cobertura da terra das BHs junto ao monitoramento limnológico auxilia na detecção de fontes antropogênicas de degradação (Marotta et al., 2008), possibilitando a constatação da influência sazonal. A identificação de elementos como solos, usos da terra e áreas protegidas contribuem para a reabilitação de áreas degradadas (Domínguez-Domínguez et al., 2019).

Nas regiões densamente povoadas ocorre um uso intensivo da água e o comprometimento de sua qualidade, tornando-a inapta para os usos múltiplos (Ribeiro et al., 2019). Ao mesmo tempo, políticas pertinentes ao contexto (e.g. PNRH, PBH), público afetado, fatores socioeconômicos (e.g. especulação imobiliária, vocação agrícola, atividades industriais) e elaboração de cenários ou emprego de modelagens também devem ser considerados (Wang et al., 2016; Silva, 2018). É de extrema importância a articulação de políticas urbanas municipais com o gerenciamento de recursos hídricos e atenção deve ser dada também para a água subterrânea (Neves et al., 2007).

Tratando-se das BHs urbanas e considerando os seus problemas mais comuns (e.g. saneamento básico, assoreamento, enchentes), o manejo pode ser realizado através de medidas estruturais e não estruturais. A segunda envolve identificação das áreas inundáveis, sistemas inteligentes para emissão de alertas e educação ambiental (Finkler, 2013). Já medidas estruturais, envolvem bacia de retenção, canais verdes, sistemas de biorretenção, vala de infiltração, pavimento permeável, telhados verdes e saneamento básico (Finkler, 2013). A adoção de tecnologias para a redução do consumo progressivo de água nas residências e BHs também é possível, principalmente no que se refere a dispositivos que consomem uma menor quantidade de água (Tundisi, 2008; Paese e Oliveira-Silva, 2010). Como exemplos, pode-se citar o emprego de torneiras com sensores, redutores de pressão e arejadores de torneiras.

BHs rurais demandam medidas para manejo, que buscam basicamente a manutenção da vegetação nativa, controle dos processos erosivos, tratamento dos efluentes gerados, redução das emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE), manutenção da fertilidade do solo e participação dos proprietários rurais (Nguyen et al., 2016; Silva et al., 2016; Shamsoddini e Emami, 2019). Um dos enfoques também é a realização do manejo da água, fator que se torna possível mediante a adoção de boas práticas hídricas, cujo enfoque pauta-se nas dimensões da produção do agronegócio e recursos naturais existentes, o que favorece a manutenção da qualidade e quantidade da água (Ministério do Meio Ambiente, 2006). O Quadro 4 traz algumas práticas sustentáveis que podem ser adotadas em áreas rurais. Nota-se que, em relação ao saneamento básico em pequenas propriedades rurais, o jardim filtrante e a fossa séptica biodigestora (tecnologias da Empresa Brasileira de Pesquisa Pecuária) são medidas que podem ser adotadas em propriedades rurais para controle da contaminação e poluição das águas superficiais e subterrâneas.

A implementação de Sistemas Agroflorestais (SAF) pode ser uma alternativa válida para a redução da fragilidade associada aos sistemas de produção tradicionais, já que permite a combinação de diferentes espécies (e.g. frutas, fixadoras de nitrogênio) e a sua integração com práticas agrícolas, contribuindo para a melhoria da qualidade do solo e controle biológico de pragas (Lima et al., 2010; Iwata et al., 2012; Martins et al., 2013; Silva et al., 2014). Nesse sentido, a agricultura de baixo carbono pode favorecer a elaboração de propostas que almejem a implementação de SAF.

Na sequência, o manejo de BH mistas envolve o emprego de medidas direcionadas para áreas rurais e urbanas. Deve-se optar por medidas que favoreçam a retenção do fluxo de água, controle dos processos erosivos, manutenção da vegetação nativa (principalmente nas áreas de maior declividade e zona ripária) e não descarga de efluentes nos corpos hídricos superficiais sem tratamento prévio eficiente (Silva et al., 2017; Smith et al., 2019).

A vegetação nativa presente nas BHs é

regulada pela Lei de Proteção da Vegetação Nativa (Lei Federal 12.651/2012), mecanismo normativo responsável por dispor sobre critérios de proteção. A recuperação das áreas degradadas, proteção de nascentes, integração com os fragmentos remanescentes (e.g. reservas legais) e proteção das áreas de recarga são essenciais para a manutenção da integridade da BH e continuidade da provisão dos serviços ecossistêmicos (i.e. benefícios que a sociedade obtém dos ecossistemas naturais).

Quadro 4 - Descrição dos integrantes do SNGREH.

Categoria	Práticas	Descrição
Caráter vegetativo: uso racional da vegetação para minimizar a ocorrência de processos erosivos	Culturas em faixas ou consórcio de culturas	Plantio de culturas em faixas que variam em largura, combinando plantas que fornecem pouca proteção ao solo com plantas que possuem crescimento denso, ocorrendo uma alternância anual.
	Faixa de vegetação permanente	Plantio de cordões de vegetação permanente com faixas de plantas perenes que apresentam crescimento denso, dispostas em nível em um determinado espaço horizontal.
	Plantio direto	Sistema de plantio onde a semeadura não remove o solo e não ocorre a remoção de restos vegetais ou palha, um sulco pequeno é aberto somente para garantir o contato da semente com o solo, auxiliando no controle da erosão superficial.
Caráter edáfico: práticas que realizam modificações nos sistemas de cultivo e controlam os processos erosivos, além de melhorar a fertilidade do solo	Adubação verde	Incorporação de plantas ao solo que auxiliam na melhora dos atributos do solo (matéria orgânica, condições físicas do solo), as leguminosas além de aumentarem os teores de matéria orgânica no solo, fixam também o nitrogênio (prática vegetativa).
	Adubação orgânica	Uso de resíduos orgânicos gerados pela produção animal e vegetal para compostagem.
Caráter mecânico: uso de estruturas artificiais que visam a quebra da velocidade de escoamento da água durante episódios de chuva e facilitam a infiltração	Controle da erosão associada a estradas	Correção de processos erosivos através de estruturas para captação das águas pluviais, utilizando barraginhas e distribuindo a água pluvial captada pelo leito da estrada. As estradas devem ser planejadas para atender em longo prazo as demandas de tráfego.
	Terraceamento agrícola	Construção de obstáculos físicos para o controle da erosão hídrica, reduzindo a velocidade da água pluvial e favorecendo sua infiltração no solo, levando em conta as características da propriedade rural.

Fonte: Adaptado de São Paulo (2011), Filizola et al. (2011), e Finkler (2013).

O emprego da reabilitação para a recuperação das funções ecológicas e o emprego da eco-hidrologia para recuperação da vegetação em locais estratégicos do terreno, são táticas que podem contribuir efetivamente para a recuperação da vegetação nativa (Theiling et al., 1995; Tambosi et al., 2015) e uso racional da BH, já que quanto

maior a complexidade da paisagem, melhor a sua resposta aos eventos de perturbação (Tscharntke et al., 2012).

Claramente, o PBH possui caráter multidisciplinar e possui várias vertentes (e.g. saneamento básico, urbanismo, meio ambiente, defesa civil, usos do solo, vegetação nativa) e

abrange aspectos regionais que transcendem municípios (Rodrigues, 2017). É preciso lidar com as mudanças climáticas, principalmente no que se refere à contaminação dos recursos hídricos e extremos hidrológicos (Tundisi, 2008). A remoção de áreas naturais em função de outros usos da terra contribui para o aumento da emissão de GEE, situação que também, pode se intensificar conforme os usos da terra (Sousa et al., 2020). Verifica-se a necessidade de um plano que vise a recuperação das águas e maior financiamento (Silva et al., 2018, Betterncourt et al., 2021).

Outro fator importante para o MBH é a consideração dos instrumentos de gestão ambiental existentes, como o Plano Diretor (PD) e os zoneamentos (e.g. Zoneamento Ecológico Econômico, Zoneamento Ambiental, Zoneamento Agrícola), além dos instrumentos presentes na PNRH, Políticas Agrícolas e do futuro Plano Nacional de Desenvolvimento Regional, a ser desenvolvido pelo Ministério do Desenvolvimento Regional. O PD e demais formas de zoneamento são, basicamente, elementos que mostram aptidões e restrições existentes em um determinado território mediante a consideração de uma série de fatores (e.g. tipos de solos, declividade, fragilidade ambiental, fatores climáticos), com o intuito de disciplinar o uso e cobertura da terra, mediante o estabelecimento de diretrizes e otimizar o uso dos recursos naturais, considerando a questão ecológica de cada localidade.

Outros instrumentos podem contribuir neste sentido. Strauch (2017) destaca que: a Política Nacional de Saneamento Básico influencia diretamente na qualidade da água; a Política de Defesa Civil pauta seus trabalhos na prevenção e mitigação de eventos extremos, bem como a recuperação; as Unidades de Conservação favorecem a proteção dos recursos hídricos; a Política Nacional da Irrigação auxilia no uso sustentável da água e terra; e a Política Agrícola adota a BH como unidade básica e busca a recuperação dos ambientes.

A proteção de ecossistemas aquáticos pode ser favorecida mediante a integração de políticas públicas (Silva et al., 2019b), mas tal integração pode ser afetada em BH que possuem uma área de drenagem que ultrapassa os limites administrativos do município. Nesta ótica, o planejamento regional pode auxiliar no processo de gestão das bacias que estão inseridas em mais de um município, favorecendo, assim, a integração com outras políticas e instrumentos ambientais, promovendo os usos múltiplos da água e manejo das BHs (Oliveira-Andreoli et al., 2019).

Seguindo uma lógica semelhante, o plano de recursos hídricos traz uma série de informações

que auxiliam no MBH, visto que possui um conteúdo mínimo, além de apresentar ações para que os objetivos sejam atingidos e ser integrado com outras políticas (e.g. uso de cobertura do solo, zoneamentos). Ressalta-se que, a fiscalização por parte dos órgãos públicos é extremamente importante para a contemplação dos objetivos, e para o controle eficaz dos impactos ambientais decorrentes do desenvolvimento de atividades econômicas (e.g. saneamento ambiental adequado, gerenciamento de resíduos sólidos, adoção de tecnologias para controle da poluição).

O conjunto desses instrumentos possibilita o planejamento do território da BH, a sua articulação auxilia na implementação de estratégias de manejo nos diferentes níveis administrativos (i.e. Federal, Estadual e Municipal). É importante enfatizar que os componentes e processos que ocorrem na BH estão sendo considerados, assim como uma série de ações necessitam ser elaboradas mediante os objetivos a serem atingidos e mediante os prognósticos/cenários obtidos. Deve-se evitar a contínua conversão de áreas naturais em outros usos da terra, ocorrência de processos erosivos e controlar a poluição/contaminação, medidas que exigem o envolvimento de produtores rurais, representantes das atividades industriais desenvolvidas na área de interesse, população e gestores públicos.

A drenagem da água nas BHs é um fator a ser considerado, devem ser empregadas técnicas que favoreçam a retenção da água no sistema. No meio urbano podem ser adotados Sistemas Sustentáveis de Drenagem Urbana - *Sustainable Urban Drainage Systems* (e.g. obras para contenção do escoamento superficial, emprego de pavimento permeável, baixa impermeabilização, armazenamento temporário da água pluvial, valas de infiltração, telhado verde) (Smith et al., 2019).

A questão econômica ainda é um dificultador no gerenciamento de recursos hídricos, porém os recursos advindos da cobrança da água podem favorecer investimentos relacionados a recuperação dos corpos aquáticos (Neves et al., 2007). Sendo assim, esse instrumento de política ambiental possibilita a implementação de estratégias direcionadas ao MBH. A obtenção desses recursos pode ser proveniente de fundos específicos, criados por mecanismos, dispositivos ou através da participação em projetos (e.g. Plantando Águas), assim como, podem ser obtidos através dos usuários de água e atividades potencialmente poluidoras. O município desempenha um papel muito importante no gerenciamento de recursos hídricos devido a sua interação com outros atores na BH, além das articulações de medidas que possuem caráter

conservacionista ou preservacionista no ordenamento do território (Carneiro et al., 2008).

O comprometimento da qualidade da água, a ocorrência de chuvas abaixo da média e a baixa disponibilidade hídrica afeta a disponibilidade de oferta para as bacias hidrográficas (Jacobi et al., 2015). É importante considerar a vazão outorgada e o balanço existente entre oferta e demanda, situação que exige a verificação da Curva de Permanência da BH (Abreu e Tonello, 2018). Ademais, é preciso identificar conflitos pelo uso da água, avaliação da oferta e demanda futura, análise do contexto regional e a identificação da estrutura institucional (Ribeiro et al., 2019).

O Pagamento por Serviços Ambientais é um instrumento de grande valia para a sustentabilidade socioeconômica e ambiental nas BHs, visto a geração de recursos que podem ser repassados aos protetores e contribuição para a manutenção da qualidade da água (Hupfer e Chaves, 2017). Tal situação pode favorecer a implementação dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável e do Acordo Climático de Paris, visto a otimização proporcionada nas paisagens pelos recursos financeiros (Santos et al., 2020).

Monitoramento de Recursos Hídricos

Ainda no que tange ao manejo de bacias hidrográficas e GRH, é preciso enfatizar a necessidade de adoção de medidas que permitam o entendimento dos padrões existentes na paisagem e dos processos ecológicos que ocorrem nas BHs. A qualidade da água acaba sendo comprometida em função dos diferentes usos da terra (e.g. áreas agrícolas, industriais, áreas urbanas), devido a poluição (Uuemma et al., 2007; Souza e Pizella, 2020) e outras ações antropogênicas.

A entrada de compostos nos ambientes aquáticos, oriundos de áreas antropogênicas, ocasiona mudanças diretas na qualidade e quantidade dos recursos hídricos, conferem mudanças no ambiente físico e nos componentes biológicos (Machado et al., 2020). Assim, quando abordamos o monitoramento de recursos hídricos, é fundamental realizar análises nos corpos hídricos e na bacia hidrográfica como um todo, que podem ser por meio, respectivamente, do monitoramento limnológico e indicadores da paisagem

A avaliação da qualidade da água é um procedimento necessário para a caracterização inicial de um determinado corpo hídrico. Cabe salientar que, a qualidade depende da finalidade de seu uso, cuja destinação pode ser para o abastecimento público ou, até mesmo, a verificação da interferência ocasionada pelo descarte de efluentes advindos de processos industriais. O

monitoramento limnológico fornece subsídios para a tomada de decisão e demanda o conhecimento técnico e pesquisacientífica, já que as alterações da qualidade da água envolvem fatores antropogênicos ou mesmo naturais, que podem inviabilizar os ecossistemas aquáticos continentais (Marotta et al., 2008; Gonzales-Inca et al., 2015).

Um diagnóstico eficiente é necessário para a resolução dos problemas relacionados à gestão inadequada dos recursos hídricos, principalmente por auxiliar no manejo e uso dos mesmos (Buss et al., 2003). Para tanto, campanhas de amostragem devem ser realizadas a fim de verificar a situação em que o ambiente alvo de análise se encontra. Usualmente, as amostragens de água e/ou sedimento ocorrem considerando o ciclo hidrológico: durante a estação chuvosa (verão) e de estiagem (inverno), uma vez que o nível de água presente no ecossistema aquático e a temperatura ambiente sofrem variações, por causa da sazonalidade. Além do gradiente temporal (i.e. período chuvoso e seco), costuma-se realizar a amostragem considerando um gradiente longitudinal, isto é, coletas de águas são realizadas em vários pontos distintos do mesmo corpo hídrico com o intuito de verificar alterações e suas possíveis causas associadas.

O processo de amostragem deve ser planejado com antecedência. Recomenda-se a coleta das amostras em triplicata com o auxílio de garrafas de vidro esterilizadas ou de polipropileno (1 L). O frasco deve ser mergulhado no corpo hídrico e ser preenchido completamente, assim como, deve-se evitar a formação de bolhas dentro da garrafa, evitando alterações no oxigênio dissolvido da amostra. No caso de reservatórios, recomenda-se a coleta de água em diferentes níveis de profundidade, o que pode ser feito com uma garrafa Van Dorn. Em ambos os casos, obtidas as amostras, deve-se condicioná-las em uma caixa térmica com gelo (4° C) e levadas para o laboratório para fins de análises.

Tratando-se do sedimento, as amostras podem ser coletadas com uma pá metálica ou equipamentos específicos como trados ou dragas, e armazenada em sacos plásticos. Novamente, a amostragem pode ocorrer seguindo um gradiente longitudinal e ser realizada em triplicata.

O Quadro 5 apresenta variáveis limnológicas frequentemente mensuradas em um programa de monitoramento limnológico, como também informações sobre o método de análise, equipamentos e referências para a sua determinação. Vale a pena mencionar que, quando uma sonda multiparâmetro (e.g. Horiba, YSI) é utilizada, a mensuração de algumas variáveis (condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, pH,

temperatura, turbidez) ocorre em campo, o que dispensa a sua mensuração em laboratório. Já no Quadro 6, é apresentado o significado ambiental de algumas variáveis limnológicas.

No Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2011) são apresentadas diretrizes para que ocorra a coleta de amostras abióticas, assim como comunidades aquáticas. Uma padronização dos métodos utilizados em território nacional acaba sendo favorecida pelo manual, contribuindo para o monitoramento limnológico e diagnóstico dos

corpos hídricos. Os seguintes aspectos são contemplados (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2011): (i) planejamento de amostragem; (ii) organização dos trabalhos de campo; (iii) controle de qualidade na amostragem; (iv) equipamento de amostragem; (v) amostragem de água bruta e sedimentos; (vi) amostragem de águas para abastecimento público; (vii) amostragem de efluentes líquidos; (viii) amostragem de efluentes líquidos; (xi) ensaios de campo e (x) medição de vazão.

Quadro 5 - Variáveis de qualidade da água e o seu respectivo método de análise.

VARIÁVEL LIMNOLÓGICA	MÉTODO DE ANÁLISE	REFERÊNCIA OU EQUIPAMENTO
Coliformes termotolerantes e totais	Cartela com meio de cultura em gel	Colipaper®
Condutividade elétrica e Sólidos totais dissolvidos	Condutímetro	Marca Digimed – Modelo DM 3
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO _{5,20})	Polarográfico	APHA, AWWA e WPCF (1998)
Fósforo Total	Espectrometria	Strickland e Parsons (1972)
Nitrogênio Total	Quimioluminescência	SHIMADZU
Oxigênio Dissolvido	Oxímetro	Marca Schott Instrument – Modelo Handylab X1 (Alemo)
pH	Medidor de pH	Marca Digimed – Modelo - DMPH-2
Temperatura	Termômetro	-
Turbidez	Medidor de bancada	2100PTurbidimeter – Marca HACH
Sólidos Totais	Método gravimétrico	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (1978)

Fonte: Silva et al. (2017).

Quadro 6 - Variáveis limnológicas e o seu respectivo significado ambiental.

VARIÁVEL	SIGNIFICADO
Coliformes totais e termotolerantes	Indicativo de contaminação microbiológica e despejo irregular de efluentes domésticos, são microrganismos que fermentam a lactose a 45°C. A <i>Escherichia coli</i> é típica do intestino de animais de sangue quente e caracterizada por ser de origem fecal, sua presença pode ser um indicativo de doenças de veiculação hídrica, já que patógenos podem estar presentes na água.
Condutividade elétrica	Corresponde a capacidade de condução de uma corrente elétrica, que varia conforme as concentrações de íons presentes na água. Níveis acima de 100 µS/cm indicam a existência de impactos sobre o sistema aquático.
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO _{5,20})	Corresponde à concentração de oxigênio necessária para a degradação da matéria orgânica mediante a ação da comunidade microbiana. Pode ser entendida como uma medida indireta de cargas poluidoras nos ambientes aquáticos.
Fósforo Total	Elemento que participa da produção primária, corresponde a formas inorgânicas e orgânicas. É um macronutriente importante para a composição celular, suas concentrações aumentam devido a entrada de fertilizantes, ressuspensão do sedimento e esgoto doméstico.
Nitrogênio Total	Corresponde às formas de nitrogênio orgânico, nitrato, nitrito e amônia. Participa dos processos de produção primária e outros processos biológicos, é encontrado em

	suspensão ou na forma dissolvida na água e sua principal fonte são os fertilizantes, efluentes domésticos e industriais.
Oxigênio Dissolvido	Pode ser compreendida como o oxigênio dissolvido nos ambientes aquáticos devido a diferença existente entre a pressão parcial. A solubilidade do oxigênio diminui com o aumento da temperatura. Baixas concentrações de oxigênio é um indicativo da ocorrência e poluição ou um intenso processo de degradação de matéria orgânica.
pH	Trata-se de uma mensuração do quão ácido ou básico o ambiente está visto a concentração de íons hidrogênio livres ali presentes. Influencia diretamente na fisiologia dos seres vivos e pode favorecer a liberação ou precipitação de metais pesados. Valores inferiores a 5,5 ou superiores a 9,5 podem desencadear efeitos nocivos para a biota aquática.
Temperatura	Associada ao regime climático e marcada por variações diárias ou sazonais, sofre influência de fatores geográficos (e.g. altitude, latitude) e influência diversos processos físico-químicos. Valores elevados indicam poluição térmica.
Turbidez	Refere-se ao grau de atenuação da penetração de luz nos corpos hídricos, ocasionado pelos materiais sólidos orgânicos/inorgânicos em suspensão. Altos valores influenciam negativamente os processos fotossintéticos
Sólidos Totais	Remete-se a matéria (in)orgânica que permanece como resíduo após a evaporação de uma amostra em um determinado período mediante uma temperatura fixa. Sua concentração aumenta conforme o grau de poluição. Concentrações maiores costumam ser encontradas durante o período chuvoso, devido ao arraste de elementos para os corpos hídricos.

Fonte: Cunha-Santino e Bianchini Jr. (2010), Silva et al. (2017) e Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (2018).

Indicadores de Paisagem

Na literatura, é evidente a forte relação existente entre a composição da paisagem e sua influência sobre a qualidade da água (O'Neill et al., 1997; Gergel et al., 2002; Gergel, 2005; Lathrop et al., 2007; Amiri e Nakane, 2009; Chen et al., 2009; Petty et al., 2010; Qiu e Turner, 2015; Buma e Livneh, 2017; Paula et al., 2018; Zhang et al., 2018; Ikematsu et al., 2020). Os indicadores de paisagem desempenham um importante papel por permitirem a verificação dos impactos humanos sobre os recursos hídricos e quais os usos da terra relacionados com a deterioração da qualidade da água, assim como, com a variabilidade físico-química dos ambientes e o fornecimento de bases para a manutenção da integridade da BH (Gergel, 2002; Gergel et al., 2005).

As áreas naturais, em especial as zonas ripárias, desempenham várias funções ambientais e participam da provisão de serviços ecossistêmicos (retenção sedimentos, purificação da água, estabilidade das margens) e são indispensáveis para a manutenção da qualidade dos recursos hídricos (Ikematsu et al., 2020). Alterações da cobertura vegetal impactam diretamente no balanço hídrico, então este componente da paisagem é útil para se verificar os distúrbios nas bacias hidrográficas (Dosskey et al., 2010, Buma e Livneh, 2017)

Neste sentido, nota-se que o planejamento da paisagem auxilia no monitoramento de mudanças e no controle das fontes responsáveis

pelas alterações limnológicas (Chen et al., 2009). O indicador de paisagem Hemerobia pode ser de grande valia para a constatação do grau de naturalidade e artificialidade das bacias hidrográficas, subsidiando a tomada de decisão e o desenho de medidas de manejo.

Este indicador foi proposto por Jalas durante o ano de 1955, com o intuito de se constatar o grau de proximidade existente com o natural, além de apontar a capacidade de regulação dos distúrbios pelas unidades que constituem a paisagem (Walz e Stein, 2014). A Hemerobia reflete a naturalidade da paisagem por meio de uma escala (Quadro 7), além disso, é capaz de refletir o grau de interferência antropogênica, a dependência do manejo humano e a dependência tecnológica. De acordo com a estrutura da biocenose, é possível se verificar o grau de distúrbios ocasionados pela ação antropogênica (Sukopp, 2003). Outrossim, uma descrição acerca da biodiversidade também pode ser obtida por meio da Hemerobia, visto a consideração dos reflexos da ação antropogênica sobre o meio abiótico e biótico (Rüdisser et al., 2012).

Ademais, o Grau de Hemerobia é uma ferramenta útil para a avaliação da estrutura da paisagem e a sua influência sobre a qualidade da água, já que áreas com maiores graus de Hemerobia (e.g. Polihemerobiótico, Metahemerobiótico) tendem a influenciar negativamente a qualidade da água, em função das desregulações que ocorrem nos ecossistemas,

principalmente na sua estrutura e metabolismo (Silva et al., 2017; Ferreira et al., 2018). Desta forma, este indicador de paisagem constitui uma ferramenta para a gestão de recursos hídricos e manejo de bacias hidrográficas, uma vez que, pode se verificar as áreas com maior desregulação e se adotar medidas que visem salvaguardar os ambientes com maior grau de naturalidade, impedindo a homogeneização da paisagem.

Logo, evidencia-se a necessidade de criação de 'paisagens multifuncionais', pautadas na condução de um manejo adequado das áreas

iteradas que influenciam diretamente na qualidade e quantidade da água, localidades que podem ser consideradas *hotspots* de mudança. Uma paisagem heterogênea exerce influência sobre os serviços ecossistêmicos, nas BHs, é de vital importância a manutenção das áreas naturais e para a manutenção da qualidade dos recursos hídricos (Qiu e Turner, 2015). A impermeabilização de mais de 30% da bacia hidrográfica acarreta na deterioração da qualidade da água, situação que torna preciso a implementação de políticas que auxiliem na manutenção da paisagem (Lathrop et al., 2007).

Quadro 7- Graus de hemerobia, naturalidade e sua respectiva descrição.

HEMEROBIA	NATURALIDADE	DESCRIÇÃO
Ahemerobiótico	Natural	Sistemas caracterizados por nenhuma ou mínima alteração (e.g. influência de processos globais), dotado de grande capacidade de autorregulação e com baixíssima ou nenhuma interferência antropogênica e dependência tecnológica
Oligohemerobiótico	Próximo ao Natural	Sistemas semelhantes ao anterior, possuem a estrutura e funcionamento ecológico esperado, porém com maior grau de interferência antropogênica e dependência tecnológica
Mesohemerobiótico	Semi-Natural	Sistemas em que os ecossistemas naturais característicos não ocorrem mais, sofreram modificações e se tornaram novos ecossistemas em função da interferência antropogênica, é marcado pela artificialização parcial, apresenta baixa dependência tecnológica e uma limitada capacidade de autorregulação
Euhemerobiótico	Alterado	Sistemas modificados e marcados pelo domínio do agronegócio, assim como uma forte dependência tecnológica e necessidade de manejo, apresenta uma moderada a forte interferência antropogênica e baixa capacidade de autorregulação
Polihemerobiótico	Cultural	Sistemas que englobam áreas de mineração, áreas peri-urbanas e de transição (rural-urbano), caracterizada pela redução dos elementos naturais, bem como uma forte dependência de manejo, uma alta interferência antropogênica e dependência energética
Metahemerobiótico	Artificial	Sistemas artificiais com selamento do solo $\geq 30\%$, criados totalmente pelos humanos e dependente do seu manejo, estando sob forte interferência antropogênica e marcados pela completa destruição das biocenoses, além de uma alta dependência tecnológica

Fonte: Blume e Sukopp (1976), Habber (1990), Rüdissler et al. (2012), Walz e Stein (2014).

Considerações finais

Os esforços destinados para a gestão dos recursos hídricos no Brasil são datados do século passado. A BH é a unidade de planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos, visto a sua forte associação com os aspectos biofísico e social. O seu manejo deve ocorrer de modo a possibilitar a implementação de todas as políticas existentes, caracterizadas pela fragmentação que ocorre nos diferentes níveis administrativos, situação que pode ser favorecida pelo planejamento regional. A implementação de estratégias conservacionistas, a

implementação do saneamento ambiental, articulação entre os instrumentos existentes e o emprego de geotecnologias são de fundamental importância para o MBH, sejam elas consideradas mistas, urbanas ou rurais. O MBH, se realizado de forma correta, contribui para a manutenção dos usos múltiplos da água e a continuidade da prestação dos serviços fornecidos pelos ecossistemas aquáticos a toda sociedade, como oportunidades recreativas e a provisão de água. O processo de gerenciamento deve ter a participação de todos os envolvidos (órgãos públicos, setor civil, *stakeholders*) e a aplicação dos recursos

advindos da cobrança pelo uso da água podem favorecer a implementação de ações nas BHs. De fato, a realização do MBH e o gerenciamento de recursos hídricos através da aplicação das políticas correlacionadas e indicadores de paisagem, favorecem a promoção dos usos múltiplos da água e o atendimento das necessidades oriundas da sociedade. O monitoramento limnológico permite verificar o que ocorre nos ambientes aquáticos e o grau de perturbação antropogênica, já os indicadores de paisagem permitem o entendimento dos aspectos de ordem espacial na BH. Ambos favorecem o planejamento em curto, médio e longo prazo, visto os subsídios para a tomada de decisão e a identificação de áreas prioritárias para a aplicação de recursos.

Agradecimentos

O apoio financeiro para a realização deste trabalho foi concedido pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (Processos: 800364/2014-7 e 158927/2018-4). Agradecemos os revisores que avaliaram este manuscrito.

Referências

- Abreu, M.C., Tonello, K.C., 2018. Disponibilidade e demanda hídrica na bacia do rio Sorocaba, Brasil: um alerta à gestão dos recursos hídricos. *Sociedade & Natureza* [online] 30, 209-232. Disponível em: <https://doi.org/10.14393/SN-v30n3-2018-11>. Acesso em: 12 nov. 2020.
- Agência Nacional de Águas, 2002. A evolução da gestão dos recursos hídricos no Brasil, Brasília, 32p.
- Agência Nacional de Águas. Divisões hidrográficas do Brasil, 2019. Disponível: http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/aguas-no-brasil/panorama-das-aguas/copy_of_divisoes-hidrograficas. Acesso: 26 dez. 2019.
- Agência Nacional de Águas. O que é o SINGREH?, 2020. Disponível: <https://www.ana.gov.br/aguas-no-brasil/sistema-de-gerenciamento-de-recursos-hidricos/o-que-e-o-singreh>. Acesso: 26 abr. 2020.
- Amiri, B. J., Nakane, K., 2009. Modeling the linkage between river water quality and landscape metrics in the Chugoku district of Japan. *Water resources management* [online] 23, 931-956. Disponível: <https://doi.org/10.1007/s11269-008-9307-z>. Acesso: 25 jun 2020.
- Associação Brasileira de Captação Nacional de Águas. A Declaração de Dublin sobre Água e Desenvolvimento Sustentável, 2020. Disponível: http://www.abcmac.org.br/files/downloads/declaracao_de_dublin_sobre_agua_e_desenvolvimento_sustentavel.pdf. Acesso: 20 jan 2020.
- APHA, American Public Health Association); AWWA; WPCF, 1998. American Water Works Association and Water Pollution Control Federation Standard methods for the examination of water and wastewater. Washington D.C. 874 p.
- Aznar, F., Santos, L., Silva, M., Araújo, R., 2020. A influência do uso e ocupação do solo na análise das variáveis limnológicas no ponto de monitoramento Stan 02700 do Rio Santo Anastácio, município de Piqueroibi –SP. *Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista* 16, 1-14. Disponível: <http://dx.doi.org/10.17271/1980082716320202439>. Acesso: 27 abr. 2021.
- Bettencourt, P., Fulgêncio, C., Grade, M., Wasserman, J. C., 2021. A comparison between the European and the Brazilian models for management and diagnosis of river basins. *Water Policy* [online] 23, 58-76. Disponível em: <https://doi.org/10.2166/wp.2021.204>. Acesso: 27 abr. 2021.
- Blume, H.P., Sukopp, H., 1976. Ecological significance of anthropogenic soil changes. *Schriftenreihe fur Vegetationskunde* 10, 75-89.
- Bozelli, R.L., Farias, D.S., Lima, S.K.F., Lira, R.T.S., Nova, C.C., Setubal, R.B., Sodré, E.O., 2019. Pequenas áreas úmidas: importância para a conservação e gestão da biodiversidade brasileira. *Diversidade e Gestão* 2, 122 - 138.
- BRASIL, 1934. Decreto n° 24.643, de 10 de julho de 1934.
- BRASIL, 1997. Lei Federal n° 9433, de 8 de janeiro de 1997.
- Bressiani, D.A., Gassman, P.W., Fernandes, J.G., Garbossa, L.H.P., Srinivasan, R., Bonumá, N.B., Mendiondo, E.M., 2015. Review of Soil and Water Assessment Tool (SWAT) applications in Brazil: Challenges and prospects. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering* [online] 8, 9-35. Disponível: <http://dx.doi.org/10.3965/j.ijabe.20150803.1765>. Acesso: 20 abr 2019.
- Buma, B., Livneh, B., 2017. Key landscape and biotic indicators of watersheds sensitivity to forest disturbance identified using remote sensing and historical hydrography data. *Environmental Research Letters* [online] 12, 074028. Disponível: <http://dx.doi.org/10.1088/1748-9326/aa7091>. Acesso: 20 abr 2019.

- Buss, D.F., Baptista, D.F., Nessimian, J.L., 2003. Bases conceituais para a aplicação de biomonitoramento em programas de avaliação da qualidade da água de rios. *Cadernos de Saúde Pública* [online] 19, 465-473. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-311X2003000200013>. Acesso: 20 ago 2019.
- Carneiro, P.R.F., Cardoso, A.L., Azevedo, J.P.S., 2008. O planejamento do uso do solo urbano e a gestão de bacias hidrográficas: o caso da bacia dos rios Iguaçu/Sarapuí na Baixada Fluminense. *Cadernos Metrópole* 0(19), 165-190.
- Carvalho, A. T. F., 2020. Bacia hidrográfica como unidade de planejamento: discussão sobre os impactos da produção social na gestão de recursos hídricos no Brasil. *Cademo Prudentino de Geografia* 1, 140-161.
- Castro, F.V.F., Alvarenga, L.J., Magalhães JR., A.P., 2005. A Política Nacional de Recursos Hídricos e a gestão de conflitos em uma nova territorialidade. *Geografias* 1, 37-50.
- Chen, L., Tian, H., Fu, B., Zhao, X, 2009. Development of a new index for integrating landscape patterns with ecological processes at watershed scale. *Chinese Geographical Science* [online] 19, 37-45, 2009. Disponível: <https://doi.org/10.1007/s11769-009-0037-9>. Acesso em: 20 mar 2020.
- Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco. O que é gestão de recursos hídricos?, 2020. Disponível: <http://cbhsaofrancisco.org.br/2017/o-que-e-gestao-de-recursos-hidricos>. Acesso: 06 nov. 2020.
- Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Determinação de resíduos em águas - Método gravimétrico, 1978. Normalização Técnica L5.149. São Paulo.
- Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2011. Guia Nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidas. Agência Nacional de Águas, Brasília-DF. 325 p.
- Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Índices de qualidade da água 2016, 2-19. Disponível: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2018/03/Appendice-D-Índices-de-Qualidade-das-Águas-1.pdf>. Acesso: 01 out. 2020.
- Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade das Águas e dos Sedimentos e Metodologias Analíticas e de Amostragem, 2018,4-44. Disponível: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2019/12/Appendice-D-Índices-de-Qualidade-das-Águas-1.pdf>. Acesso: 02 fev. 2020.
- Cunha-Santino, M. B., Bianchini JR, I, 2010. Ciências do ambiente: conceitos básicos em ecologia e poluição. EdUFSCar, São Carlos, 179 p.
- Cutts, B. B., Greenlee, A. J., Prochaska, N. K., Chantrill, C. V., Contractor, A. B., Wilhoit, J. M., Abts, N., Hornik, K., 2018. Is a clean river fun for all? Recognizing social vulnerability in watershed planning. *PLOS One* [online] 13, e0196416. Disponível: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0196416>. Acesso: 27 abr. 2021.
- Domínguez-Domínguez, M., Zavala-Cruz, J, Rincón-Ramírez, J.A., Martínez-Zurimendi, P., 2019. Management Strategies for the conservation, restoration and utilization of mangroves in Southeastern Mexico. *Wetlands* [online] 39, 907-919. Disponível: <https://doi.org/10.1007/s13157-019-01136-z>. Acesso: 20 dez. 2019.
- Dosskey, M. G., Vidon, P., Gurwick, N. P., Allan, C. J., Duval, T., Lowrance, R., 2010. The Role of Riparian Vegetation in Protecting and Improving Chemical Water Quality in Streams. *Journal of the American Water Resources Association* [online] 46, 261-277. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1752-1688.2010.00419.x>. Acesso em: 20 de abril de 2020.
- Duarte, C.G., Malheiros, T.F., Grisotto, L.E.G., Ávila, R.D., 2010. Legislação e gestão de recursos hídricos nas áreas de mananciais da Região Metropolitana de São Paulo, Brasil. *Revista Ambiente & Água* [online] 5, 245-257. Disponível: <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.166>. Acesso: 12 nov. 2020.
- Ferreira, C.S., Silva, F.L., Moitas, M.L., Fushita, A.T., Bianchini Jr, I, Cunha-Santino, M.B., 2018. River Monjolinho Watershed: water quality, sediment and Hemeroby Index. *Ambiência* 14, 522-538.
- Filizola, H.F., Almeida-Filho, G.S., Canil., K., Souza, M.D, Gomes, M.A.F., 2011. Controle dos Processos Erosivos Lineares (ravinas e voçorocas) em Áreas de Solos Arenosos. *Circular Técnica, Jaguariúna*, 1-7.
- Finkler, R, 2013. Planejamento, manejo e gestão de bacias (Unidade 3). Agência Nacional de Águas, Brasília, 60 p.
- Foleto, E.M., 2018. O contexto dos instrumentos de gerenciamento dos recursos hídricos no Brasil. *Geoambiente* [online] 30, 39-59. Disponível: <https://doi.org/10.5216/revgeoamb.v0i30.52823>. Acesso: 30 jun. 2020.

- Galvão, J., Bermann, C., 2015. Crise hídrica e energia: conflitos no uso múltiplo das águas. *Estudos Avançados* [online] 29, 43-68. Disponível: <https://doi.org/10.1590/S0103-40142015000200004>. Acesso: 30 dez. 2019.
- Gergel, S.E., 2005. Spatial and non-spatial factors: When do they affect landscape indicators of watershed loading? *Landscape Ecology* [online] 20, 177-189. Disponível: <https://doi.org/10.1007/s10980-004-2263-y>. Acesso: 30 dez. 2019.
- Gergel, S. E., Turner, M.G., Miller, J.R., Melack, J.M., Stanley, E.H., 2002. Landscape indicators of human impacts to riverine systems. *Aquatic Sciences* [online] 64, 118-128. Disponível: <https://doi.org/10.1007/s00027-002-8060-2>. Acesso: 30 dez. 2019.
- Gonzales-Inca, C.A., Kalliola, R., Kirkkala, T., Kirkkala, T., Lepistö, A., 2015. Multiscale Landscape Pattern Affecting on Stream Water Quality in Agricultural Watershed, SW Finland. *Water Resources Management* [online] 29, 1669-1682. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11269-014-0903-9>. Acesso em: 30 de abril de 2020.
- Gomes, J.L., Barbieri, J.C., 2004. Gerenciamento de recursos hídricos no Brasil e no Estado de São Paulo: um novo modelo de política pública. *Cadernos EBAPE.BR* [online] 2, 1-21. Disponível: <https://doi.org/10.1590/S1679-39512004000300002>. Acesso: 30 dez. 2019.
- Gusmão, P.P., Pavão, B.B.M., 2019. Gestão das águas, comitês de bacias hidrográficas e resolução de conflitos ambientais. *Ambientes: Revista de Geografia e Ecologia Política* 1, 38-77.
- Haber, W., 1990. Using Landscape Ecology in Planning and Management. In: Zonneveld, I.S.; Forman, R.T.T. (Eds.), *Changing Landscapes: an ecological perspective*. Springer-Verlag New York, pp 217-232.
- Hupffer, H.M., Chaves, I.R., 2017. Mecanismos de incentivo econômico: o exemplo privilegiado do programa de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA). In: Strauch, M., Berwing, J. A. (Org.), *Gestão de bacias hidrográficas: bases legais*. Perse, São Paulo, pp. 52 - 84.
- Ikematsu, P., Bitar, O.Y., Longo, M.H.C., Campos, S.J.A.M., Ferreira, A.L., 2020. Análise da função ambiental das áreas de preservação permanente na avaliação de empreendimentos. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais* [online] 55, 1-18. Disponível: <https://doi.org/10.5327/Z2176-947820200537>. Acesso: 05 nov. 2020.
- Ioris, A.A.R., 2006. Passado e presente da Política de Gestão dos Recursos Hídricos no Brasil. *Finisterra* 82, 87 - 99.
- Iwata, B.F., Leite, L.F.C., Araújo, A.S.F., Nunes, L.A.P.L., Gehring, C., Campos, L.P., 2012. Sistemas agrofloreais e seus efeitos sobre os atributos químicos em Argissolo Vermelho-Amarelo do Cerrado piauiense. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* [online] 16, 730-738. Disponível: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662012000700005>. Acesso: 30 jan. 2020.
- Jacobi, P.R., Cibim, J., Leão, R.S., 2015. Crise hídrica na Macrometrópole Paulista e respostas da sociedade civil. *Estudos Avançados* [online] 29, 27-42. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142015000200003>. Acesso em 19 dez. 2019.
- Jacobi, P.R., Fracalanza, A.P., Silva-Sánchez, S., 2015. Governança da água e inovação na política de recuperação de recursos hídricos na cidade de São Paulo. *Cadernos Metrópole* [online] 17, 61-81. Disponível: <https://doi.org/10.1590/2236-9996.2015-3303>. Acesso: 15 out. 2019.
- Lathrop, R.G., Tulloch, D.L., Hatfield, C., 2007. Consequences of land use change in the New York-New Jersey Highlands, USA: Landscape indicators of forest and watershed integrity. *Landscape and Urban Planning, Studying Landscape Change: Indicators, Assessment and Application* [online] 79, 150-159. Disponível: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2006.02.008>. Acesso: 30 out. 2020.
- Latrubesse, E. M., Arima, E., Ferreira, M. E., Nogueira, S. H., Wittmann, F., Dias, M. S., Dagosta, F. C. P., Bayer, M., 2019. Fostering water resource governance and conservation in the Brazilian Cerrado biome. *Conservation Science and Practice* [online] 1, 1-8. Disponível: <https://doi.org/10.1111/csp2.77>. Acesso: 27 abr. 2021.
- Lima, S.S., Leite, L.F.C., Aquino, A.M., Oliveira, F.C., Castro, A.A.J.F., 2010. Estoques da serapilheira acumulada e teores de nutrientes em Argissolo sob manejo agroflorestral no norte do Piauí. *Revista Árvore* [online] 34, 75-84. Disponível: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622010000100009>. Acesso: 30 jun. 2019.
- Machado, A.B., Feska, L.R., Osorio, D.M.M., Berlese, D.B., 2020. Nanopartículas no ambiente aquático – da produção ao tratamento da água: uma revisão. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais* [online] 55, 61-71. Disponível: <https://doi.org/10.5327/Z2176-947820200625>. Acesso: 05 nov. 2020.

- Mancini, R. M. O. M., Jacobi, P. R., 2020. Environmental Sustainability and integration in water resources policy in Brazil: inseparable issues. *Brazilian Journal of Environmental Sciences* [Online] 55, 298-312. Disponível em: <https://doi.org/10.5327/Z2176-947820200622>. Acesso: 27 abr. 2021.
- Marotta, H., Santos, R.O., Enrich-Prast, A., 2008. Monitoramento limnológico: um instrumento para a conservação dos recursos hídricos no planejamento e na gestão urbano-ambientais. *Ambiente & Sociedade* [online] 9, 67-79. Disponível: <http://dx.doi.org/10.1590/S1414-753X2008000100006>. Acesso: 05 nov. 2020.
- Martins, J.C.R., Menezes, R.S.C., Sampaio, E.V.S.B., Santos, A.F., Nagai, M.A., 2013. Produtividade de biomassa em sistemas agroflorestais e tradicionais no Cariri Paraibano. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* [online] 17, 581-587. Disponível: <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662013000600002>. Acesso: 05 nov. 2020.
- Melo, G.K.R.M.M., Maracaj, K.F.B., Dantas Neto, J., 2012. Histórico evolutivo legal dos recursos hídricos no Brasil: uma análise da legislação sobre a gestão dos recursos hídricos a partir da história ambiental. *Âmbito Jurídico* 15(100), 11606-11606.
- Mello, K., Valente, R. A., Randhir, T.O., Vettorazzi, C.A., 2018. Impacts of tropical forest cover on water quality in agricultural watersheds in southeastern Brazil. *Ecological Indicators* [online] 93, 1293-1301. Disponível: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.06.030>. Acesso: 27 abr. 2021.
- Ministério do Meio Ambiente - MMA. Caderno Setorial de recursos hídricos: agropecuária. Secretaria de Recursos Hídricos – Brasília, 2006, 96 p.
- Ministério do Meio Ambiente. Ciclo Hidrológico. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/agua/recursos-hidricos/aguas-subterraneas/ciclo-hidrologico.html>. Acesso: 03 jan. 2019.
- Muralikrishna, I.V., Manickam, V., 2017. Chapter One - Introduction. In: Muralikrishna, I.V., Manickam, V. (Eds.). *Environmental Management*. [s.l.], Butterworth-Heinemann, 1-4.
- Neves, M.A., Pereira, S., Fowler, H.G., 2007. Impactos do sistema estadual de gerenciamento de recursos hídricos na bacia do Rio Jundiá (SP). *Ambiente & Sociedade*, 10, 149-160. Disponível: <https://doi.org/10.1590/S1414-753X2007000200010>. Acesso: 30 jan. 2019.
- Nguyen, L.H., Mohan, G., Jian, P., Takemoto, K., Fukushi, K., 2016. Low-Carbon watershed management: potential of greenhouse gas reductions from wastewater treatment in rural Vietnam. *The Scientific World Journal* [online] 2016, 1-12. Disponível: <https://doi.org/10.1155/2016/6523217>. Acesso: 30 jun. 2019.
- Oliveira-Andreoli, E.Z., Silva, F.L., López, F.M.A., Machado, R., Teodoro, C., Bianchini Júnior, I., Cunha-Santino, M.B.; Fushita, A.T., Crestana, S., 2019. A importância do planejamento regional para a manutenção dos usos múltiplos da água em bacias hidrográficas. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais* [online] 52, 16-27. Disponível: <https://doi.org/10.5327/Z2176-947820190479>. Acesso: 10 jan. 2020.
- O'Neill, R.V., Hunsaker, C.T., Jones, B., Riitters, K.H., Wickham, J.D., Schwartz, P.M., Goodman, I.A., Jackson, B.L., Baillargeon, W.S., 1997. Monitoring Environmental Quality at the Landscape Scale: Using landscape indicators to assess biotic diversity, watershed integrity, and landscape stability. *BioScience* [online] 47, 513-519. Disponível: <https://doi.org/10.2307/1313119>. Acesso: 05 nov. 2020.
- Paes, R.P., Oliveira-Silva, G.C., 2010. Aplicação de tecnologias de conservação do uso da água através do reúso - estudo de Caso Cuiaba, MT. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos* [online] 15, 97-107. Disponível: <https://doi.org/10.21168/rbrh.v15n3.p97-107>. Acesso: 19 jan. 2019.
- Paula, F. R.; Gerhard, P., Ferraz, S. F. B., Wenger, S. J., 2018. Multi-scale assessment of forest cover in an agricultural landscape of Southeastern Brazil: Implications for management and conservation of stream habitat and water quality. *Ecological Indicators* [online] 85, 1181-1191. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.11.061>. Acesso em: 12 nov. 2020.
- Pasqualetto, A., Lo Presti, D., Rovai, M., Muro, A., Jr., 2019. Comparison of Water Resources Policies between Brazil and Italy. *Laws* [online] 8, 1-17. Disponível: <https://doi.org/10.3390/laws8040032>. Acesso: 27 abr. 2021.
- Pavão, B.B.M., Nascimento, E.P., 2019. Crise hídrica como unidade analítica sobre a regulação das águas brasileiras. *Revista Desenvolvimento e Meio Ambiente* [online] 52, 1-20. Disponível: <http://dx.doi.org/10.5380/dma.v52i0.65212>. Acesso: 10 jan. 2020.
- Peixoto, F.S., Silveira, R.N.C.M., 2017. Bacia hidrográfica: tendências e perspectivas da

- aplicabilidade no meio urbano. *Revista Brasileira de Geografia Física* [online] 10, 840-853. Disponível: <https://doi.org/10.5935/1984-2295.20170054>. Acesso: 10 jan. 2020.
- Petty, J.T., Fulton, J.B., Strager, M.P., Merovich, G.T., Stiles, J. M., Ziemkiewicz, P.F., 2010. Landscape indicators and thresholds of stream ecological impairment in an intensively mined Appalachian watershed. *Journal of the North American Benthological Society* [online] 29, 1292-1309. Disponível: <https://doi.org/10.1899/09-149.1>. Acesso: 05 nov. 2020.
- Pinheiro, J.A.C., Dias, H.C.T., Paiva, H.N., Silva, C.M., Fernandes Filho, E.I., Oliveira Neto, S.N., Barbosa, R.A., 2019. Processos hidrológicos na bacia hidrográfica do Córrego Zerede em Timóteo - MG. *Ciência Florestal* [online] 29, 1658-1671. Disponível: <https://doi.org/10.5902/198050984677>. Acesso: 11 nov. 2020.
- Pires, J.S.R., Santos, J.E., 2002. A utilização do conceito de bacia hidrográfica para a conservação dos recursos naturais. In: Schiavetti, A., Camargo, A.F.M. (Org.) *Conceitos de bacias hidrográficas: terias e aplicações*. Editus, Ilhéus, pp. 8 - 27.
- Porto, M.F.A., Porto, R.L.L., 2008. Gestão de bacias hidrográficas. *Estudos Avançados* [online] 22, 43-60. Disponível: <https://doi.org/10.1590/S0103-40142008000200004>. Acesso: 30 nov. 2019.
- Pousa, R., Costa, M. H., Pimenta, F. M., Fontes, V. C., Brito, V. F. A., Castro, M., 2019. Climate Change and Intense Irrigation Growth in Western Bahia, Brazil: The Urgent Need for Hydroclimatic Monitoring. *Water* [online] 11, 993. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/w11050933>. Acesso: 27 abr. 2021.
- Qiu, J., Turner, M.G., 2015. Importance of landscape heterogeneity in sustaining hydrologic ecosystem services in an agricultural watershed. *Ecosphere* [online] 6, 1-19. Disponível: <https://doi.org/10.1890/ES15-00312.1>. Acesso: 30 ago. 2019.
- Ribeiro, W., 2019. Dossiê: água, política e natureza. *Ambientes. Revista de Geografia e Ecologia Política* 1(2), 9 - 10.
- Ribeiro, W.C., Santos, C.L.S., Silva, L.P.B., 2019. Conflito pela água, entre a escassez e a abundância: marcos teóricos. *Ambientes. Revista de Geografia e Ecologia Política* 1(2), 11 - 37.
- Rodrigues, R.S., 2017. Planejamento integrado (ambiental, hídrico, saneamento, uso e ocupação do solo). In: Strauch, M.; Berwing, J. A. (Org.) *Gestão de bacias hidrográficas: bases legais*. Perse, São Paulo, pp. 191 - 204.
- Rossi, R. A., Santos, E., 2018. Conflito e regulação das águas no Brasil - a experiência do Salitre. *Caderno CRH* [online] 31, 151-167. Disponível: <https://doi.org/10.1590/s0103-49792018000100010>. Acesso: 27 abr. 2021.
- Rüdissier, J., Tasser, E., Tappeiner, U., 2012. Distance to nature - a new biodiversity relevant environmental indicator set at the landscape level. *Ecological Indicators* [online] 15, 208-2016. Disponível: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.09.027>. Acesso: 15 jun. 2020.
- Santos, F. A. M.; Coleho-Júnior, M. G., Cardoso, J. C.; Basso, V. M.; Marques, A. L. P., Silva, E. M. R., 2020. Program Outcomes of Payments for Watershed Services in Brazilian Atlantic Forest: How to Evaluate to Improve Decision-Making and the Socio-Environmental Benefits. *Water* [online] 12, 1-24. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/w12092441>. Acesso em: 27 abr. 2021.
- São Paulo, 2011. *Agricultura Sustentável*. Secretaria do Meio Ambiente/ Coordenadoria de Biodiversidade e Recursos Naturais, São Paulo, 76 p.
- Schlosser, I. J., Karr, J. R., 1981. Water quality agricultural watersheds: impact of riparian vegetation during base flow. *Journal of the American Water Resources Association* [online] 17, 233-240. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1752-1688.1981.tb03927.x>. Acesso em: 20 de abril de 2020.
- Shamsoddini, S., Emami, S.N., Bahmani, S., 2019. Analyzing effective factors on rural participation in watershed management activities (Case study: Cheshmeh Zainal Broujen). *Iranian Journal of Watershed Management Science* 13(46), 102-111.
- Silva, A., Fonseca, A., Monteiro, J., Santos, L., 2018. A gestão e monitoramento das águas: uma abordagem das legislações em Portugal e Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física* [online] 11, 1512-1525. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/234359>. Acesso: 27 abr. 2021.
- Silva, F.L., 2018. *Várzeas urbanas: uma abordagem ecológica aplicada para o manejo*. Dissertação (Mestrado). São Carlos, Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo.
- Silva, F.L., Moitas, M.L., Bianchini Jr., I., Cunha-Santino, M. B., 2016. Qualidade dos sedimentos do rio Monjolinho: índice de geoacumulação.

- Revista Ciência, Tecnologia & Ambiente [online] 4, 79-87. Disponível: <https://doi.org/10.4322/2359-6643.04111>. Acesso: 11 nov. 2019.
- Silva, F.L., Oliveira-Andreoli, E.Z., Machado, R., Teodoro, C.C., López, F.M.A., Fushita, A.T., Cunha-Santino, M.B., Bianchini Jr, I., 2019. Aspects that should be considered in a possible revision of the Brazilian Guideline Conama Resolution 357/05. *MOJ Ecology & Environmental Sciences* 4(5), 195-197.
- Silva, F.L., Stefani, M.S., Smith, W.S., Cunha-Santino, M.B., Bianchini Jr., I., 2019. The municipality role in Brazilian wetlands conservation: the establishment of connections among the Master Plan, the National Hydric Resources Policy and two international strategic plans. *Revista Brasileira de Geografia Física* [online] 12, 2193-2203. Disponível: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v12.6.p2193-2203>. Acesso: 30 mar. 2020.
- Silva, F.L., Silva, G.C., Fushita, A.T., Bianchini Jr., I., Cunha-Santino, M.B., 2017. Qualidade das águas e hemerobia da bacia do córrego do Mineirinho, São Carlos, SP. *Revista Brasileira de Geografia Física* [online] 10(6). Disponível: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v10.6.p1921-1933>. Acesso: 30 mar. 2020.
- Silva, J.P., Silva, R.C., Franco, F.S., Lopes, P.R., 2014. Sistema Agroflorestral no Assentamento Pirituba II em Itapeva, São Paulo. *Cadernos de Agroecologia* 9(4), 1 - 10.
- Smith, W.S., Silva, F.L., Biagioni, R.C., 2019. Desassoreamento de rios: quando o poder público ignora as causas, a biodiversidade e a ciência. *Ambiente & Sociedade* [online] 22, 1-20. Disponível: <https://doi.org/10.1590/1809-4422asoc0057r1vu19l1ao>. Acesso: 30 jun. 2019.
- Sobral, M.C., Assis, J.M.O., Oliveira, C.R., Silva, G.M.N., Moraes, M., Carvalho, R.M.C., 2019. Impacto das mudanças climáticas nos recursos hídricos no submédio da bacia hidrográfica do Rio São Francisco - Brasil. *Revista Eletrônica do PRODEMA* [online] 12(3). Disponível: <https://doi.org/10.22411/rede2018.1203.10>. Acesso: 11 nov. 2020.
- Souza, J.R., Moraes, M.E.B., Sonoda, S.L., Santos, H.C.R.G., 2014. A Importância da Qualidade da Água e os seus Múltiplos Usos: Caso Rio Almada, Sul da Bahia, Brasil. *REDE - Revista Eletrônica do PRODEMA* 8(1), 26-45.
- Souza, V.A.A., Pizella, D.G., 2020. O enquadramento das águas doces superficiais brasileiras em rios de domínio da união: desafios e perspectivas para a gestão da qualidade hídrica. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais* [online] 56, 1-15. Disponível: <https://doi.org/10.5327/Z2176-947820200707>. Acesso: 05 nov. 2020.
- Strahler, A.N., 1952. Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography. *Geological Society of America Bulletin* [online] 63, 1117-1142. Disponível: [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1952\)63\[1117:HAAOET\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1952)63[1117:HAAOET]2.0.CO;2). Acesso: 18 nov. 2020.
- Strauch, M., 2017. O sistema de proteção dos recursos hídricos no Brasil. In: STRAUCH, M.; BERWING, J. A. (Org.) *Gestão de bacias hidrográficas: bases legais*. Perse, São Paulo, pp. 8 - 27.
- Strickland, J.D., Parson, T.R., 1972. A manual of sea water analysis. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, Ottawa, 328 p.
- Sullivan, P.J., Agardy, F.J., Clark, J.J. J., 2005. Chapter 1 - The Water We Drink. In: Sullivan, P.J., Agardy, F.J., Clark, J.J.J. (Eds.). *The Environmental Science of Drinking Water*. Butterworth-Heinemann, Burlington. pp. 1-28.
- Tambosi, L.R., Vidal, M.M., Ferraz, S.F.B., Metzger, J.P., 2015. Funções eco-hidrológicas das florestas nativas e o Código Florestal. *Estudos Avançados* [online] 29, 151-162. Disponível: <https://doi.org/10.1590/S0103-40142015000200010>. Acesso: 18 jun. 2020.
- Theiling, C.H., 1995. Habitat rehabilitation on the upper Mississippi River. *Regulated Rivers: Research & Management* [online] 11, 227-238. Disponível: <https://doi.org/10.1002/rrr.3450110212>. Acesso: 18 jun. 2020.
- Trindade, G., 2017. O licenciamento ambiental. In: Strauch, M., Berwing, J.A. (Org.) *Gestão de bacias hidrográficas: bases legais*. Perse, São Paulo, pp. 28 - 51.
- Tscharntke, T., Tylianakis, J.M.; Rand, T.A., Didham, R.K., Fahring, L., Batáry, P., Bengtsson, J., Clough, Y., Crist, T.O., Dormann, C.F., Ewrs, R.M., Fründ, J., Holt, R.D., Holzschuh, A., Klein, A.M., Kleijin, D., Kremen, C., Landis, D.A., Laurence, W., Lindermayer, D., Scherber, C., Sodhi, N., Steffan-Dewenter, I., Thies, C., van der Putten, W.H., Westphal, C., 2012. Landscape moderation of biodiversity patterns and processes - eight hypotheses. *Biological Reviews* [online] 87, 661-685. Disponível: <https://doi.org/10.1111/j.1469-185X.2011.00216.x>. Acesso: 19 jan. 2019.
- Tundisi, J.G., 2003. Ciclo hidrológico e gerenciamento integrado. *Ciência e Cultura* 55(4), 31-33.
- Tundisi, J.G., 2008. Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções. *Estudos Avançados* 22,

- 7-16. Disponível: <https://doi.org/10.1590/S0103-40142008000200002>. Acesso: 30 jan. 2019.
- Tundisi, J.G., Matsura-Tundisi, T., 2008. *Limnologia*, 1. ed. Oficina de Textos, São Paulo, 632 p.
- United Nations World Water A Development Report, 2019. The United Nations World Water Development Report 2019: Leaving no one behind. UNESCO, Paris.
- Uuemaa, E., Roosaare, J., Mander, U., 2007. Landscape metrics as indicators of river water quality at catchment scale. *Hydrology Research* [online] 38, 125–138. Disponível em: <https://doi.org/10.2166/nh.2007.002>. Acesso em: 12 nov. 2020.
- Walz, U., Stein, C., 2014. Indicators of hemeroby for the monitoring of landscapes in Germany. *Journal for Nature Conservation* [online] 22, 279-289. Disponível: <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2014.01.007>. Acesso: 15 set. 2020.
- Wang, G., Mang, S., Cai, H., Liu, S., Zhang, Z., Wang, L., Innes, J.L., 2016. Integrated watershed management: evolution, development and emerging trends. *Journal of Forestry Research* [online] 27, 967–994. Disponível: <https://doi.org/10.1007/s11676-016-0293-3>. Acesso: 30 out. 2019.
- World Health Organization, 2020. 2.1 billion people lack safe drinking water at home, more than twice as many lack safe sanitation. Disponível: <https://www.who.int/news-room/detail/12-07-2017-2-1-billion-people-lack-safe-drinking-water-at-home-more-than-twice-as-many-lack-safe-sanitation>. Acesso: 25 jun 2020.
- Zakia, M.J.B., Ferraz, F.F.B., Righetto, A.M., Lima, W.P., 2009. Delimitação da zona ripária em uma microbacia. *Revista Agrogeoambiental* [online] 1, 51-61. Disponível: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v1n12009235>. Acesso: 25 jun 2020.
- Zhang, X., Liu, Y., Zhou, L., 2018. Correlation Analysis between Landscape Metrics and Water Quality under Multiple Scales. *Environmental Research and Public Health* [online] 15, 1-14. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ijerph15081606>. Acesso: 25 jun 2020.