

Análise da governança da água por meio do arcabouço de robustez: o caso do Reservatório Epitácio Pessoa, PB

Analysis of water governance through the robustness framework: the case of the Epitácio Pessoa Reservoir, PB, Brazil

Maycon Breno Macena da Silva^{1*} , Márcia Maria Rios Ribeiro¹ 

RESUMO

A governança da água está associada à forma como a sociedade utiliza e conserva seus recursos. Por isso, há a necessidade de analisá-la, com o objetivo de que sejam alcançados sistemas hídricos mais robustos. Esta pesquisa aplicou o arcabouço de robustez de sistemas socioecológicos como ferramenta metodológica para avaliar o sistema hídrico composto do Reservatório Epitácio Pessoa, no estado da Paraíba, e sua governança. A quantidade de usuários, os diferentes usos e o arranjo institucional são aspectos que adicionam complexidade ao sistema analisado. Este também sofre impacto de diversos fatores exógenos, como as secas. Ainda assim, muitas das interações entre os componentes da governança foram classificadas como positivas, auxiliando para que haja robustez na dinâmica sistêmica. O arcabouço de robustez mostrou-se eficiente para representar as interações entre os componentes do sistema e permitiu definir alguns desafios para a governança, como a capacidade de adaptação.

Palavras-chave: análise da governança; sistema hídrico local; gestão ambiental; semiárido.

ABSTRACT

Water governance is associated with the way that society uses and conserves its resources. Therefore, it is necessary to analyze it in order to achieve more robust water systems. This research applied the robustness framework of social-ecological systems as a methodological tool to evaluate the water system composed of the Epitácio Pessoa Reservoir, in the Paraíba State, and its governance. The number of users, the different uses and the institutional arrangement are aspects that add complexity to the analyzed system. It is also impacted by several exogenous factors, such as droughts. Even so, many of the interactions between the components of governance have been classified as positive, helping to ensure robustness in the systemic dynamics. The robustness framework proved to be efficient to represent the interactions between the system components and allowed to define some challenges for governance, such as the capacity to adapt.

Keywords: governance analysis; local water system; environmental management; semiarid.

INTRODUÇÃO

Hoje em dia se reconhece que muitos problemas associados às crises hídricas são atribuídos à governança da água e não necessariamente à quantidade de recursos disponíveis (PAHL-WOSTL, 2015; 2017). A governança, conceito na maioria das vezes definido por setores vinculados às relações internacionais e gestão do setor público, está em geral associada à busca pela prática de responsabilidade, transparência, equidade, inclusão, eficácia, eficiência e participação (ARMITAGE; LOË; PLUMMER, 2012). De forma mais específica, Pahl-Wostl (2015) entende a governança da água como a capacidade de regular o desenvolvimento, a gestão e a prestação de serviços dos recursos hídricos em diferentes

níveis da sociedade, bem como de orientar o recurso para um estado desejável. A Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OECD) tem um entendimento semelhante, mas adiciona na sua conceituação a importância da participação de todas as partes interessadas (OECD, 2015).

Para Pahl-Wostl (2015), sem alcançar princípios de uma boa governança nenhum sistema possuirá uma gestão mais justa e sustentável dos recursos hídricos. Ostrom (1990) definiu oito princípios institucionais, também conhecidos como princípios para uma boa governança:

- Limites claramente definidos;
- Congruência entre regras e condições locais;

¹Universidade Federal de Campina Grande, Departamento de Engenharia Civil - Campina Grande (PB), Brasil.

*Autor correspondente: sbrenomacena@gmail.com

Conflitos de interesse: os autores declaram não haver conflitos de interesse.

Financiamento: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pelo Projeto "Governança de água: análise e avaliação em contexto de múltiplas escalas e dupla dominialidade" (processo 421877/2018-9).

Recebido: 01/02/2022 - **Aceito:** 24/10/2022

- Arranjos de escolhas coletivas;
- Monitoramento;
- Sanções graduais;
- Mecanismos de resolução de conflitos;
- Reconhecimento de direitos para se organizar;
- Empreendimentos aninhados.

Uma vez que tais princípios são atendidos, compreende-se que há garantia de governança satisfatória.

Nesse contexto, é importante compreender que a governança e a gestão dos recursos hídricos não são sinônimos. A gestão envolve decisões operacionais para chegar a resultados desejáveis. Já a governança abarca os processos, instituições e atores relacionados à tomada de decisão. Portanto, a gestão é entendida como a operacionalização da governança (ARMITAGE; LOË; PLUMMER, 2012; OGA, 2019). Para obter uma gestão eficiente e sustentável, é preciso apoiar-se em uma boa e robusta governança. De acordo com Marques *et al.* (2022), as ações de governança da água trazem valor como serviços prestados à sociedade se integradas ao que definem como serviços de gestão de recursos hídricos, isto é, medidas relacionadas a formulação de estratégias, planejamento e elaboração de políticas hídricas, engajamento das partes interessadas e proteção, recuperação e desenvolvimento de recursos hídricos.

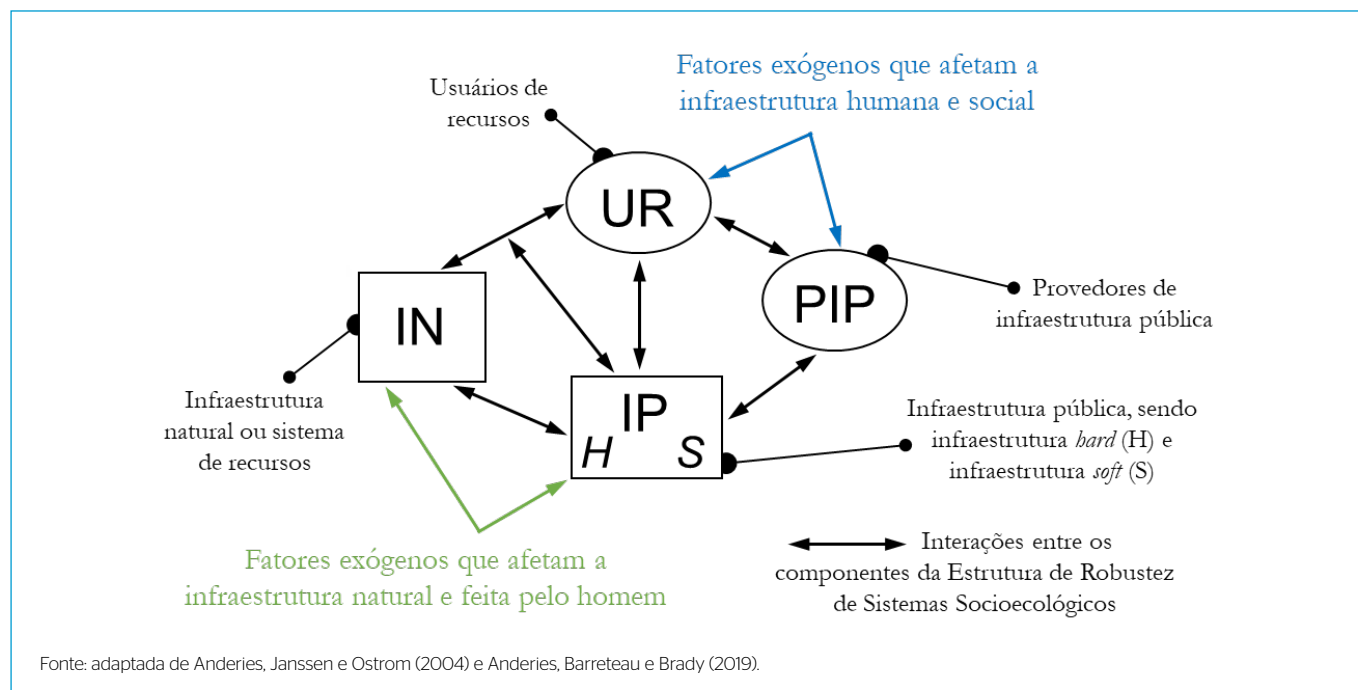
Geralmente os espaços envolvendo os recursos hídricos são sistemas socioecológicos (SSE), pois envolvem um sistema de recursos naturais, unidades de recursos, atores que estão envolvidos na exploração, conservação ou gestão e que devem atuar de acordo com um sistema de governança. Entender os *feedbacks* e interações de um SSE é fundamental para fortalecer a sociedade diante dos crescentes desafios ambientais (NAYLOR *et al.*, 2019). Os diferentes componentes de um SSE devem ser levados em consideração quando o objetivo é analisar a governança da água, como se observa, por exemplo, em metodologias desenvolvidas pela OECD (2015) e pelo Observatório das Águas (OGA, 2019).

Como a governança tem a preocupação de guiar sistemas para caminhos desejáveis, duas características importantes e que devem ser levadas em conta nesse processo são a resiliência e a robustez. Segundo Gunderson e Holling (2002), a resiliência é a capacidade de um ambiente resistir a perturbações sem perder sua estrutura e funções básicas. Já a robustez está relacionada ao desempenho do sistema ao ser impactado por incertezas ou fatores externos (ANDERIES; JANSSEN; OSTROM, 2004). Dessa forma, a resiliência pode ser associada à eficácia (apenas atingir um estado desejado ou projetado), enquanto a robustez está ligada à eficiência do sistema (atingir um estado desejado ou projetado sem prejudicar aspectos nem indicadores de qualidade).

Anderies, Janssen e Ostrom (2004) desenvolveram o arcabouço de robustez de sistemas socioecológicos (*robustness framework of social-ecological systems*) para facilitar a identificação de vulnerabilidades e qualificar sistematicamente as interações entre infraestrutura ecológica, social, institucional e construída, propiciando oferecer percepções sobre a governança dos sistemas para que seja possível torná-los mais robustos. Trabalhos mais recentes (ANDERIES; JANSSEN, 2013; ANDERIES; BARRETEAU; BRADY, 2019) refinaram essa estrutura heurística, resultando na ferramenta apresentada na Figura 1.

O sistema de recursos ou infraestrutura natural é o espaço em que se concentram os recursos em questão e que são explorados pelos usuários de recursos. Os provedores de infraestrutura pública são atores, organizações e instituições que podem influenciar na elaboração das diretrizes que regulamentam a exploração da infraestrutura natural pelos usuários de recursos. Já a infraestrutura pública inclui aspectos físicos ou infraestrutura *hard* (por exemplo, obras de engenharia) e social ou infraestrutura *soft* (incluindo as regras e instituições utilizadas para governar e gerir o sistema) (ANDERIES; JANSSEN; OSTROM, 2004; ANDERIES; JANSSEN, 2013).

Diferentes estudos utilizaram o arcabouço para representar e interpretar um SSE. Albizua e Zaga-Mendez (2020) apresentaram uma aplicação associada a sistemas focados na exploração da água para irrigação e conseguiram fazer



Fonte: adaptada de Anderies, Janssen e Ostrom (2004) e Anderies, Barreteau e Brady (2019).

Figura 1 - Arcabouço de robustez de sistemas socioecológicos.

reflexões acerca da robustez por meio das interações entre os componentes do arcabouço. Naylor *et al.* (2019) fizeram uso da metodologia num sistema costeiro de escala local para compreender os processos formais e informais envolvidos na tomada de decisão. Anderies, Barreteau e Brady (2019) aplicaram a estrutura para três sistemas costeiros distintos, mas que têm em comum o alto valor ecológico e os efeitos prejudiciais das mudanças climáticas. Neste último trabalho, os autores desenvolveram cinco arquétipos de organização dos sistemas que oferecem considerações importantes sobre a complexidade da governança.

É imprescindível investigar a governança das águas como caminho para segurança hídrica e, somado a isso, é preciso também desenvolver análises para as múltiplas escalas em que os sistemas são organizados, como discutido por Daniell e Barreteau (2014). Além disso, em uma mesma escala, como a espacial, há vários níveis que devem ser levados em consideração (ARMITAGE; LOË; PLUMMER, 2012). No Brasil, o planejamento de recursos hídricos faz-se em níveis nacional, estadual e de bacia hidrográfica, sendo esta última a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) (BRASIL, 1997), mas há problemáticas e complexidades em níveis ainda menores e com seus arranjos de governança ainda pouco explorados, como explicam Silva e Ribeiro (2021) ao apresentar os sistemas hídricos locais compostos de reservatórios.

A governança das águas no Brasil tem caráter multinível e policêntrico (SILVA; RIBEIRO, 2021), sendo importante nesse cenário algum nível de governança local para adotar ações ágeis e a coordenação das atividades entre os diferentes níveis de planejamento, como preza a PNRH. A descentralização da governança cria espaço para desenvolver políticas de água em nível local (AKHMOUCH; CLAVREUL; GLAS, 2017), ao mesmo passo que cria desafios de coordenação (BRITO *et al.*, 2020) e arenas para tomada de decisão.

Este artigo teve como objetivos avaliar, por meio da robustez, a composição do sistema hídrico local formado pelo Reservatório Epitácio Pessoa, inserido na porção semiárida do estado da Paraíba, e com isso obter percepções sobre sua governança. Para além de fortalecer a compreensão acerca da problemática escolhida, o artigo contribui para a ampliação das escassas discussões a respeito

de governança da água em sistemas hídricos locais e da utilização do arcabouço de robustez, sendo este um caso local e no qual a exploração da componente biofísica se faz para usos múltiplos da água e sob condições de crises hídricas e fenômenos de seca.

METODOLOGIA

Área de estudo

O Reservatório Epitácio Pessoa (Figura 2), localizado na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba, foi construído na década de 1950, tem a segunda maior capacidade de armazenamento da Paraíba ($466.525.964 \text{ m}^3$) e é a principal fonte de água para o abastecimento público de 18 municípios paraibanos, entre eles, Campina Grande, segunda cidade mais populosa do estado. Além disso, possibilita a execução de atividades de irrigação e pesca (ANA, 2020b).

A bacia de drenagem do reservatório é formada pela sub-bacia do Rio Taperoá e pela região do alto curso do Rio Paraíba, totalizando 13.828 km^2 . Está localizada inteiramente no semiárido brasileiro, caracterizado por baixos índices pluviométricos (média anual de aproximadamente 600 mm) e alta evapotranspiração potencial (média anual de aproximadamente 1.100 mm), o que colabora para que a região passe por secas hidrológicas (SILVA, 2014; SILVA *et al.*, 2021).

O reservatório vivenciou duas severas crises hídricas nas últimas décadas (1997–2003 e 2012–2017). Ambas tiveram como catalisador os anos com poucas chuvas, mas a ineficiência na gestão dos recursos agravou consideravelmente a situação (RÊGO *et al.*, 2017). A segunda crise, mais crítica, ameaçou colapsar o serviço de abastecimento em 2017, o que não ocorreu graças ao aceleramento das obras do Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF), que se tornou a única medida a curto prazo capaz de mitigar a problemática.

O Sistema Epitácio Pessoa tem a bacia de drenagem e o reservatório como principais elementos biofísicos. Compõem ainda o sistema: os múltiplos usuários e interessados em sua exploração ou preservação; os órgãos que atuam na gestão; conselhos, comitê de bacia e associações; e o ordenamento jurídico

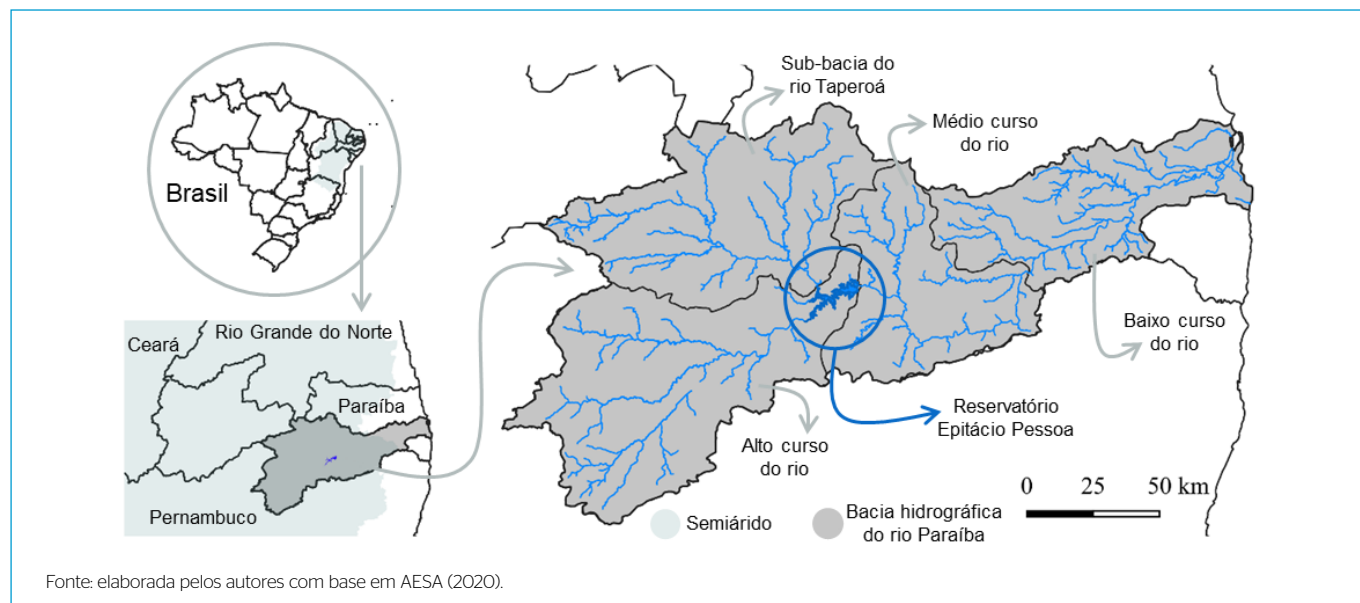


Figura 2 - Localização do Reservatório Epitácio Pessoa.

e normativo multinível com impacto no reservatório. A Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) é o órgão gestor, pois o reservatório foi construído com verbas da União, mesmo que os recursos hídricos do rio represado sejam de domínio estadual. Existe ainda um histórico de colaboração da Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA) na gestão do reservatório. Ele é o órgão gestor das águas de domínio paraibano.

Aplicação do arcabouço de robustez

A avaliação da robustez foi realizada por meio do arcabouço desenvolvido por Anderies, Janssen e Ostrom (2004) e refinado por Anderies, Barreteau e Brady (2019). A escolha do arcabouço deu-se por ele ter sido elaborado inicialmente para conseguir analisar sistemas de recursos naturais de uso compartilhado, como a água. A construção da aplicação ocorreu na busca pelas interações existentes entre os componentes: infraestrutura natural, usuários de recursos, provedores de infraestrutura pública e infraestrutura pública (Figura 1).

Anderies, Barreteau e Brady (2019), ao aperfeiçoar o arcabouço de robustez, desenvolveram uma lista de verbos para representar as interações (ou *links*) entre os componentes do sistema e de arquétipos para examinar a complexidade da governança (Tabela 1). Essas duas ferramentas (lista de verbos e os arquétipos) foram utilizadas neste trabalho para examinar o Sistema Epitácio Pessoa. Todas as interações são categorizadas em classes e subclasses (Figura 3), que auxiliam na identificação das vulnerabilidades, dos fluxos de informações disponíveis e das relações que permitem que os sistemas resistam a estresses por meio da mudança.

Cada interação foi identificada mediante uma análise documental no material sobre o Sistema Epitácio Pessoa. Sempre que algo demonstrava uma ação entre um componente e outro do arcabouço, buscava-se um verbo na lista apresentada por Anderies, Barreteau e Brady (2019) que representasse essa ação. Por exemplo, ao constatar-se as retiradas de água do reservatório pelos usuários, foi conveniente utilizar o verbo *extrair* para interação entre esses componentes e assim por diante. Em seguida, com a aplicação do arcabouço finalizada e analisada, procurou-se caracterizar o sistema em algum dos arquétipos elencados por Anderies, Barreteau e Brady (2019) comparando as características citadas pelos autores e o que se observou no sistema analisado.

A escala temporal de análise foi de 2012, o início da última crise hídrica, até 2021. Para fundamentar o detalhamento dos componentes do arcabouço e as interações, foram utilizados: publicações sobre o reservatório (artigos,

dissertações e teses); dados institucionais, como informações sobre usuários outorgados e atas de reuniões do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba (CBH-PB) e do Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERH); e a observação das reuniões e acordos firmados em processos de alocação negociada de água que ocorreram anualmente desde 2019. Foram consideradas as reuniões de alocação para o planejamento 2019–2020, 2020–2021 e 2021–2022.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 4 se encontra a aplicação do arcabouço de robustez ao Sistema Epitácio Pessoa. De início, é possível observar que o arcabouço facilita a visualização das relações complexas e emaranhadas que existem entre os componentes da governança e como se dá o fluxo de recursos naturais e sociais, podendo ser esses recursos sociais, por exemplo, informações ou investimentos financeiros.

Nota-se que nenhuma interação se finaliza em si mesma e que o sistema funciona como uma cadeia de ações que levam a outras ações. Ao retirar algum *link* da estrutura, é possível inferir como isso afetaria a situação dos componentes ou de outras interações. Exemplo disso é que, caso a infraestrutura pública se exima de cuidar da infraestrutura natural, o reservatório pode ser superexplorado, levando a uma situação de déficit de água ou colapso do sistema, algo que foi constatado com a pouca atuação das instituições envolvidas na gestão do Sistema Epitácio Pessoa e que serviu como propulsor da crise hídrica vivenciada na última década (RÊGO *et al.*, 2017).

A ANA e o CBH-PB aparecem como provedores de infraestrutura pública e infraestrutura pública *soft*, porque, ao mesmo tempo que podem influenciar na elaboração de regras que regulamentam a exploração dos recursos hídricos e mantêm relação direta com os usuários de água no Sistema Epitácio Pessoa, também são responsáveis por criar e aprovar diretrizes que moldam a gestão e a governança da água em diferentes níveis de planejamento. Por exemplo, o CBH-PB no papel de provedor de infraestrutura pública pode provocar a ANA no papel de infraestrutura pública para que regularize novos usuários de recursos. O papel do CBH-PB na governança também está relacionado à sua capacidade de articulação entre os diferentes atores da bacia hidrográfica, aspecto determinante para uma governança de caráter participativo.

Tabela 1 – Arquétipos para sistemas socioecológicos e algumas de suas características.

Arquétipo	Características do arquétipo*
I	Uso de recursos extrativos sem infraestrutura formal compartilhada. Exemplos: pescarias de livre acesso e pequenos grupos caçadores sem restrições de recursos.
II	Uso de recursos extrativos com infraestrutura formal compartilhada, mas a comunicação entre UR e PIP ocorre de forma informal. Exemplo: governança comunitária da pesca em pequena escala.
III	Uso de recursos extrativos e aumento de recursos com infraestrutura compartilhada formal e funções mais formalizadas para PIP. Semelhante ao arquétipo II, mas o papel dos PIP é mais proeminente e formalizado. Exemplo: sistemas de irrigação de pequena escala gerenciados em conjunto.
IV	Uma extensão do arquétipo III, mas agora IP (o ambiente construído) e PIP começam a dominar os processos de <i>feedback</i> e a lógica que conduz a dinâmica de longo prazo do sistema. IP, tanto <i>hard</i> quanto <i>soft</i> , é mais complexo do que no arquétipo III. Embora o sistema seja complexo, os RU são relativamente homogêneos quanto ao uso de IN e seus objetivos. Exemplo: gestão de recursos modernos utilizando várias agências.
V	Uma extensão do arquétipo IV com grupos heterogêneos de UR com diferentes objetivos e interações com a IN, vários sistemas de recursos inter-relacionados e vários grupos de PIP operando em diferentes níveis organizacionais. Diferentes objetivos e usos de IN causam conflito entre os grupos de UR. Os PIP enfrentam problemas em escalas local, regional, nacional e global. Exemplo: Economias regionais.

*Para mais detalhes sobre os arquétipos, suas características e exemplos, consultar Anderies, Barreteau e Brady (2019); UR: usuários de recursos; IP: infraestrutura pública; IN: infraestrutura natural; PIP: provedores de infraestrutura pública.

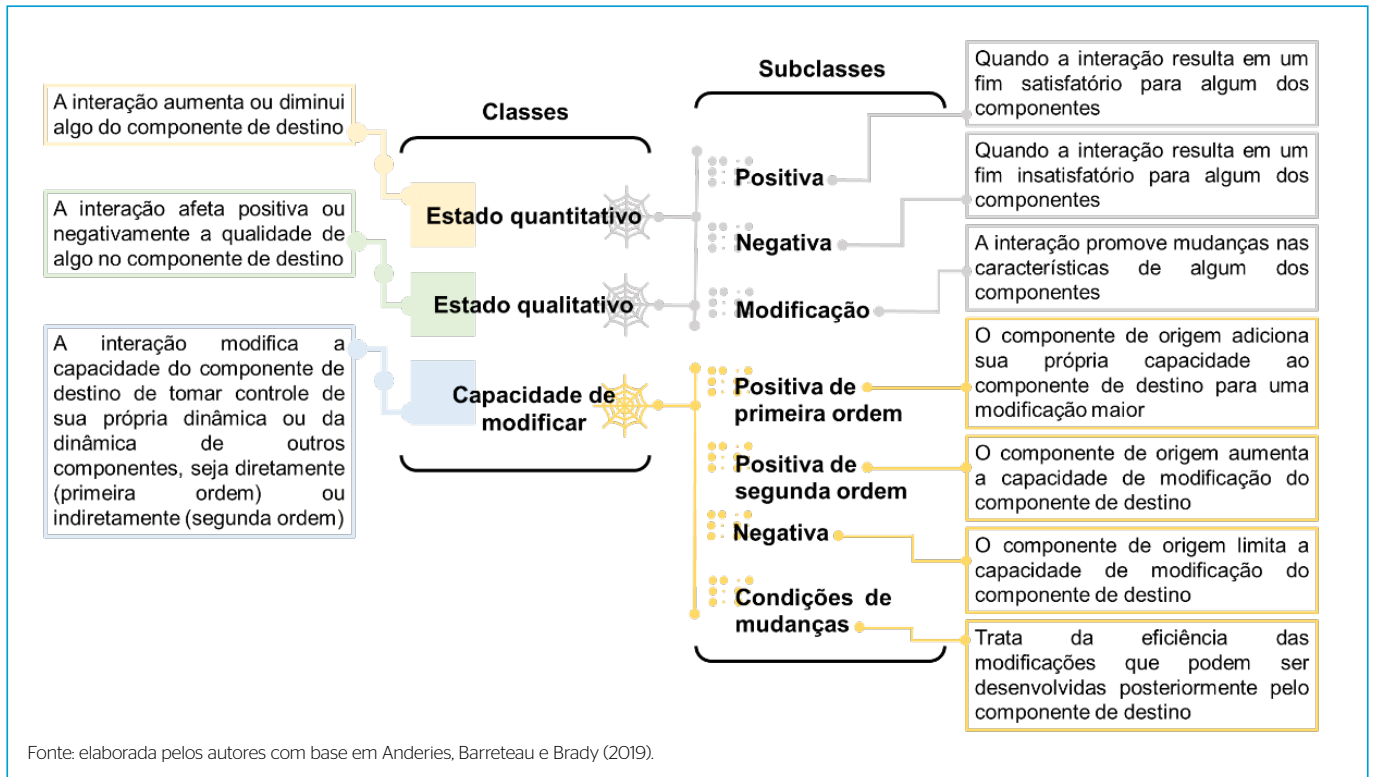


Figura 3 - Classes e subclasses para categorizar e analisar as interações existentes.

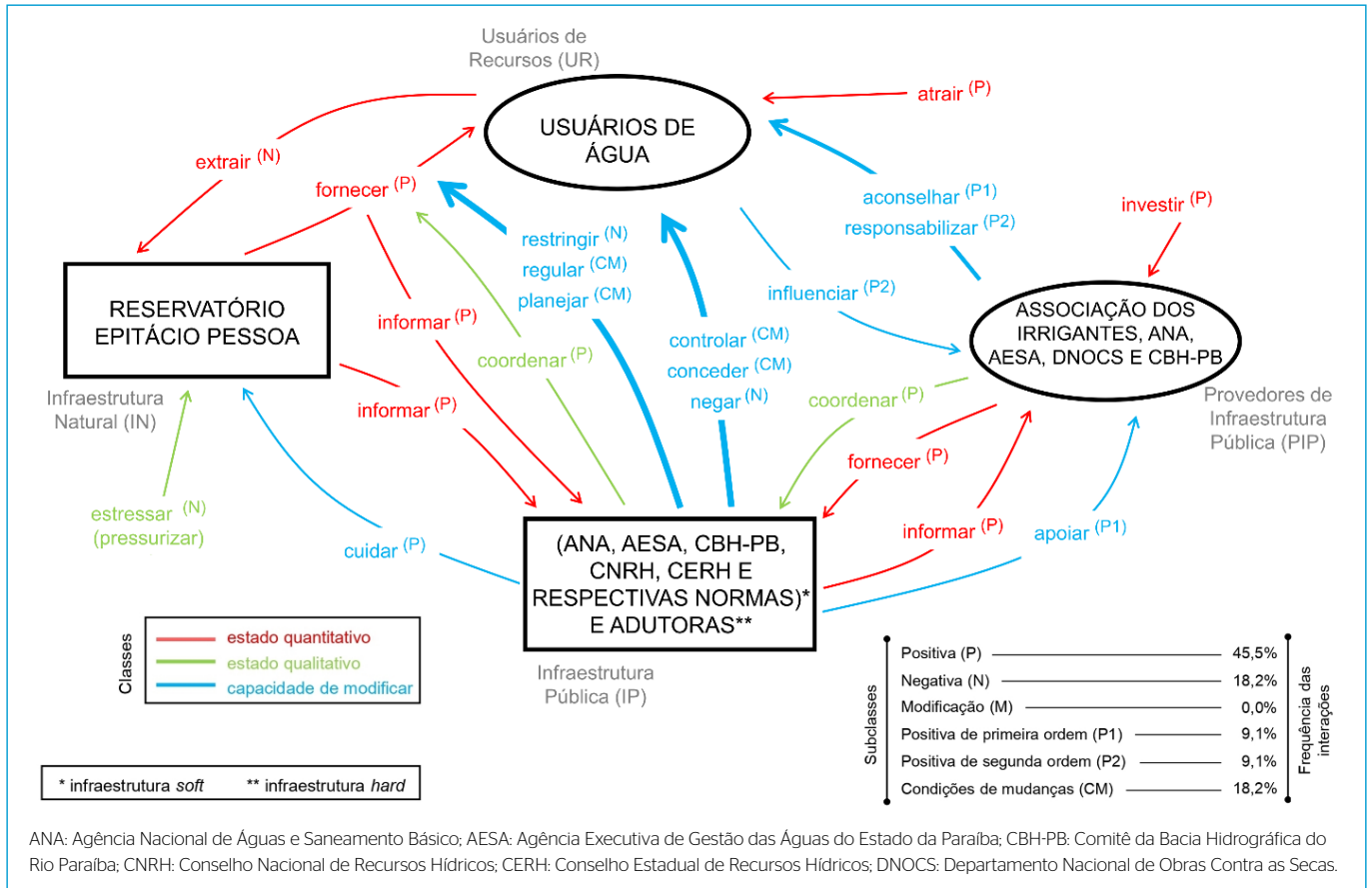


Figura 4 - Arcabouço de robustez para o Sistema Epitácio Pessoa.

Atuar na gestão dos recursos hídricos e na governança da bacia hidrográfica como um todo, promovendo, por exemplo, articulação entre os diferentes atores da bacia, é o aspecto determinante para uma governança participativa.

No arcabouço de robustez, de forma implícita, identifica-se a importância de alguns instrumentos de gestão presentes na PNRH (BRASIL, 1997) e como eles ordenam a relação entre os componentes do sistema. A outorga é percebida entre infraestrutura pública → usuários de recursos, pois é responsável por conceder ou negar o direito de uso da água, assim como controlar a quantidade de usuários. O sistema de informações de recursos hídricos é essencial para possibilitar boa parte do fluxo de informações, como entre infraestrutura natural → infraestrutura pública → provedores de infraestrutura pública. O plano de recursos hídricos constitui o instrumento utilizado para planejar o fornecimento e a extração de recursos entre infraestrutura natural → usuários de recursos, mas o plano da bacia encontra-se desatualizado; ele é de 2001 e não passou por atualizações. A cobrança pode aparecer, de forma implícita, na interação que indica investimento nos provedores de infraestrutura pública, demonstrando que parte do valor cobrado aos usuários de recursos será direcionada para o fortalecimento institucional. A Resolução ANA nº 98, de setembro de 2021, delega da ANA (órgão gestor dos recursos hídricos do reservatório) para a AESA (órgão gestor dos recursos hídricos de domínio da Paraíba) a cobrança dos usos outorgados do reservatório. A AESA já realiza a cobrança pelo uso da água de domínio estadual e passou a realizá-la também no Sistema Eptácio Pessoa em março de 2022 (ANA, 2022).

O Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), o CERH e o CBH-PB aparecem na estrutura por suas decisões afetarem indiretamente a governança do Sistema Eptácio Pessoa. Em contrapartida, observa-se que nas atas das reuniões dessas entidades as problemáticas do reservatório não foram abordadas com a atenção necessária, algo também constatado em outros estudos (BANCO MUNDIAL, 2018; BEZERRA; VIEIRA; RIBEIRO, 2021). Dessa forma, são arenas importantes para a situação dos recursos hídricos, mas com capacidade institucional com pouco impacto direto nas complexidades associadas ao sistema analisado. Os papéis na governança da água de cada uma dessas entidades presentes no arcabouço podem ser mais bem explorados em ANA (2020a).

Metade das setas que indicam as interações é classificada como de estado quantitativo, ou seja, aumenta ou diminui algo em algum dos elementos do arcabouço de robustez. Parte está associada às águas do reservatório (extrair, fornecer, restringir), e outra, ao fluxo de informações e a fatores sociais que impactam os componentes (informar, atrair, investir). Também são consideráveis os *links* que indicam capacidade de modificação (setas azuis), como na relação provedores de infraestrutura pública → usuários de recursos, em que a lógica de consumo dos usuários pode ser alterada por meio de orientações e responsabilizações.

A grande maioria das interações (63,7%) indica caminhos que podem levar a resultados satisfatórios para algumas das partes ou ambas, visto que foram categorizadas nas subclasses positiva, positiva de primeira ordem e positiva de segunda ordem. As interações que resultam em aspectos negativos (18,2%) estão relacionadas a: estresses exógenos na dimensão ecológica; exploração do corpo hídrico; negação de outorgas para direito de uso da água; e restrições no fornecimento, que podem causar danos ou incômodos aos usuários, como na interrupção dos usos para irrigação e nos severos racionamentos a que foram submetidos os municípios abastecidos pelo reservatório (RÊGO *et al.*, 2017). A identificação dessas interações com caráter negativo pode indicar janelas de oportunidade para a governança atuar na tentativa de minimizá-las.

Muito importante observar que o sistema analisado não está isolado, assim como nenhum outro está. Os *links* 7 e 8 (Figura 1) demonstram isso ao permitir reconhecer que haverá impacto de fatores exógenos na infraestrutura natural e construída, assim como na humana e social. Na dimensão ecológica, o volume de água do reservatório sofre estresse com os eventos de seca, como os que impactaram a bacia de drenagem do reservatório (Figura 5). Esses impactos pela seca também são importantes se ocorridos na Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco, que atualmente é uma exportadora de água para o Eptácio Pessoa por meio do PISF. Os cenários de mudanças climáticas também se firmam como condicionantes nesse sentido, pois podem tornar as secas mais duradouras (IPCC, 2021).

Na dimensão humana, novos usuários poderão ser atraídos com o aumento da população nos centros urbanos e até mesmo incentivos econômicos para agricultura, como os programas governamentais de crédito fundiário. Fatores exógenos podem também ser relevantes para os provedores de infraestrutura

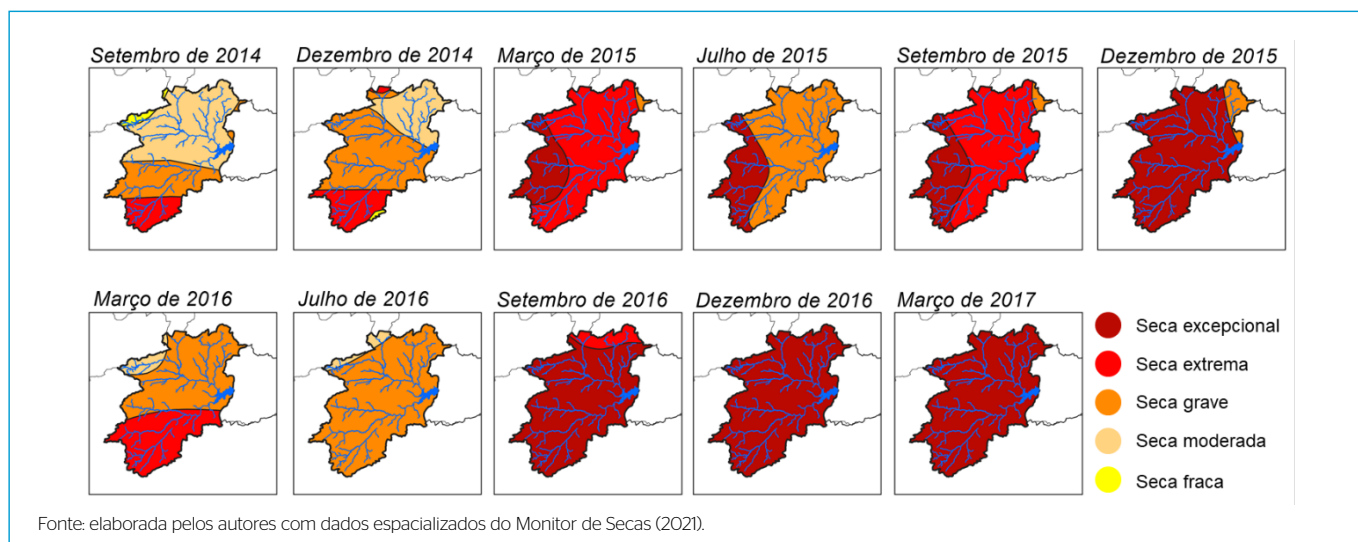


Figura 5 - Fenômenos das secas na bacia de drenagem do Reservatório Eptácio Pessoa.

pública por meio de investimentos financeiros, colaborando para a institucionalização e o fortalecimento de órgãos envolvidos na governança. Esse último fator é percebido por meio de iniciativas como o Programa de Consolidação do Pacto Nacional pela Gestão das Águas (ANA, 2013) e o Programa Nacional de Fortalecimento dos Comitês de Bacias Hidrográficas (ANA, 2016), que têm despendido recursos financeiros para o estado da Paraíba e para a bacia em que o Sistema Epitácio Pessoa está situado.

Considerando fatores catalisadores de mudanças sistêmicas, Silva *et al.* (2021) simularam distintos cenários para o Sistema Epitácio Pessoa, supondo aumento populacional, mudanças no uso do solo da bacia de drenagem e alterações no comportamento das precipitações. Tanto no cenário mais pessimista como no otimista, o reservatório tem chances de chegar ao volume morto no período entre 2020 e 2030, mesmo levando em consideração o aporte do PISF. Isso aponta para a necessidade de uma governança capaz de transformar-se e adaptar-se diante das incertezas (ARMITAGE; LOË; PLUMMER, 2012; PAHL-WOSTL, 2017). O arcabouço de robustez pode facilitar a visualização de iniciativas que favoreçam mudanças a serem projetadas para conseguir responder aos estresses, adicionando ou modificando interações para tornar o Sistema Epitácio Pessoa mais robusto e, portanto, capaz de suportar impactos e manter certo desempenho.

De acordo com a criação de arquétipos proposta por Anderies, Barreteau e Brady (2019), o Sistema Epitácio Pessoa pode ser classificado como complexo (arquétipo 5, Tabela 1). Isso se justifica visto que a infraestrutura pública e os provedores de infraestrutura pública dominam os processos de *feedback* (ou fluxo de informações), e os usuários são múltiplos, pois são vários os municípios abastecidos com a água armazenada, os irrigantes cadastrados e pescadores. Assim, também são muitos os objetivos no que se refere à água e aos PIP envolvidos na governança. Além disso, o Sistema Epitácio Pessoa está integrado a diversos outros sistemas, seja o composto da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco, seja os que são formados por reservatórios a montante e a jusante (NUNES; RIBEIRO, 2021). A composição institucional também é bastante complexa e com PIP operando em diferentes níveis organizacionais (SILVA; RIBEIRO, 2021). Toda essa estruturação é facilitadora de conflitos e exige uma governança capaz de gerir o emaranhamento de instituições, regras e fatores exógenos.

Em vista disso, os princípios institucionais de Ostrom (1990) são fundamentais para construir uma governança da água robusta e sustentável. Anderies, Barreteau e Brady (2019) afirmam que os princípios de Ostrom e o arcabouço de robustez são complementares e juntos oferecem maior compreensão das estruturas de governança. Dessa forma, integrar as duas análises é de grande relevância para que sistemas hídricos, como o Sistema Epitácio Pessoa, consigam identificar fragilidades na governança da água e aperfeiçoá-la.

Nesse sentido, Silva (2014) percebeu que a política hídrica e o sistema de gestão associados ao reservatório estavam alinhados com os princípios de Ostrom, mas ainda havia dificuldade na implementação dos instrumentos de gestão no momento em que a análise foi realizada, gerando obstáculos para o monitoramento e sanções. A fragilidade na participação para tomada de decisão foi outro obstáculo encontrado pelos autores e que dificultava a capacidade de adaptação do sistema. Esses aspectos apresentam melhor desempenho atualmente com o recente processo de alocação negociada de água, que atrai ampla participação dos usuários e instituições e exige monitoramento do reservatório (ANA, 2020b). A metodologia e o envolvimento dos atores para colaborar com

a governança da água no Sistema Epitácio Pessoa, por meio da alocação, conseguiram ser satisfatórios mesmo durante o cenário de pandemia (2020–2021), demonstrando a capacidade de consolidação dessa ferramenta de planejamento.

Observa-se, por fim, que mesmo um sistema hídrico local pode apresentar elevada complexidade para a governança da água e que, portanto, a complexidade não deve ser associada apenas à escala espacial de aplicação, pois são múltiplos os aspectos envolvidos. Além disso, deve-se evitar colocar os componentes sociais (provedores de infraestrutura pública e usuários de recursos) em segundo plano da análise, pois o arcabouço de robustez deixa clara a importância desses componentes na composição da governança da água.

Silva (2014) explica que havia a ilusão de que o principal desencadeador das crises hídricas no Sistema Epitácio Pessoa eram os fenômenos de seca, quando estudos (SILVA, 2014; RÊGO *et al.*, 2017; BANCO MUNDIAL, 2018) apontam que de fato era a falta de gestão. A variabilidade climática e os eventos extremos de secas associados a longos períodos de estiagem são características intrínsecas ao semiárido brasileiro e que podem se intensificar com as mudanças climáticas. Assim, essas características podem ser catalisadoras das crises, mas não são as principais responsáveis por elas. Por isso, precisam ser assimiladas pela governança da água.

Esse ponto de vista é moderno e necessário (PAHL-WOSTL, 2015), colocando na pauta do gerenciamento dos recursos hídricos não só a quantidade de água disponível ou estimada e os fatores climáticos e hidrológicos, mas também as relações sociais e institucionais envolvidas no processo de exploração e conservação.

Um primeiro passo nesse sentido se dá na mudança da forma de tomada de decisão, saindo de um modelo baseado em uma gestão puramente tecnocrática para um modelo sustentável, em que são levadas em consideração as dimensões ambiental, cultural, social, espacial e econômica. O processo de alocação negociada de água que vem sendo realizado tem colaborado nesse aspecto, e mais ações podem ser pensadas e implementadas com o auxílio de ferramentas heurísticas como a que foi utilizada nesta pesquisa.

CONCLUSÕES

Este artigo teve como principais objetivos avaliar a composição de um sistema hídrico local situado no semiárido e fazer considerações sobre sua governança. O Sistema Epitácio Pessoa mostrou-se complexo, com muitos usuários e provedores de infraestrutura pública associados ao arranjo institucional, fator responsável por dinamizar ainda mais as interações entre os componentes da governança, o que exige muita coordenação entre todo o sistema.

O arcabouço de robustez de sistemas socioecológicos apresentou-se eficiente como ferramenta metodológica e permitiu identificar diferentes aspectos acerca da governança da água em um sistema hídrico de nível local. Exemplo disso são as reflexões sobre os impactos dos fatores exógenos no sistema, seja na dimensão ecológica, seja na social. Foi possível organizar o arcabouço e assim entender quais interações podem ser negativas para os componentes do sistema e, conseqüentemente, para a governança. Além disso, o arcabouço utilizado permitiu visualizar as principais instituições participantes do sistema de governança e suas relações com outros componentes do sistema, bem como analisar seus impactos na gestão de recursos de sistemas socioecológicos. A ferramenta mostra-se relevante, também, por admitir o acoplamento a outras análises, como a que pode ser feita com os princípios de Ostrom.

Essas considerações são importantes não somente para entender a dinâmica sistêmica no momento da análise, mas para pensar a forma que os componentes podem afetar a governança como um todo e quais são as incertezas associadas. No caso estudado, a dinamicidade e a complexidade sugerem a necessidade de se pensar uma governança adaptativa das águas, capaz de responder aos estresses da ordem ecológica e social.

Os resultados que foram alcançados também demonstram a necessidade de considerar os sistemas hídricos formados por reservatórios nas discussões que envolvem a governança da água. Pois, mesmo que sejam considerados sistemas locais, os impactos sentidos pelas crises podem ter dimensões regionais ou nacionais, como se observa cada vez com maior

frequência nos últimos anos em reservatórios importantes para o abastecimento ou para a geração de energia elétrica. Nesse sentido, o arcabouço de robustez é uma ferramenta heurística poderosa que pode auxiliar os órgãos gestores e colegiados nesse processo de identificação de vulnerabilidades e proposições de melhorias.

CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES

Silva, M.B.M.: Conceituação, Análise formal, Investigação, Metodologia, Escrita – Primeira Redação. Ribeiro, M.M.R.: Análise formal, Investigação, Metodologia, Supervisão, Escrita – Revisão e Edição.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DAS ÁGUAS DO ESTADO DA PARAÍBA (AESA). *Geo Portal*. AESA, 2020. Disponível em: <http://geoserver.aesa.pb.gov.br/geoprocessamento/geoportal/index.php>. Acesso em: 20 set. 2020.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). *Após delegação da cobrança pelo uso da água do açude Boqueirão (PB), AESA recebe primeiro pagamento*. ANA, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/noticias-e-eventos/noticias/apos-delegacao-da-cobranca-pelo-uso-da-agua-do-acude-boqueirao-pb-aesa-recebe-primeiro-pagamento-parcela>. Acesso em: 13 jul. 2022.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). *Direito da água à luz da governança*. Brasília: ANA, 2020a.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). Resolução nº 379, de 21 de março de 2013. Aprova o regulamento do Programa de Consolidação do Pacto Nacional pela Gestão de Águas – PROGESTÃO e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Seção 1, ano 150, n. 56, p. 67, 22 mar. 2013.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). Resolução nº 1.190, de 3 de outubro de 2016. Aprova o regulamento do Programa Nacional de Fortalecimento dos Comitês de Bacias Hidrográficas – PROCOMITÊS e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Seção 1, ano 153, n. 191, p. 48, 4 out. 2016.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). *Termo de Alocação de Água 2020/2021: Sistema Hídrico Epitácio Pessoa (PB)*. ANA, 2020b. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/regulacao-e-fiscalizacao/allocacao-de-agua-e-marcos-regulatorios/allocacao-de-agua/pb>. Acesso em: 20 maio 2021.
- AKHMOUCH, A.; CLAVREUL, D.; GLAS, P. Introducing the OECD Principles on Water Governance. *Water International*, v. 43, n. 1, p. 5-12, 2017.
- ALBIZUA, A.; ZAGA-MENDEZ, A. Changes in institutional and social-ecological system robustness due to the adoption of large-scale irrigation technology in Navarre (Spain). *Environmental Policy and Governance*, v. 30, n. 4, p. 167-181, 2020. <https://doi.org/10.1002/et.1882>
- ANDERIES, J.M.; BARRETEAU, O.; BRADY, U. Refining the Robustness of Social-Ecological Systems Framework for comparative analysis of coastal system adaptation to global change. *Regional Environmental Change*, v. 19, n. 7, p. 1891-1908, 2019. <https://doi.org/10.1007/s10113-019-01529-0>
- ANDERIES, J.M.; JANSSEN, M.A. Robustness of social-ecological systems: implications for public policy. *Policy Studies Journal*, v. 41, n. 3, p. 513-536, 2013. <https://doi.org/10.1111/psj.12027>
- ANDERIES, J.M.; JANSSEN, M.A.; OSTROM, E. A framework to analyze the robustness of social-ecological systems from an institutional perspective. *Ecology and Society*, v. 9, n. 1, p. 1-17, 2004.
- ARMITAGE, D.; LOË, R.; PLUMMER, R. Environmental governance and its implications for conservation practice. *Conservation Letters*, v. 5, n. 4, p. 245-255, 2012. <https://doi.org/10.1111/j.1755-263X.2012.00238.x>
- BANCO MUNDIAL. *Diálogos para o aperfeiçoamento da política e do sistema de recursos hídricos no Brasil*. Sumário Executivo. Brasília: Banco Mundial, 2018.
- BEZERRA, A.P.; VIEIRA, Z.M.C.L.; RIBEIRO, M.M.R. Water governance assessment at different scales: a reservoir case study in the Brazilian semiarid region. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 26, p. 1-13, 2021. <https://doi.org/10.1590/2318-0331.262120200171>
- BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. *Diário Oficial da União*, Seção 1, ano 135, n. 6, p. 48, 9 jan. 1997.
- BRITO, Y.M.A.; RIBEIRO, M.M.R.; SILVA, S.R.; MEDEIROS, Y.D.P.; ASSIS, W.D. Proposta metodológica para avaliar graus de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos em distintas escalas de planejamento. *Revista DAE*, v. 68, n. 224, p. 94-112, 2020. <https://doi.org/10.36659/dae.2020.042>
- DANIELL, K.A.; BARRETEAU, O. Water governance across competing scales: coupling land and water management. *Journal of Hydrology*, v. 519, parte C, p. 2367-2380, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2014.10.055>

- GUNDERSON, L.H.; HOLLING, C.S. *Panarchy: understanding transformations in human and natural systems*. Washington, DC.: Island Press, 2002.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). *Climate Change 2021: the physical science basis*. Cambridge: Cambridge University Press, 2021.
- MARQUES, G.F.; FORMIGA-JOHNSSON, R.M.; OLIVEIRA, P.P.F.; MOLEJON, C.; BRAGA, C.F.C. Os serviços de gestão de recursos hídricos. *Revista de Gestão de Água da América Latina*, v. 19, n. 2022, e1, 2022. <https://doi.org/10.21168/regav19e1>
- MONITOR DE SECAS. *Dados SIG*. Monitor de Secas, 2021. Disponível em: <http://monitordesecas.an.gov.br/dados-sig?ano=2021>. Acesso em: 14 abr. 2021.
- NAYLOR, L.A.; BRADY, U.; QUINN, T.; BROWN, K.; ANDERIES, J.M. A multiscale analysis of social-ecological system robustness and vulnerability in Cornwall, UK. *Regional Environmental Change*, v. 19, n. 7, p. 1835-1848, 2019. <https://doi.org/10.1007/s10113-019-01530-7>
- NUNES, T.H.C.; RIBEIRO, M.M.R. Conflitos de segunda ordem no Eixo Leste do Projeto de Integração do Rio São Francisco: análise por meio da metodologia da Cadeia Causal. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 26, n. 4, p. 627-637, 2021. <https://doi.org/10.1590/S1413-415220190367>
- OBSERVATÓRIO DAS ÁGUAS (OGA). *Protocolo de Monitoramento de Governança das Águas*. OGA, 2019.
- ORGANIZAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO (OECD). *Princípios da OCDE para a Governança da Água*. OECD Water Governance Programme, 2015.
- OSTROM, E. *Governing the commons: the evolution of institutions for collective action*. Cambridge: Cambridge University Press, 1990.
- PAHL-WOSTL, C. An evolutionary perspective on water governance: from understanding to transformation. *Water Resources Management*, v. 31, n. 10, p. 2917-2932, 2017. <https://doi.org/10.1007/s11269-017-1727-1>
- PAHL-WOSTL, C. *Water governance: concepts, methods, and practice*. Suíça: Springer, 2015.
- RÊGO, J.C.; GALVÃO, C.O.; VIEIRA, Z.M.C.L.; ALBUQUERQUE, J.P.T.; RIBEIRO, M.M.R.; SOUZA, J.A. A gestão de recursos hídricos e a transposição de águas do Rio São Francisco para o Açude Epitácio Pessoa - Boqueirão. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 22., 2017, Florianópolis. *Anais* [...]. Porto Alegre: ABRHidro, 2017. p. 1-8.
- SILVA, A.C.S. *Análise institucional da governança da água para adaptação à variabilidade e mudança climática: um caso no semiárido brasileiro (1997-2013)*. 2014. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2014.
- SILVA, J.F.C.B.C.; SILVA, R.M.; SANTOS, C.A.G.; SILVA, A.M.; VIANNA, P.C.G. Analysis of the response of the Epitácio Pessoa reservoir (Brazilian semiarid region) to potential future drought, water transfer and LULC scenarios. *Natural Hazards*, v. 108, n. 1, p. 1347-1371, 2021. <https://doi.org/10.1007/s11069-021-04736-3>
- SILVA, M.B.M.; RIBEIRO, M.M.R. O caráter adaptativo da governança das águas em sistemas hídricos locais. *Revista de Gestão de Água da América Latina*, v. 18, p. 1-18, 2021. <http://doi.org/10.21168/regav18e22>