



PPGECA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE

Maycon Breno Macena da Silva

**ROBUSTEZ E REDE ENTRE ATORES PARA RESOLUÇÃO DE CONFLITOS NA
GOVERNANÇA DE SISTEMAS HÍDRICOS**

Campina Grande – PB

2025

Maycon Breno Macena da Silva

ROBUSTEZ E REDE ENTRE ATORES PARA RESOLUÇÃO DE CONFLITOS NA
GOVERNANÇA DE SISTEMAS HÍDRICOS

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental (PPGECA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) como requisito para a obtenção do título de Doutor em Engenharia Civil e Ambiental. Área de Concentração: Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Linha de Pesquisa: Recursos Hídricos.

Orientadora: Márcia Maria Rios Ribeiro

Coorientadora no exterior: Sofia Bento (Universidade de Lisboa)

Campina Grande – PB

2025

S586r

Silva, Maycon Breno Macena da.

Robustez e rede entre atores para resolução de conflitos na governança de sistemas hídricos / Maycon Breno Macena da Silva. – Campina Grande, 2025.
148 f. : il. color.

Tese (Doutorado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2025.

“Orientação: Profa. Dra. Márcia Maria Rios Ribeiro, Profa. Dra. Sofia Bento”.

Referências.

1. Gestão de Recursos Hídricos. 2. Governança da Água. 3. Alocação Negociada de Água. 4. Sistemas Socioecológicos. 5. Saneamento Ambiental. I. Ribeiro, Márcia Maria Rios. II. Bento, Sofia. III. Título.

UFCG/BC

CDU 556.18(043.2)

MAYCON BRENO MACENA DA SILVA

**ROBUSTEZ E REDE ENTRE ATORES PARA RESOLUÇÃO DE CONFLITOS NA
GOVERNANÇA DE SISTEMAS HÍDRICOS**

Tese de doutorado apresentada no dia 02 de julho de 2025 e avaliada por banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof.^a Márcia Maria Rios Ribeiro
Orientadora – Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)
Unidade Acadêmica de Engenharia Civil

Prof. Carlos de Oliveira Galvão
Examinador Interno – Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)
Unidade Acadêmica de Engenharia Civil

Prof.^a Rosa Maria Formiga Johnsson
Examinadora Externa – Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ)
Departamento de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente

Prof.^a Simone Rosa da Silva
Examinadora Externa – Universidade de Pernambuco (UPE)
Departamento de Engenharia Civil

Prof.^a Yvonilde Dantas Pinto Medeiros
Examinadora Externa – Universidade Federal da Bahia (UFBA)
Departamento de Engenharia Ambiental

Campina Grande – PB

2025



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
 POS-GRADUACAO ENGENHARIA CIVIL AMBIENTAL
 Rua Aprigio Veloso, 882, - Bairro Universitario, Campina Grande/PB, CEP 58429-900

REGISTRO DE PRESENÇA E ASSINATURAS

1. **ATA DA DEFESA PARA CONCESSÃO DO GRAU DE DOUTOR EM ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

2. **ALUNO(A): MAYCON BRENO MACENA DA SILVA / COMISSÃO EXAMINADORA: DR.ª MÁRCIA MARIA RIOS RIBEIRO - PPGECA/UFCG (PRESIDENTE) - ORIENTADORA, DR. CARLOS DE OLIVEIRA GALVÃO - PPGECA/UFCG – EXAMINADOR INTERNO, DR.ª ROSA MARIA FORMIGA JOHNSON – UERJ - EXAMINADORA EXTERNA, DR.ª YVONILDE DANTAS PINTO MEDEIROS – UFBA – EXAMINADORA EXTERNA, DR.ª SIMONE ROSA DA SILVA - UPE - EXAMINADORA EXTERNA (PORTARIA 23/2025). / TITULO DA TESE: “ROBUSTEZ E REDE ENTRE ATORES PARA RESOLUÇÃO DE CONFLITOS NA GOVERNANÇA DE SISTEMAS HÍDRICOS” / ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO AMBIENTAL / HORA DE INICIO: 14:30 HORAS / NO LABORATÓRIO DE HIDRÁULICA II, BLOCO BU, CAMPUS SEDE DA UFCG, EM CAMPINA GRANDE, DE FORMA HÍBRIDA.**

3. **EM SESSÃO REALIZADA EM FORMATO HÍBRIDO, APÓS EXPOSIÇÃO DE CERCA DE 40 MINUTOS, O(A) ALUNO(A) FOI ARGUIDO(A) ORALMENTE PELOS MEMBROS DA COMISSÃO EXAMINADORA, TENDO DEMONSTRADO SUFICIÊNCIA DE CONHECIMENTO E CAPACIDADE DE SISTEMATIZAÇÃO NO TEMA DE SUA TESE, SENDO-LHE ATRIBUÍDO O CONCEITO “EM EXIGÊNCIA”, SENDO QUE A POSSIBILIDADE DE APROVAÇÃO ESTÁ CONDICIONADA À AVALIAÇÃO DA NOVA VERSÃO DO TRABALHO FINAL, SEGUINDO PROCEDIMENTOS PREVISTOS NA RESOLUÇÃO DO PROGRAMA. O PRESIDENTE DA COMISSÃO EXAMINADORA, OUVIDOS OS DEMAIS MEMBROS, DEVERÁ FICAR RESPONSÁVEL POR ATESTAR QUE AS CORREÇÕES SOLICITADAS NA LISTA DE EXIGÊNCIAS FORAM ATENDIDAS NA VERSÃO FINAL DO TRABALHO. A COMISSÃO EXAMINADORA CUMPRINDO OS PRAZOS REGIMENTAIS, ESTABELECE UM PRAZO MÁXIMO DE 30 DIAS PARA QUE SEJAM FEITAS AS ALTERAÇÕES EXIGIDAS. APÓS O DEPÓSITO FINAL DO DOCUMENTO DE TESE, DEVIDAMENTE REVISADO E MEDIANTE ATESTADO DO ORIENTADOR, O CONCEITO "EM EXIGÊNCIA" PASSARÁ IMEDIATAMENTE PARA O DE “APROVADO”. NA FORMA REGULAMENTAR, FOI LAVRADA A PRESENTE ATA, QUE É ASSINADA POR MIM, FLÁVIO PEREIRA DA CUNHA, SECRETÁRIO(A), ALUNO(A) E OS MEMBROS DA COMISSÃO EXAMINADORA PRESENTES.**

4. **CAMPINA GRANDE, 02 DE JULHO DE 2025**

5.

6.

7.

8.

9. **ROSA MARIA FORMIGA JOHNSON – UERJ - EXAMINADORA EXTERNA**

10.

11.

12.

Documento assinado digitalmente
 ROSA MARIA FORMIGA JOHNSON
 Data: 03/07/2025 11:40:54-0300
 Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Documento assinado digitalmente
 YVONILDE DANTAS PINTO MEDEIROS
 Data: 04/07/2025 12:16:14-0300
 Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

13.

14.

YVONILDE DANTAS PINTO MEDEIROS – UFBA – EXAMINADORA EXTERNA

Documento assinado eletronicamente por **CARLOS DE OLIVEIRA GALVAO, PROFESSOR(A) DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 03/07/2025, às 09:47, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **MAYCON BRENO MACENA DA SILVA, Usuário Externo**, em 03/07/2025, às 10:03, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **MARCIA MARIA RIOS RIBEIRO, PROFESSOR(A) DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 03/07/2025, às 10:14, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **FLAVIO PEREIRA DA CUNHA, SECRETÁRIO (A)**, em 03/07/2025, às 10:23, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **Simone Rosa da Silva, Usuário Externo**, em 03/07/2025, às 10:35, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site <https://sei.ufcg.edu.br/autenticidade>, informando o código verificador **5594657** e o código CRC **F7D4AB3C**.

AGRADECIMENTOS

Ao ensino público e gratuito que tive acesso desde o início da minha formação e que me permitiu chegar até aqui.

Aos meus incríveis pais, Penha e Cosme, que não medem esforços para me apoiar em todos os caminhos que escolho seguir.

Ao meu amado companheiro, Wesley, que está comigo de forma amável e incentivadora sempre.

A minha orientadora e mentora, Professora Márcia Ribeiro, que apoiou minhas ideias, sempre esteve disponível para discutir tudo que envolve essa pesquisa e me encorajou a trilhar ótimos caminhos. Meu muito obrigado e admiração.

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental (PPGECA), principalmente, ao grande Professor Carlos Galvão e à Professora Iana Rufino, que me servem como exemplos de profissional a ser seguido.

Aos meus amigos do Laboratório de Hidráulica II, Duda, Diego, Epitácio, Laisa, Luana, Matheus e Sabrina, a quem devo a alegria de muitas risadas e boas trocas sobre pesquisa. Ainda no âmbito do laboratório, agradeço à Rejane, que sempre se mostrou prestativa e dá ânimo para a convivência nesse espaço pelo qual tenho tanto carinho.

Aos outros amigos que carrego ao longo da vida, Morgana, Janine, Kyones, Stive, Gijiu, Isabelle, Marcus e Filipe. Também aos queridos amigos que fiz em Lisboa, Luan e Mylena.

À professora Sofia Bento, que aceitou me receber no Instituto Superior de Economia e Gestão (ISEG) da Universidade de Lisboa, o que me permitiu desbravar a Teoria Ator-Rede.

Aos professores Carlos Galvão, Rosa Formiga Johnsson, Yvonilde Medeiros e Simone Rosa que aceitaram contribuir de maneira muito generosa na avaliação deste texto.

A todas as outras pessoas que me ajudaram direta ou indiretamente na realização desta pesquisa, seja com o envio de informações ou com discussões. Inclusive, as que estão inseridas nas arenas das quais participei para observar e entender o sistema hídrico que estudei.

Ao apoio financeiro dado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, através das bolsas de estudo no país e para o doutorado sanduíche, e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico e à Fundação de

Apoio à Pesquisa do Estado da Paraíba, pelo financiamento das pesquisas das quais eu faço parte.

Muito obrigado.



(Clarice Lispector, Interior de gruta, 1960, óleo sobre madeira)

Entro lentamente na escritura assim como já entrei na pintura. É um mundo emaranhado de cipós, sílabas, madressilvas, cores e palavras – limiar de entrada de ancestral caverna que é o útero do mundo e dele vou nascer.

(Clarice Lispector, Água Viva, 1973)

RESUMO

Os recursos hídricos são submetidos a cenários de estresse e incertezas, sendo necessária a discussão de uma governança da água capaz de lidar com esses desafios em diferentes níveis de planejamento, como os sistemas hídricos formados por reservatórios. Esta pesquisa tem como objetivo propor uma metodologia que integre uma estrutura de análise de robustez e rede entre atores para análise da governança da água, visando também a resolução ou atenuação de conflitos. A análise foi realizada em um sistema hídrico brasileiro formado, entre outros, pelo Reservatório Epitácio Pessoa, no Estado da Paraíba. Esse sistema localiza-se em uma região semiárida e passou por duas crises hídricas severas nas últimas décadas, recebe águas do Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF), é submetido a usos múltiplos da água e desde 2019 passa por um processo de alocação negociada de água. Sendo este um dos interesses centrais dessa pesquisa. Foram integradas três ferramentas metodológicas de modo a obter um percurso de análise interdisciplinar e que possibilite visualizar o sistema hídrico a partir de diferentes lentes. Primeiro, foi utilizado o Arcabouço de Robustez de Sistemas Socioecológicos (ARSS) como ferramenta heurística para caracterizar os sistemas e as interações existentes entre os componentes que os formam. Em seguida, foi realizada uma leitura do sistema a partir da Teoria Ator-Rede (TAR) para identificar a rede entre atores, as preferências dos atores organizados em rede e lógicas de poder entre esses atores. Por último, o Modelo Grafo para Resolução de Conflitos (*Graph Model for Conflict Resolution – GMCR*) para buscar estados de equilíbrio para o conflito pelo uso da água e estratégias para alcançar cenários desejáveis. O ARSS revelou a complexidade existente na governança da água no Sistema Epitácio Pessoa (SEP) devido ao grande número de usuários e provedores de infraestrutura, o que exige muita coordenação. Esta ferramenta ainda destacou a importância de entender as interações entre componentes do sistema e os impactos dos fatores exógenos, tanto ecológicos quanto sociais. Com a TAR foi possível analisar a alocação negociada de água no SEP, revelando a complexidade das controvérsias sobre recursos hídricos e a formação de redes de atores humanos e não humanos. A análise destacou a falta de atenção a reservatórios menores, ausências institucionais e relações de poder estabelecidas principalmente por órgãos gestores e por uma companhia de água enquanto usuária. A modelagem realizada no GMCR mostrou que, da maneira que os atores colocam suas preferências nas alocações negociadas de água, os cenários para diminuir as discordâncias entre eles envolvem aumentar a vazão alocada e não cumprir os acordos estabelecidos. Mas, ainda com o GMCR, foi possível definir estratégias para buscar cenários mais sustentáveis. Por fim, o arcabouço metodológico proposto possibilitou uma análise aprofundada de aspectos da governança da água do SEP e definir diretrizes para o aperfeiçoamento desse sistema.

PALAVRAS-CHAVE: Alocação negociada de água; Governança da água; Sistemas socioecológicos; Gestão de recursos hídricos; Semiárido.

ABSTRACT

Water resources are increasingly subject to stress and uncertainty. It is therefore necessary to discuss water governance capable of dealing with these challenges at different planning levels, such as water systems formed by reservoirs. The aim of this research is to propose a methodology that integrates robustness and an actor-network analysis framework for water governance analysis to resolve conflicts. The analysis was conducted in a Brazilian water system formed, among others, by the Epitácio Pessoa Reservoir in Paraíba. This system is located in a semiarid region and has experienced two severe water crises in recent decades. It receives water from the São Francisco River Integration Project (PISF), is subject to multiple water uses, and has been undergoing a negotiated water allocation process since 2019. This is one of the central interests of this research. Three methodological tools are being integrated in order to achieve an interdisciplinary analysis path that makes it possible to view the water system through different lenses. Firstly, the Robustness Framework for Socio-Ecological Systems (ARSS) will be used as a heuristic tool to characterize the systems and the interactions between the components that make them up. Next, the system will be analyzed using the Actor-Network Theory (ANT) to identify the network between actors, the actors' preferences, and the power between these actors. Finally, the Graph Model for Conflict Resolution (GMCR) will search for desirable states to solve water conflicts. The ARSS revealed the complexity of water governance in the Epitácio Pessoa System due to the large number of users and public infrastructure providers, which requires a great deal of coordination. This tool also highlighted the importance of understanding the interactions between system components and the impacts of exogenous factors, both ecological and social. Using ANT, analyzing the negotiated allocation of water in the Epitácio Pessoa System was possible, revealing the complexity of controversies over water resources and the formation of networks of human and non-human actors. The analysis highlighted the lack of attention to smaller reservoirs, institutional absences, and power relations established mainly by management agencies and the water company. The modeling carried out in the GMCR showed that the way actors expressed their preferences in the negotiated water allocations, the scenarios for reducing disagreements between them involve increasing the allocated flow and not adhering to the agreements made. However, even with the GMCR, it was possible to define strategies to seek more sustainable scenarios. In conclusion, the proposed methodological framework enabled an in-depth analysis of aspects of SEP water governance and provided guidelines for improving this system.

KEYWORDS: Negotiated water allocation; Water Governance; Socioecological systems; Water resources management; Semiarid.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Estrutura da tese.....	14
Figura 2. Instrumentos de recursos hídricos da PNRH.....	26
Figura 3. Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH) .	27
Figura 4. Comitês de bacia hidrográfica no Estado da Paraíba.	30
Figura 5. Localização do Sistema Hídrico Epitácio Pessoa.....	36
Figura 6. Histórico de volumes de água armazenados nos reservatórios Epitácio Pessoa, Poções e Camalaú.....	38
Figura 7. Esquematização dos conceitos de robustez e resiliência	41
Figura 8. As diferenças entre resiliência, robustez e adaptabilidade em arranjos de regras	42
Figura 9. Arcabouço de Robustez de Sistemas Socioecológicos – ARSS.....	43
Figura 10. Classes e subclasses para categorizar e analisar as interações existentes	46
Figura 11. Sistema Epitácio Pessoa através do Arcabouço de Robustez de Sistemas Socioecológicos (ARSS)	47
Figura 12. Fenômenos das secas na bacia de drenagem do Reservatório Epitácio Pessoa antes da integração com o PISF	50
Figura 13. Sistema Epitácio Pessoa através do Arcabouço de Robustez de Sistemas Socioecológicos (ARSS) para distintos períodos	53
Figura 14. Algumas características do processo de alocação negociada de água associadas a aspectos que favorecem a governança adaptativa.....	55
Figura 15. Lentes de observação da Cartografia das Controvérsias.....	60
Figura 16. CDH do corpus de análise. f significa a frequência com que cada palavra aparece em cada classe e X^2 é o qui-quadrado de cada palavra, portanto, a significância dentro de cada classe.....	66
Figura 17. Representação da rede de atores identificada nas alocações negociadas de água	70

Figura 18. Atores e a possibilidade de relações de poder.....	73
Figura 19 – Fluxograma simplificado do funcionamento do GMCR	82
Figura 20. Fluxograma para utilização do GMCR nesta pesquisa.....	86
Figura 21 – Histórico de vazões alocadas e do volume armazenado no Reservatório Epitácio Pessoa	91
Figura 22 – Movimentos de melhorias dos atores entre os estados simulados do conflito.....	92
Figura 23 – Arcabouço metodológico proposto e resultados obtidos por cada ferramenta	99

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Diferenças entre hierarquia, mercado e redes como modos de governança	18
Tabela 2. Diferenças entre governança hierárquica, auto governança e cogovernança	19
Tabela 3. Modos de exercício de poder identificados na literatura	22
Tabela 4. Tipos de assimetrias de poder e seus impactos	23
Tabela 5. Relação entre organismos do SINGREH e instrumentos da PNRH	28
Tabela 6. Arquétipos para sistemas socioecológicos e algumas de suas características	45
Tabela 7. Descrição das reuniões de alocação negociada de água ocorridas no Sistema Epitácio Pessoa	61
Tabela 8 – Descrição dos componentes do GMCR.....	83
Tabela 9. Indicadores de estabilidade utilizados	86
Tabela 10 – Atores, opções e estados possíveis para o conflito de planejamento ..	88
Tabela 11 – Vetores de preferência para os atores envolvidos no conflito	89
Tabela 12 – Resultados da análise de estabilidade	90

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
1.1 Hipótese	11
1.2 Objetivos	11
1.2.1 <i>Objetivo geral</i>	11
1.2.2 <i>Objetivos específicos</i>	11
1.3 Justificativa.....	11
1.4 Estrutura do texto	13
2. REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1 Governança da água	15
2.1.1 <i>Poder e governança da água</i>	20
2.2 Políticas hídricas e sistema de governança da água no Brasil	25
3. CASO DE ESTUDO	36
4. ANÁLISE DAS INTERAÇÕES E DOS COMPONENTES DA GOVERNANÇA DA ÁGUA ATRAVÉS DO ARCABOUÇO DE ROBUSTEZ DE SISTEMAS SOCIOECOLÓGICOS	40
4.1 Contextualização.....	40
4.2 Metodologia	44
4.3 Resultados e discussão	47
4.3.1 <i>Aplicação do arcabouço de robustez ao SEP</i>	47
4.3.2 <i>O quanto o Sistema Epitácio Pessoa é robusto?</i>	52
4.4 Conclusões	56
5. COMPREENSÃO DE REDES DE ATORES EM PROCESSO PARTICIPATIVO DE GOVERNANÇA DA ÁGUA	57
5.1 Contextualização.....	57
5.2 Metodologia	60
5.2.1 <i>Das declarações à literatura</i>	62
5.2.2 <i>Da literatura aos atores</i>	63
5.2.3 <i>Dos atores às redes</i>	63
5.2.4 <i>Da rede aos cosmos</i>	64
5.2.5 <i>Dos cosmos à cosmopolítica</i>	64
5.3 Resultados.....	65
5.3.1 <i>O que envolve a controvérsia?</i>	65

5.3.2	<i>Quem e o que compõe o sistema hídrico?</i>	67
5.3.3	<i>Interações e relações de poder através das redes</i>	69
5.3.4	<i>Os posicionamentos dos atores</i>	74
5.3.5	<i>Alinhamento entre diferentes posicionamentos</i>	76
5.4	Discussão	76
5.5	Conclusões	78
6.	UTILIZAÇÃO DA INFRAESTRUTURA INSTITUCIONAL E PARTICIPATIVA PARA RESOLUÇÃO DE CONFLITOS PELO USO DA ÁGUA	80
6.1	Contextualização.....	80
6.2	Metodologia	84
6.3	Resultados.....	87
6.4	Discussão	95
6.5	Conclusões	98
7.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	99
7.1	Arcabouço metodológico proposto	99
7.2	O Sistema Epitácio Pessoa (SEP)	101
7.3	Recomendações para pesquisas futuras	103
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	105
	ANEXO I	127
	APÊNDICE I	128
	APÊNDICE II	144
	APÊNDICE III	147

1. INTRODUÇÃO

Os cenários de escassez hídrica, que favorecem o desencadeamento de conflitos, são atribuídos, sobretudo, aos problemas de governança da água e não necessariamente à quantidade de recursos disponíveis (Silva *et al.*, 2017; Pahl-Wostl, 2017; Ribeiro; Formiga-Johnsson, 2019). Os aspectos relacionados à governança são tão complexos e interligados quanto os processos hidrológicos que impactam um sistema (Stein; Ernstson; Barron, 2011).

A governança da água compreende um conjunto de regras e instituições, sejam elas formais ou informais, que fundamentam a tomada de decisão sobre a gestão de recursos hídricos e sua implementação, envolvendo todos os atores interessados nesse recurso (OCDE, 2015). Para Kooiman e Jentoft (2009), esses atores incluem indivíduos, instituições e qualquer unidade social com poder de ação. Dentre as orientações e necessidades para a governança da água está o foco nos atores para compreender o uso do recurso, o que contribui para os problemas e o que fazer para mitigá-los (Ribeiro; Formiga-Johnsson, 2019). A participação desses atores nas decisões é um fator crucial, que impacta o comportamento dos sistemas hídricos (Frota *et al.*, 2021), tornando-se, portanto, essencial para uma análise aprofundada da governança.

O conhecimento acerca da governança da água é um campo do saber acadêmico em rápido crescimento (Pahl-Wostl, 2017). E já se tem consolidado que a governança, combinada a outros fatores sociais, gera boas práticas de gestão dos recursos hídricos (Knieper; Pahl-Wostl, 2016). Assim, a gestão e a governança não são conceitos sinônimos: a gestão é entendida como a técnica que abrange o planejamento em si, a operacionalização da governança (OGA, 2019).

A identificação e a organização de diferentes níveis de planejamento são essenciais para alcançar resultados efetivos na governança da água (Pahl-Wostl, 2017). Nesse sentido, a análise em nível local se torna imprescindível, uma vez que o uso inadequado da água nessa escala pode resultar em crises hídricas regionais (Vörösmarty *et al.*, 2015). As relevantes contribuições de Ostrom (1990; 2002) sobre recursos de uso comum reforçam ainda mais a necessidade de fortalecer a governança em nível local.

Nesta pesquisa, se considera as evidências de Nagendra e Ostrom (2014) de que sistemas formados por lagos são sistemas socioecológicos (SSE) em contexto local. De fato, sistemas hídricos formados por lagos ou reservatórios possuem uma dimensão ecológica (o lago e sua bacia de drenagem) e uma dimensão social (regras e atores envolvidos na exploração ou conservação). As discussões de Silva e Ribeiro (2021a; 2022) também contribuem para esse entendimento, compreendendo que o nível de reservatório é inferior espacialmente ao nível de bacia hidrográfica. Portanto,

ao longo deste texto o termo “sistema hídrico” se refere especificamente a esses sistemas.

No Brasil, a relevância do planejamento e governança no nível de sistema hídrico é constatada por processos de alocação negociada de água em reservatórios, sejam os exemplos bem sucedidos no Estado do Ceará (Pinheiro; Campos; Studart, 2011; Aquino; Silva; Silva; 2019; Silva *et al.*, 2019; Carvalho; Souza Filho; Brito, 2024), ou os recentemente implementados pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) em reservatórios com recursos de domínio da União (ANA, 2024) ou pela Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA) em reservatórios de domínio estadual na Paraíba (AESA, 2024). Apesar disso, na Lei Federal 9.433 de 1997, que cria a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), não há nenhuma menção direta à necessidade de planejamento nesse nível de sistema hídrico, justificando, o desenvolvimento deste texto, pois, se há estratégias de governança em sistemas hídricos locais (como as alocações negociadas de água), é preciso que sejam reconhecidos como tais e tenham o modelo e execução devidamente analisados.

Para analisar de maneira adequada a governança é preciso caracterizar suas dimensões (OGA, 2019), componentes sociais e naturais e como se dá a relação entre eles (Anderies; Barreteau; Brady, 2019), visto que, a governança pode ser lida como um processo de interações (Ribeiro; Formiga-Johnsson, 2019). O uso de ferramentas heurísticas colabora com esse processo de análise, em que a discussão da boa governança está associada a importantes características sistêmicas, como a robustez. A robustez é o atributo que permite que um sistema seja menos sensível a distúrbios, mantendo certo desempenho quando submetido a estresses (Anderies *et al.*, 2013). Sistemas robustos são aqueles que possuem uma estrutura de interações capaz de diminuir as falhas diante das incertezas (Homayounfar *et al.*, 2018). O Arcabouço de Robustez de Sistemas Socioecológicos (ARSS) é uma ferramenta consolidada que ajuda a compreender a governança sob as lentes da robustez e encontrar vulnerabilidades entre componentes de sistemas complexos, isto é, dinâmicos, não lineares e altamente incertos (Anderies; Barreteau; Brady, 2019; Colding; Barthel, 2019).

Além da já mencionada importância de se considerar os atores nas análises de governança, van Hateren *et al.* (2023) apontam que estudos inter e multidisciplinares no campo dos recursos hídricos podem oferecer contribuições significativas. Essa discussão está associada, por exemplo, ao fato de precisar integrar a dimensão social para solução de problemas e crises na dimensão ecológica (IPCC, 2022). Diante dos inúmeros problemas emergentes a que são submetidos os recursos hídricos, integrar teorias e ferramentas de outras áreas do conhecimento, como das ciências sociais, pode ser uma forma de identificar soluções mais adequadas para problemas de

planejamento ou de conflitos pelo uso da água (Palsson *et al.*, 2013; Charnley *et al.*, 2017; Seidl; Barthel, 2017). Dessa forma, sabendo que uma boa governança da água consegue minimizar a ocorrência de conflitos pelo uso desse recurso (Romano, 2024), assume-se aqui que a modelagem de conflitos vinculada a dados que sejam resultado de análises multidimensionais e interdisciplinares, pode oferecer respostas mais adequadas de como um sistema de governança deve agir.

Nesse contexto, indaga-se: como promover a governança da água em sistemas hídricos levando em consideração a robustez e os arranjos existentes entre os atores para minimizar conflitos pelo uso da água?

1.1 Hipótese

Pressupõe-se que a governança da água baseada em mecanismos participativos no nível de sistema hídrico favorece a robustez socioecológica e a resolução ou atenuação de conflitos.

1.2 Objetivos

1.2.1 *Objetivo geral*

Propor metodologia para análise de governança da água, que integre uma estrutura de análise de robustez e rede entre atores, visando também a resolução de conflitos.

1.2.2 *Objetivos específicos*

- Caracterizar componentes da governança da água de um sistema hídrico no semiárido brasileiro;
- Identificar e classificar interações existentes entre os componentes da governança, sejam eles os que compõem a infraestrutura pública, natural, institucional ou usuários de água;
- Analisar a existência de rede de atores no sistema hídrico analisado;
- Encontrar possíveis soluções para conflito pelo uso da água baseando-se no conhecimento sobre os atores e nas relações de poder existentes entre eles.

1.3 Justificativa

A pesquisa se justifica por três aspectos principais. Primeiro, por se destinar a investigar a governança da água em sistemas hídricos formados por reservatórios,

sendo esse nível de planejamento ainda pouco explorado em estudos de governança quando comparado a discussões exclusivamente de gestão ou fatores operacionais. Segundo, por integrar ferramentas e teorias de diferentes áreas para uma análise multidisciplinar da governança da água. Terceiro, por inserir na análise da governança desses sistemas uma visão socioecológica, com aspectos importantes para permitir adaptação.

O Banco Mundial (2018), ao discutir o aperfeiçoamento da Política e do sistema de recursos hídricos brasileiro, aponta para a importância dos reservatórios enquanto sistemas hídricos para a garantia de segurança hídrica e para a necessidade de levar em consideração o planejamento também nesse nível espacial. Esses sistemas serão cada vez mais importantes na sua função de armazenamento de água diante dos futuros cenários de incertezas climáticas (Burke *et al.*, 2023). A existência da alocação negociada de água e a definição de marcos regulatórios no Brasil tem sido uma forma de apontar a necessidade de estratégias de planejamento para esse nível de sistema (Banco Mundial, 2018; Silva; Ribeiro, 2021; Oliveira *et al.*, 2022). Além disso, em uma mesma bacia hidrográfica pode haver muitos sistemas hídricos com problemáticas e realidades bem distintas (Vieira; Ribeiro, 2010), o que pode indicar a necessidade de um olhar mais focalizado para que os desafios particulares possam ser melhor encarados e solucionados. Apesar da necessidade de considerar a governança da água em nível local, é preciso não esquecer que esses sistemas formados por reservatórios fazem parte de uma bacia hidrográfica, que é a unidade territorial para implementação das políticas hídricas (Brasil, 1997), e, portanto, organismos de bacia e os planos de bacia devem considerar e estar presente nas estratégias adotadas para esse nível mais focalizado de planejamento.

De modo a explicar diferentes aspectos que envolvem esses sistemas hídricos e a governança da água, perspectivas multidisciplinares se mostram necessárias, como já apresentado. Por isso, neste texto será proposta a integração de uma ferramenta heurística que integra ciências econômica e política, ecologia e engenharia (Arcabouço de Robustez de Sistemas Socioecológicos – ARSS) (Anderies; Janssen; Ostrom, 2004; Anderies; Janssen, 2013), uma teoria das ciências sociais (Teoria Ator-Rede – TAR) (Latour, 2006) e um modelo matemático derivado da teoria dos jogos (Modelo Grafo para Resolução de Conflitos – GMCR) (Fang; Hipel; Kilgour, 1993; Hipel, Fang; Kilgour, 2019). Esta integração é inédita e uma das principais contribuições do texto, pois associa conhecimentos de diferentes áreas.

Diante dos cenários de incertezas e mudanças climáticas, é preciso se preocupar quanto à adaptação dos sistemas (IPCC, 2022). Quando a governança da água assume um caráter adaptativo maior é a capacidade de responder a estresses de maneira satisfatória (Cosens; Williams, 2012; Pahl-Wostl, 2015; McIlwain *et al.*, 2023). São

aspectos importantes para uma governança adaptativa: a robustez de sistemas socioecológicos (Aligica; Tarko, 2014; Anderies *et al.*, 2013; Capano; Woo, 2017; Abimbola; Topp, 2018; Anderies; Barreteau; Brady, 2019), a atuação dos atores na governança por meio da participação e a presença de mecanismos para resolução de conflitos (Ballester; Lacroix, 2016; Cosens *et al.*, 2017; Lemos *et al.*, 2020).

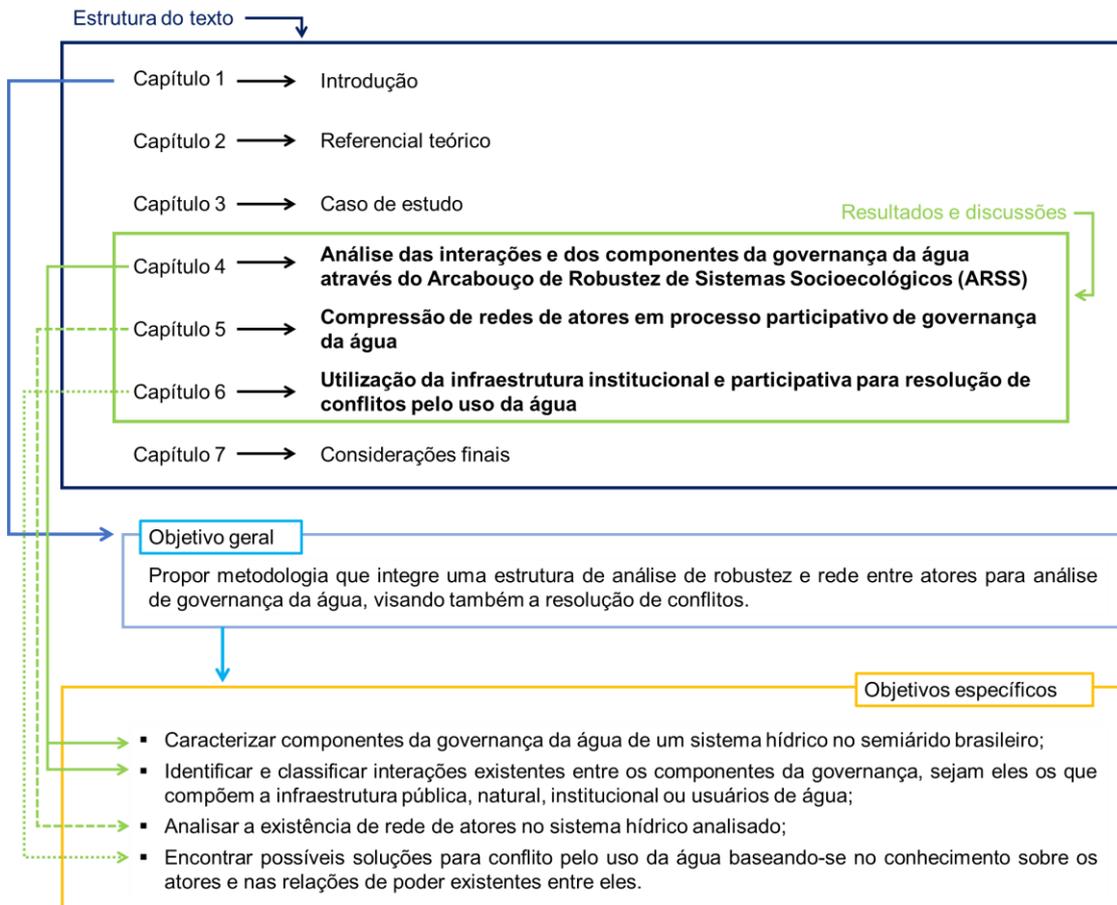
Foi escolhido para o estudo o Sistema Epitácio Pessoa (SEP), localizado no semiárido brasileiro, pelos seguintes motivos:

- Esse sistema tem importância regional para a bacia hidrográfica em que está inserido, a Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba;
- Esse sistema possui questões que geram ou geraram controvérsias sobre a sua presença enquanto infraestrutura hídrica, como as duas severas crises hídricas que ameaçaram a capacidade de abastecimento de água;
- Esse sistema está situado em uma região semiárida e é destinado a usos múltiplos da água, o que amplia a complexidade ecológica e de interesses;
- Esse sistema é submetido anualmente, desde 2019, a alocação negociada de água, uma ferramenta de planejamento participativo que visa melhorar a governança, mas ainda pouco analisado.

1.4 Estrutura do texto

A Figura 1 apresenta a estrutura deste texto. Parte-se de dois capítulos iniciais para apresentar a problemática, a justificativa, hipótese e objetivos da pesquisa. O terceiro capítulo apresenta o estudo de caso utilizado nos próximos capítulos, o Sistema Hídrico Epitácio Pessoa, na Paraíba. Os Capítulos 4, 5 e 6 se destinam a apresentar a proposta metodológica para análise da governança da água e os resultados e discussões obtidos. O Capítulo 4 utiliza o ARSS, o Capítulo 5 a TAR e o Capítulo 6 o GMCR. O último capítulo discute a integração metodológica e os resultados obtidos.

Figura 1. Estrutura da tese



Fonte: Elaborada pelo autor

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Governança da água

Sabendo que a governança da água tem impacto direto na forma que se constitui a gestão dos recursos hídricos e sua implementação (Armitage; Loë; Plummer, 2012), buscar aperfeiçoá-la é um caminho para que o planejamento dos corpos hídricos consiga cumprir seu papel de forma mais efetiva e eficiente. Muitos são os desafios ainda encontrados para compreender de forma consistente os diversos modelos de governança e os percursos para melhorá-la, como os muitos tipos de arranjos de regras (Hassenforder; Barone, 2018; Ariffin *et al.*, 2024), os muitos paradigmas contextuais (Bilalova; Newig; Villamayor-Tomas, 2024) e a inclusão da complexidade (Whaley, 2022).

Özerol *et al.* (2018) apontam alguns aspectos a serem considerados em análises da governança da água, dentre eles: equilíbrio entre o número de estudos de caso, permitindo que sejam considerados os contextos locais e as características do problema; a distribuição geográfica, que geralmente negligencia os países do sul global; e a compreensão das lógicas de justiça, equidade e poder.

Ainda dentre os desafios da governança da água está a necessidade de criar sólidas redes de confiança entre os diferentes atores que a compõe (Voogd *et al.*, 2022; Aggarwal; Anderies, 2023; Bilalova; Newig; Villamayor-Tomas, 2024), permitindo lidar melhor com as complexidades e incertezas sistêmicas. Somado a isso, se reconhece que os arranjos institucionais impactam consideravelmente questões da governança, limitando ou estimulando a participação a partir da concentração de poder (Aleu; Larsen; Methner, 2022). Esses fatores evidenciam a necessidade de aprofundar a compreensão sobre os atores que integram um modelo de governança. Nesse contexto, a participação na governança da água tem sido objeto de diversas investigações (Ribeiro; Vieira; Ribeiro, 2012; Brás *et al.*, 2014).

Problemas ambientais podem influenciar significativamente a configuração da governança. Segundo Ingold *et al.* (2019), esses problemas resultam, principalmente, de três características: incertezas, incompatibilidades entre setores, níveis, espaços e tempos, e a pluralidade de normas, valores e interesses. Além disso, outros autores apontam que essa diversidade de normas e valores entre os diferentes atores gera uma gama de soluções para os desafios existentes e emergentes (Almazán-Casali; Puga; Lemos, 2021). Nesse sentido, uma governança que prioriza a conectividade — ou seja, que integra atores, setores, problemas e escalas — se revela um caminho promissor para enfrentar questões ambientais complexas (Ingold *et al.*, 2019; Pahl-Wostl, 2019).

Existem diversas abordagens e debates emergentes que estão, direta ou indiretamente, relacionados à governança da água. Entre as abordagens mapeadas por Ribeiro e Johnsson (2018), destacam-se as governanças caracterizadas como adaptativas, policêntricas e multiníveis:

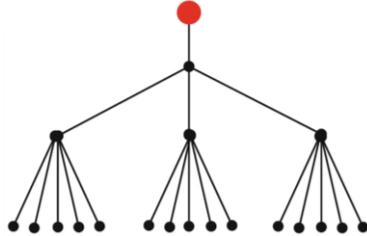
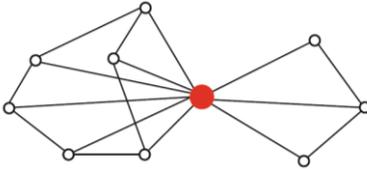
- A governança adaptativa pode ser interpretada como um conjunto de interações entre atores, redes, organizações e instituições com o compromisso de alcançar um estado desejado para os sistemas (Chaffin; Gosnell; Cosens, 2014; Cosens *et al.*, 2017). No contexto das mudanças climáticas, a adaptação tem ganhado destaque por indicar um caminho para lidar com os cenários de incertezas (IPCC, 2022).
- Já os conceitos de governança policêntrica e multinível se entrelaçam. A governança policêntrica pressupõe a existência de muitos centros autônomos para a tomada de decisão e em coordenação através de um sistema de regras (Pahl-Wostl, 2015). Já a governança multinível, como a própria denominação sugere, separa a governança em níveis distintos diante dos quais são distribuídas autoridades e responsabilidades para a tomada de decisão (Pahl-Wostl, 2015). É possível, ainda, admitir que toda governança multinível tem características policêntricas (Sandström; Söderberg; Nilsson, 2020).

Esses conceitos podem ser integrados a diferentes modos de governança, que representam as formas de interação entre Estado, mercado e sociedade civil (Pahl-Wostl, 2015). Conforme detalhado na Tabela 1, esses modos podem ser classificados como hierarquias, mercados e redes, diferenciando-se pela formalidade das regras, pelos tipos de atores envolvidos e por suas respectivas funções (Pahl-Wostl, 2015; 2019). Para enfrentar desafios complexos de maneira eficaz, é fundamental que haja espaço para o desenvolvimento de formas híbridas de governança, que combinem características de diversos modos. Além disso, é necessário que a governança não seja estática; deve passar por processos reflexivos de aprendizagem social para seu aprimoramento, um processo conhecido como meta-governança (Beisheim *et al.*, 2018; Pahl-Wostl, 2019; Gjaltema; Biesbroek; Termeer, 2020; Julio; Figueroa; Oliva, 2022).

Também é possível categorizar os modos de governança como cogovernança, auto governança e governança hierárquica (Kooiman, 2003; Kooiman; Jentoft, 2009), com detalhes apresentados na Tabela 2. Observa-se uma certa semelhança entre as categorias propostas por Kooiman (2003) e Pahl-Wostl (2015). Assim, esses conceitos vão além de uma simples classificação, oferecendo uma compreensão mais profunda sobre a governança, os atores envolvidos, sua organização e as dinâmicas de poder que podem emergir.

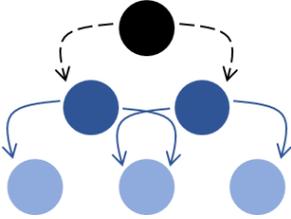
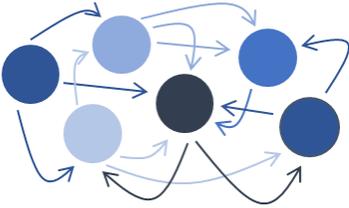
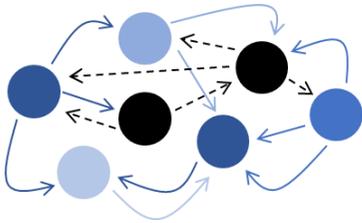
É essencial investigar a governança da água como um meio para garantir a segurança hídrica (Julio; Figueroa; Oliva, 2022). Além disso, é importante desenvolver análises que considerem as múltiplas escalas em que os sistemas estão organizados, conforme discutido por Daniell e Barreteau (2014) e Ingold *et al.* (2019). Dentro de uma mesma escala, como a espacial, diversos níveis devem ser considerados (Armitage; Loë; Plummer, 2012).

Tabela 1. Diferenças entre hierarquia, mercado e redes como modos de governança

Modo de governança	Características	Representação gráfica
Hierarquias	Os processos regulatórios são baseados em regras formais e atores governamentais. O poder é exercido mais fortemente pelo ator na posição mais elevada da hierarquia. O Estado, geralmente, é o ator dominante.	 <p>Diagrama de uma hierarquia com um nó vermelho no topo, conectado a três nós intermediários, que por sua vez se conectam a grupos de nós na base.</p>
Mercados	São baseados em uma combinação de regras informais e formais e os atores não governamentais dominam o processo. O poder é baseado no montante de recursos monetários em posse. Empresas, geralmente, são os atores dominantes.	 <p>Diagrama de um mercado com uma caixa vermelha rotulada "Demanda e oferta de mercado" no topo, com setas apontando para cima e para baixo, conectando-se a uma linha de nós na base.</p>
Redes	São baseados, principalmente, em regras informais e os atores governamentais e não-governamentais podem participar, mesmo que estes sejam a maioria. O poder pertence ao ator com centralidade na rede. Organizações da sociedade civil, geralmente, são os atores dominantes.	 <p>Diagrama de uma rede com um nó vermelho centralizado, conectado a outros nós, formando uma estrutura de rede.</p>
Cor vermelha denota a posição do poder na governança.		

Fonte: Elaborada pelo autor com base em Pahl-Wostl (2015; 2019)

Tabela 2. Diferenças entre governança hierárquica, auto governança e cogovernança

Modo de governança	Características	Representação gráfica
Governança hierárquica	Ocorre quando os que governam estão em uma posição superior aos que são governados. A maneira de governar tende a ser “ <i>top-down</i> ” e as regras definidas pelos que governam são privilegiadas.	
Auto governança	Ocorre quando atores de diferentes domínios se organizam em redes para alcançar propósitos comuns, cuidando de si mesmos. Pode ocorrer na existência de um vácuo regulatório ou institucional.	
Cogovernança	Semelhante à auto governança por não se basear em uma estrutura rigidamente hierárquica e por criar uma rede de atores com um propósito comum. Mas difere da auto governança por envolver a colaboração de atores governamentais e não governamentais. Está associada ao compartilhamento de poder, responsabilidades e informações.	

Os círculos em tons de azul representam atores não governamentais. Os círculos pretos representam atores estatais.

Fonte: Elaborada pelo autor com base em Gritsenko e Wood (2022), Kooiman, (2003) e Kooiman e Jentoft (2009)

2.1.1 Poder e governança da água

Como discutido anteriormente (Tabelas 1 e 2), o poder é algo presente em diversos tipos de governança e, por isso, é importante que seja considerado em uma análise consistente (McIlwain *et al.*, 2023). Michel Foucault é um autor que dedicou parte da sua obra à compreensão do poder, sendo, portanto, um bom ponto de partida para compreendê-lo. Para Foucault, o poder não é uma "coisa", mas uma relação dinâmica, que não pertence a indivíduos ou instituições, mas sim às interações que elas estabelecem (Foucault, 2021). Assim, um ator pode exercer uma relação de poder, mas não é, por si só, proprietário do poder. Essas relações podem causar repressão, mas também podem ser produtoras de "coisas", discursos e saberes (Foucault, 2021; Vallet *et al.*, 2020). É crucial considerar o poder exercido pelo Estado em uma sociedade, assim como os micropoderes que permeiam redes e instituições sociais no cotidiano (Ferreirinha; Raitz, 2010; Foucault, 2021).

Bruno Latour, Michel Callon e John Law, em uma perspectiva dos estudos de ciência e tecnologia, concordam com Foucault ao afirmar que o poder se manifesta nas redes de atores e não pertence a nenhum ator específico, mas reside na capacidade de influenciar os outros, ou seja, nas relações estabelecidas (Callon; Law, 2005; Latour, 2012).

No campo dos recursos hídricos, a teoria hidrossocial (Ross; Chang, 2020) oferece uma perspectiva valiosa para compreender como as questões de poder e escala podem gerar desigualdades no acesso à água. Baseando-se em fundamentos marxistas e teorias pós-estruturalistas, essa teoria postula que a acumulação de poder cria oportunidades para o desenvolvimento desigual em diferentes períodos e escalas (Harvey, 2006; Ross; Chang, 2020; Smith, 1984). Assim, pesquisas que adotam noções como essa, mesmo que implicitamente, podem contribuir com soluções para os complexos problemas relacionados aos recursos hídricos. Prado e Ortiz-Guerrero (2025), através dessa lente analítica, explicam como os reservatórios de água são considerados infraestruturas hidrossociais, por envolverem não somente tecnologia e fluxos de recursos naturais, mas também a sociedade através de redes entre atores, sendo todas essas dimensões responsáveis pelas regras que regem a existência dessas infraestruturas no território.

As assimetrias de poder podem impactar o acesso dos atores aos recursos hídricos, influenciando como eles se beneficiam da água e sua participação na gestão desse recurso (Ross; Chang, 2020; Fonseca-Cepeda *et al.*, 2022; Awolorinke *et al.*, 2025). Essas assimetrias não apenas afetam o surgimento e a resolução de conflitos (Berbés-Blázquez; González; Pascual, 2016; Castro; Nielsen, 2003; Yu *et al.*, 2015), mas também podem comprometer a resiliência de sistemas socioecológicos (Olsson;

Folke; Berkes, 2004). Vallet *et al.* (2020) apresentam uma ampla revisão que possibilita conhecer o poder a partir de diferentes modos de exercício ou atuação (Tabela 3) e demonstram que classificar as assimetrias de poder em dominação e influência, como sugere Knoke (1990), se mostra adequado no âmbito da governança ambiental. A Tabela 4 ilustra e distingue esses dois tipos de assimetrias. Knoke (1990) identifica quatro tipos de relações de poder em um sistema de governança, dependendo do nível de dominação e influência: poder coercitivo (dominação exclusiva), poder persuasivo (influência exclusiva), poder autoritário (influência e dominação) e poder igualitário (fraca influência e dominação) (Vallet *et al.*, 2020). As assimetrias de poder são frequentemente observadas em conflitos relacionados aos recursos hídricos (Yu *et al.*, 2015).

Na busca por compreender essas assimetrias, Yu *et al.* (2015) classificam o poder em indireto e direto, com base em seus efeitos e custos. O poder indireto é aquele que influencia o comportamento de um ator sem gerar custos para seu exercício, utilizando ferramentas como o conhecimento. Já o poder direto implica um processo que pode incorrer custos ao ator que o exerce, podendo criar incentivos ou condições favoráveis (poder direto positivo) ou punições e consequências negativas (poder direto negativo).

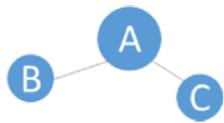
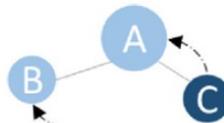
No âmbito dos recursos hídricos tem havido discussões que demonstram a importância de considerar as relações de poder ao analisar problemáticas envolvendo a água e sua governança (McIlwain *et al.*, 2023). Huang *et al.* (2022) argumentam que a descentralização na governança da água pode abrir espaço para novas estruturas de poder mais descentralizadas, especialmente em projetos de transferência de água entre bacias. Fonseca-Cepeda *et al.* (2022) mostram que grande heterogeneidade entre os atores de um sistema de governança da água pode causar assimetrias de poder na tomada de decisão e na participação para construção e transformação de arranjos normativos. Além disso, as formas como se dão as narrativas em uma arena para tomada de decisão podem mudar as relações de poder e, com isso, as preferências por meios de exercer esse poder (Ayodele-Olajire, 2022). Também é preciso levar em consideração que quanto mais participativo é o processo, a distribuição de poder tem mais chance de ser fluída e heterogênea entre os atores (Nath; Van Laerhoven, 2021), o que demonstra a necessidade de entender as relações de poder em modelos de governança participativa.

Tabela 3. Modos de exercício de poder identificados na literatura

Modos de exercício	Definição	Exemplos de mecanismos
<i>Dominação: oferece ou retém benefícios ou prejuízos</i>		
Recompensa	Capacidade de administrar condições positivas ou diminuir as negativas para mudar o comportamento. Requer que o receptor perceba e dê importância à recompensa.	Bônus baseado em resultados, subvenções condicionais (uma espécie de auxílio baseado em transferência de recursos financeiros públicos).
Força	Capacidade física de um ator para impedir que outro faça o que ele preferiria fazer. Em última análise, pode resultar em violência.	Repressão.
Coerção	Capacidade ilegítima de atingir seus fins através da resistência (comando, regra, solicitação, etc.).	Sanção.
Autoridade	Capacidade legítima de fazer os outros obedecerem.	Tradição, carisma, racionalidade jurídica.
<i>Influência: fornecer informações para mudar a atitude, o comportamento e a opinião de um ator</i>		
Persuasão	Apresentação de argumentos, apelos ou estímulos de um ator a outro, que modifique seu comportamento à luz de seus próprios valores e preferências.	Comunicação.
Manipulação	Influência de um ator sobre outro para ocultar os fundamentos de sua própria ação.	Propaganda política, propaganda comercial.
Referência	Atratividade de um ator, com quem outro ator se identifica e deseja estar intimamente associado.	Promoção da imagem.
Conhecimento especializado	Conhecimento especial ou experiência de um ator que pode influenciar o comportamento de outro ator.	Assessoria científica e técnica.

Fonte: Adaptada de Vallet *et al.* (2020)

Tabela 4. Tipos de assimetrias de poder e seus impactos

	Assimetria dentro de uma forma de poder		Assimetria entre diferentes formas de poder
	Influência	Dominação	
Representação gráfica			
Definição	Alguns atores são mais influentes que outros (aqui, representado por A).	Alguns atores são mais dominantes que outros (aqui, representado por C).	Os atores mais influentes (A) não são os mais dominantes (C) e vice-versa.
Impactos positivos	Compartilhamento eficiente de informações (se A estiver cumprindo suas funções); Contribuição para sustentabilidade (se A compartilhar informações que colabore com ações sustentáveis).	Coordenação eficiente (se A estiver cumprindo suas funções); Contribuição para sustentabilidade (se A pressionar para ações de sustentáveis).	Risco limitado de abuso por parte de um ator autoritário que concentra poderes de influência e dominação, existência de poder compensatório (por exemplo, abusos de A podem ser denunciados por C, atuando como delator); Eficiência de responsabilidades distribuídas e especialização (por exemplo, A é especializado em compartilhamento de informações); Múltiplos catalisadores de mudanças (A pode estimular a mudança e desafiar a inércia de C ou vice-versa).

Continuação da Tabela 4.

Impactos negativos	<p>Concentração de poder sem poder de compensação, o que pode levar à manipulação (ator poderoso A pode filtrar ou distorcer informações) ou bloqueio (ator poderoso A pode bloquear ou restringir o compartilhamento de informações);</p> <p>Falta de diversidade de informações (o que pode limitar o aprendizado coletivo).</p>	<p>Concentração de poder sem poder de compensação, o que pode levar à inércia (o poderoso ator C pode voluntariamente restringir ações ou ser ineficiente) ou abuso de autoridade (C pode agir em benefício próprio);</p> <p>Falta de diversidade na liderança (o que pode limitar a inovação).</p>	<p>Risco de poder centralizado disfarçado se A e C forem aliados (por exemplo, se C for um governo autoritário e A sua agência de imprensa);</p> <p>Risco de bloqueio ou conflitos de disputas de poder se A e C discordarem (e A fizer campanha contra C ou C forçar o silêncio a A).</p>
--------------------	--	---	--

Fonte: Adaptada de Vallet *et al.* (2020)

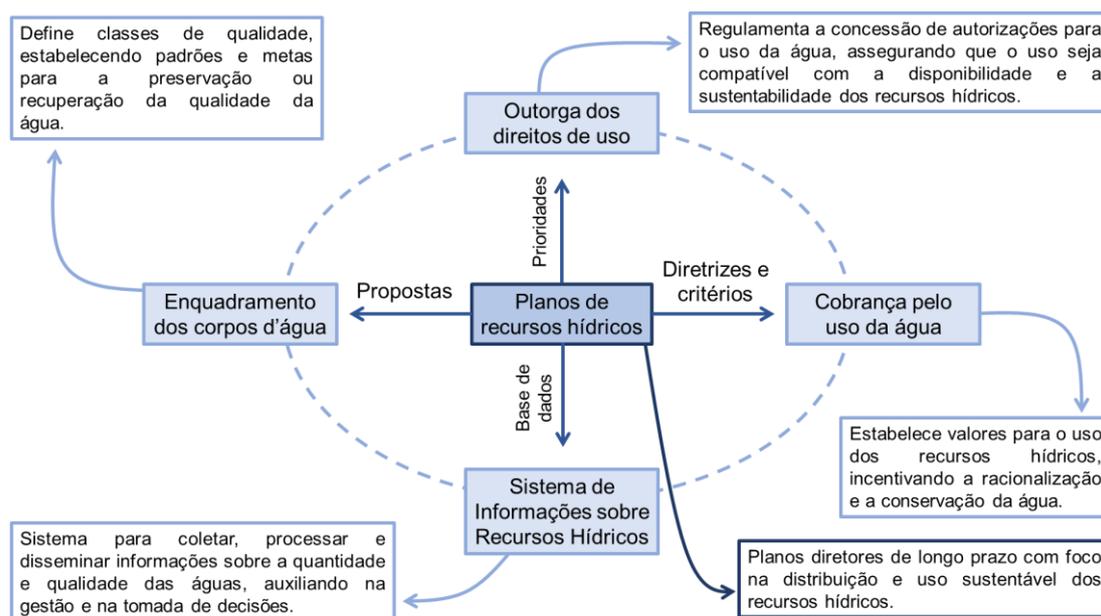
2.2 Políticas hídricas e sistema de governança da água no Brasil

Geralmente são as legislações que definem o modelo de governança e o sistema de governança da água que deve atuar em cada nível de planejamento. No Brasil, a Lei Federal 9.433 de 1997 (Brasil, 1997) é a principal lei responsável por essa função, pois cria a PNRH e o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH). Esta lei é resultado de uma mudança de paradigma em relação aos recursos hídricos assumida pela Constituição Federal de 1988 (Brasil, 1988). Essa matéria constituinte iniciou um processo de alteração de governança das águas, passando de um modelo centralizador que era guiado pelo chamado Código de Águas (Decreto nº24.643 de 1934), para um modelo participativo e descentralizado, que se concretizou juridicamente com a Lei Federal 9.433 de 1997 (ANA, 2020).

Um aspecto fundamental para a posterior definição do sistema de governança é a divisão de domínios constitucionais das águas doces. De acordo com a legislação brasileira a dominialidade pode ser atribuída à União ou aos Estados Federados. A União detém a dominialidade sobre os lagos, rios e demais cursos de água situados em terrenos sob seu domínio, bem como aqueles que atravessam mais de um Estado, servem de fronteira com outros países ou se estendem a territórios estrangeiros (Brasil, 1988). Por outro lado, os Estados Federados têm dominialidade sobre as águas superficiais que flua ou barre um corpo hídrico contido inteiramente em um único Estado ou águas subterrâneas, exceto nos casos em que envolvam obras realizadas pela União (Brasil, 1988).

São pressupostos fundamentais da PNRH o caráter público da água, a ideia de bem escasso dotado de valor econômico, a prioridade de uso para consumo humano e dessedentação animal, os usos múltiplos da água quando possível, a bacia hidrográfica como unidade de gestão, a integração, a descentralização e a participação (Brasil, 1997; ANA, 2020). Outro aspecto de grande importância da PNRH é a definição dos cinco instrumentos de gestão: Planos de Recursos Hídricos; o enquadramento dos corpos de água em classes; a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos; a cobrança pelo uso de recursos hídricos; o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos (Figura 2) (Brasil, 1997). Como é possível perceber na Figura 2, esses instrumentos se relacionam, sobretudo, com o plano de recursos hídricos e sua implementação representa um importante avanço na situação da governança da água. Os planos de recursos hídricos são um instrumento que deve ser definido de forma participativa, logo, como os outros instrumentos estão intrinsecamente ligados a ele, a participação deve permear todos os outros.

Figura 2. Instrumentos de recursos hídricos da PNRH



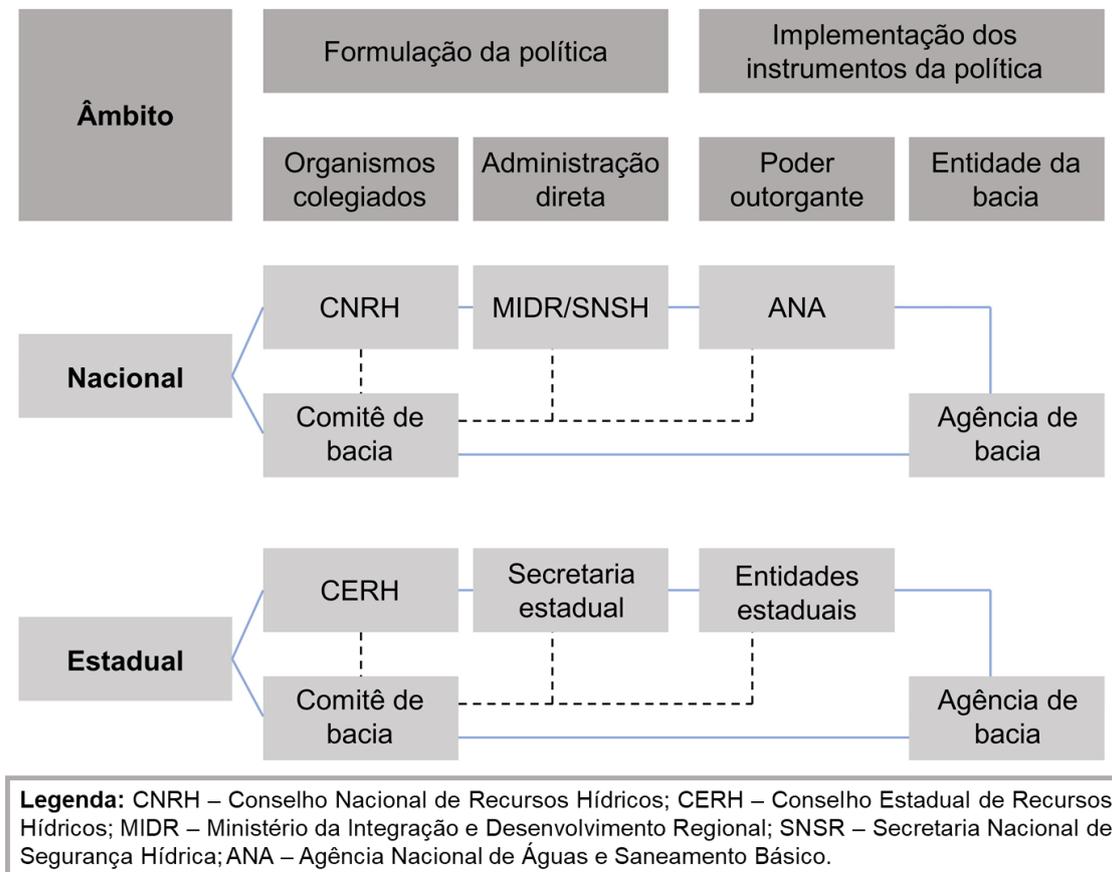
Fonte: Adaptado de ANA (2024)

Um sistema de governança é formado por instituições e outros atores responsáveis de maneira direta ou indireta pela governança da água, o que engloba as interações entre esses atores (Pahl-Wostl, 2015). No Brasil, em nível nacional, o sistema de governança pode ser representado, principalmente, pelo SINGREH (Figura 3). Há instituições responsáveis pela formulação das regras que fundamentam a governança da água e instituições responsáveis pela implementação das regras, portanto, pela operacionalização da governança, a gestão em si.

Entre os órgãos colegiados, destacam-se o Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), os Conselhos de Recursos Hídricos estaduais, além dos Comitês de Bacia Hidrográfica. Também fazem parte do sistema os órgãos e entidades responsáveis pela gestão e controle, como a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), as Agências de Água, e diversas entidades dos poderes públicos federal, estaduais e municipais, que possuem funções relacionadas à gestão e controle dos recursos hídricos. O sistema inclui, ainda, organizações civis que desempenham papel relevante, como consórcios e associações intermunicipais de bacias hidrográficas, associações regionais ou setoriais de usuários de água, organizações técnicas e de ensino e pesquisa com foco em recursos hídricos, além de organizações não governamentais que atuam na defesa de interesses difusos e coletivos. Outras organizações também podem ser reconhecidas pelo CNRH ou pelos conselhos estaduais de recursos hídricos (Granziera, 2015). Na Tabela 5 é possível perceber como cada organismo do SINGREH se relaciona com os instrumentos de gestão,

demonstrando como o sistema de governança deve se articular para implementar a governança da água desenhada pela PNRH.

Figura 3. Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH)



Fonte: Adaptada de ANA (2018)

Tabela 5. Relação entre organismos do SINGREH e instrumentos da PNRH

Organismo do SINGREH	Instrumentos da PNRH				
	Planos de Recursos Hídricos	Enquadramento	Outorga de Direito de Uso	Cobrança pelo uso da água	Sistema de Informações Sobre Recursos Hídricos
Comitê de Bacia Hidrográfica	Aprova e acompanha a execução no caso de plano de recursos hídricos no nível de bacia.	Seleciona alternativa no nível de bacia.	Estabelece prioridades de uso e aprova proposta de usos não outorgáveis.	Propõe mecanismos e valores e define plano de aplicação dos recursos arrecadados. Aprova os valores propostos.	-
Regulador/Outorgante	Na ausência da agência de água, elabora, submete à aprovação do comitê e executa.	Propõe alternativas e apoia a efetivação da proposta aprovada, na ausência da agência de água.	Outorga direito de uso de acordo com as diretrizes do plano e o enquadramento, fiscalizando o cumprimento da outorga.	Elabora estudos para decisão dos conselhos, arrecada e aplica os recursos, podendo transferi-los à agência de água.	Implanta e gere sistemas estaduais e nacional.

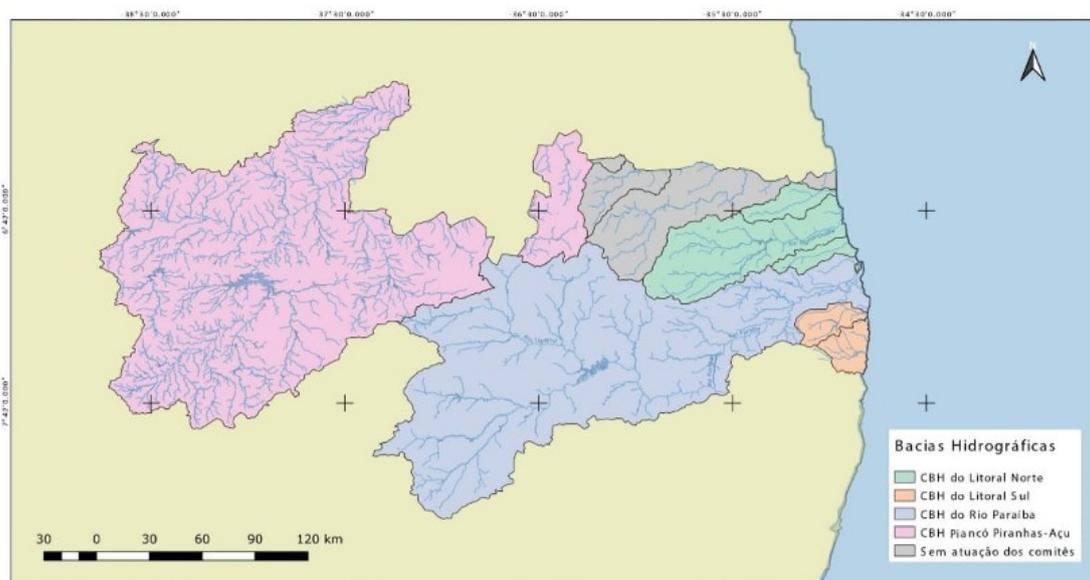
Continuação da Tabela 5.

Agência de Bacia	Elabora, submete à aprovação do comitê e executa.	Propõe alternativas e apoia a efetivação da proposta aprovada.	Elabora estudos para definição de regras de uso e para usos não outorgáveis. Deve manter o cadastro de usuários de recursos hídricos.	Propõe valores e mecanismos, arrecada, aplica e gere os recursos.	Implanta e gere sistema da bacia.
Conselhos de Recursos Hídricos	Regulamenta diretrizes gerais. O CNRH deve acompanhar a execução e aprovar o Plano Nacional de Recursos Hídricos e determinar as providências para o cumprimento de suas metas.	Aprova alternativa.	Regulamenta diretrizes gerais e aprova usos não outorgáveis.	Aprova alternativa.	-

Fonte: Adaptada de ANA (2014)

É importante destacar que cada Estado Federado tem autonomia para criar política de recursos hídricos e o sistema de governança em nível estadual, desde que em concordância com a legislação em nível federal. No caso do Estado da Paraíba, de interesse para o estudo de caso desta pesquisa, a Lei Estadual n.º 6.308 de 1996, cria a Política Estadual de Recursos Hídricos e o Sistema Integrado de Planejamento e Gerenciamento de Recursos Hídricos, que inclui a Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA) como órgão gestor das águas de dominialidade do Estado. Outro aspecto importante para o sistema de governança é que o Estado da Paraíba, em quase sua totalidade, tem comitês de bacia hidrográfica (Figura 4). O Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba (CBH-PB), vinculado ao caso de estudo desta pesquisa, foi criado em 2006 pelo Decreto Estadual n.º 27.560.

Figura 4. Comitês de bacia hidrográfica no Estado da Paraíba.



Fonte: AESA (2020).

2.2.1 Estratégias de governança em nível local no Brasil

No Brasil, a PNRH preconiza que o planejamento de recursos hídricos se faça em nível nacional, estadual e de bacia hidrográfica, sendo esta última a unidade territorial para implementação da própria política (Brasil, 1997). Mas há problemáticas e complexidades em níveis menores e com seus arranjos de governança ainda pouco explorados, como explicam Silva e Ribeiro (2021a) ao discutir um sistema hídrico formado por reservatório. Somado a isso, é possível que uma análise de ordem macro (nível de bacia, estadual ou nacional) não consiga identificar com precisão as problemáticas de nível local, dificultando a resolução das falhas e conflitos e a capacidade de adaptação desses sistemas. Em algumas bacias, os reservatórios são tão importantes para a dinâmica hídrica que a análise deles é crucial para compreender

as questões da bacia como um todo, como as do semiárido, em que os rios são majoritariamente intermitentes (Cirilo; Montenegro; Campos, 2017). Constata-se também esse aspecto no Plano Estadual de Recursos Hídricos da Paraíba (2022), em que a disponibilidade hídrica é associada principalmente à quantidade de água acumulada em reservatórios. A necessidade desses corpos hídricos nas bacias pode ser ampliada, por exemplo, por fatores climáticos, como a sazonalidade característica do semiárido, e pela alta densidade populacional, como no sudeste brasileiro (Banco Mundial, 2018; Empinotti *et al.*, 2021; Jacobi; Buckeridge; Ribeiro, 2021; Silva *et al.*, 2017).

Há, ainda, dois pontos que indicam a importância de discutir a governança no nível de sistemas hídricos formados por reservatórios: as crises hídricas associadas à quantidade de água disponível para abastecimento humano e o planejamento participativo através das alocações negociadas de água. O primeiro aspecto está associado, sobretudo, às crises hídricas vivenciadas no Brasil nas duas últimas décadas em bacias hidrográficas em que os usos da água dependem fortemente da água armazenada em diferentes reservatórios (como no SEP, caso de estudo deste texto). O segundo aspecto está relacionado aos casos de sucesso de planejamento participativo que surgem com as alocações negociadas de água em reservatórios no Ceará (Carvalho; Souza Filho; Brito, 2024; Pinheiro; Campos; Studart, 2011) e, mais recentemente, difundido em outros sistemas hídricos brasileiros pela ANA (2024). O Estado da Paraíba também tem se dedicado a realizar alocações negociadas de água em reservatórios de dominialidade estadual desde 2023.

Como explicado anteriormente, na PNRH não há menção dos sistemas hídricos formados por reservatórios como um dos níveis de planejamento da água no país. Em oposição a essa lacuna, o Estado do Ceará, desde o início dos anos 2000, utiliza a alocação negociada de água como uma ferramenta de planejamento focado em reservatórios de modo a diminuir o cenário de conflitos e estresses devido à escassez de água (Pinheiro; Campos; Studart, 2011). Para este Estado, os reservatórios são vistos como uma unidade espacial para o gerenciamento dos recursos hídricos, onde ocorre a organização dos usuários de água, sejam irrigantes, pescadores ou concessionárias de água, e a criação de associações que fortalecem o processo decisório (Pinheiro; Campos; Studart, 2011). Este nível de planejamento está completamente integrado com a gestão dos rios que conectam e permitem a afluência de água para os reservatórios e com a gestão da bacia hidrográfica como um todo, centralizando o processo no âmbito dos comitês de bacia.

Entre 2010 e 2020, os fenômenos de seca acentuaram cenários de crise em muitos reservatórios no nordeste brasileiro, como os do Ceará (van Langen *et al.*, 2021) e o SEP (discutido melhor no tópico “Caso de estudo” a seguir). Diante disso,

a ANA, inspirada no modelo de alocação negociada de água do Ceará, passou a utilizar esta ferramenta em reservatórios com água com dominialidade da União que estivessem em situação crítica. Somado a isso, têm sido discutidos e promulgados marcos regulatórios definindo regras gerais de operação para que as alocações tenham parâmetros quantitativos básicos a serem seguidos e consigam garantir os usos múltiplos da água pelo maior tempo possível. É importante deixar claro que esses marcos regulatórios que são estabelecidos em nível de sistema hídrico local diferem dos marcos regulatórios criados para estabelecer vazão de fronteira entre dois Estados em bacias hidrográficas compartilhadas (Oliveira *et al.*, 2022; Silva; Amorim; Ribeiro, 2024). Os marcos regulatórios em reservatórios têm um horizonte fixo, enquanto as alocações negociadas de água são realizadas anualmente, após a quadra chuvosa, levando em consideração a situação momentânea do sistema hídrico.

Quanto ao sistema de governança em nível local, no Ceará há a criação de comissões gestoras de sistemas hídricos, que são organizações vinculadas aos comitês de bacia e formadas pelos usuários e representantes da sociedade civil e poder público. Essas comissões acompanham a operação da alocação e definem datas para reuniões com a finalidade de avaliar o andamento dos acordos firmados. Nas alocações realizadas pela ANA são criadas as comissões de acompanhamento das alocações, com finalidade semelhante. A principal diferença entre os dois tipos de comissões, é que no caso do Ceará a comissão faz parte do comitê de bacia, assim como as reuniões de alocação negociada de água ocorrem em reuniões desses comitês; já nas alocações realizadas pela ANA, o comitê é um dos integrantes, não assume papel de centralidade na execução das reuniões nem funciona como arena para criação e discussões das comissões de acompanhamento.

Todas as experiências relatadas acima podem se configurar em uma adequação da gestão de recursos hídricos às diferenças físicas das muitas regiões do país, como preconiza o Artigo 3º da Lei Federal nº 9.433 (Brasil, 1997). Em nível nacional, há uma tentativa de reconhecer a importância dessas ferramentas como parte e evolução da PNRH. O Plano de Ações do Plano Nacional de Recursos Hídricos (2022-2040) cita a execução de alocações negociadas de água como uma macrodiretriz para implementação da outorga e compreende que os termos de alocação negociada de água e os marcos regulatórios em sistemas hídricos locais são aspectos normativos para gerir eventos hidrológicos extremos e conflitos pelo uso da água (ANA, 2022). O Conjuntura dos Recursos Hídricos — relatórios anuais sobre a situação dos recursos hídricos no país —, passaram a definir os sistemas hídricos locais e a dedicar um tópico para explicar os marcos regulatórios e alocação negociada de água nesses sistemas (ANA, 2024).

O modelo de governança brasileiro divide a dominialidade da água entre União e Estados Federados. A função dos municípios — outra esfera local e que difere dos sistemas hídricos locais — no SINGREH ainda é uma zona de debate e não estabilizada (Nicollier; Kiperstok; Bernardes, 2023). Kasahara, Sobral e Melo (2020) apresentam as contribuições da participação dos municípios no comitê de bacia hidrográfica do Rio São Francisco e que isso tem ampliado a participação desses atores na tomada de decisão. Mas as autoras explicam que a criação dessa arena de governança não propicia automaticamente engajamento e boas práticas de organização que envolva os municípios, há resultados bem heterogêneos. Bouckaert *et al.* (2020), explicam que a falta de capacitação técnica pode prejudicar essa atuação dos municípios nos comitês. Há lacunas legais que também dificultam a integração da gestão de recursos hídricos com a gestão do território, como o espaço reduzido que os municípios tem no SINGREH (Grangeiro; Ribeiro; Miranda, 2020). Mas parece haver uma certa concordância de que o aumento da participação dos municípios representando questões locais no SINGREH se dê na atuação desses atores com os comitês de bacias hidrográficas e outros órgãos colegiados, como explicam Nicollier, Kiperstok e Bernardes (2023).

2.2.2 Ameaças à governança da água

O cenário nacional apresenta um momento crítico, pois, ao mesmo tempo que extremos climáticos tensionam a situação dos recursos hídricos (Chagas; Chaffe; Blöschl, 2022), parece haver um déficit na situação da governança da água para lidar com esses desafios. O modelo de governança da água brasileiro é considerado positivo e apresenta características que favorecem adaptação (Neto *et al.*, 2017; OCDE, 2015; Silva; Ribeiro, 2021), apesar disso, nota-se dificuldade de assumir as ações de adaptação exitosas, como as alocações negociadas de água (discutidas acima), que só passaram a ser brevemente citadas nas diretrizes nacionais de gestão na atualização do Plano Nacional de Recursos Hídricos (ANA, 2022). Este é um exemplo de que o Brasil, enquanto país de dimensões continentais, tem bacias hidrográficas e sistemas hídricos com problemas e características bastante distintas, sendo necessário adotar ferramentas que aperfeiçoem o modelo de governança atual. Há também a possibilidade de que as situações críticas sejam catalisadas pela dificuldade de implementação, como no caso dos instrumentos de gestão (ANA, 2024).

Acentuam os cenários de crise a condição de pouca prioridade dada a água no cenário político, exemplificada pelos cortes orçamentários (WWF, 2017) e pelo deslocamento da PNRH do Ministério do Meio Ambiente para o Ministério da

Integração e Desenvolvimento Regional, pasta que expressa maior preocupação com construção, operação e manutenção das infraestruturas hídricas.

Há, ainda, dois problemas que podem ser mencionados como ameaças à PNRH e, conseqüentemente, à situação da governança da água no Brasil: as mudanças e inoperância do CNRH diante dos desafios enfrentados pelos recursos hídricos; e projetos de lei que podem enfraquecer aspectos importantes da PNRH.

O Decreto Federal nº 10.000 de 2019 modificou a composição do CNRH, diminuindo a participação da sociedade. Este mesmo decreto também centralizou o poder do conselho no âmbito do governo, pois adicionou a possibilidade de o Governo Federal editar normas e resoluções sem estar sujeito à aceitação posterior por todo o colegiado. O Decreto Federal nº 11.960 de 2024, revogou o decreto citado anteriormente, ampliando novamente a participação e descentralizando a tomada de decisão. De qualquer forma, esse processo de modificações demonstra a suscetibilidade do CNRH aos diferentes tipos de ideologias que ora ocupam posições de poder. Além disso, o CNRH ficou de 2022 até 2024 sem reuniões, inviabilizando a tomada de decisão sobre pautas emergenciais para a governança da água.

Há no momento alguns projetos de lei que tramitam no Congresso Federal e que ameaçam à PNRH. Se pode citar dois deles: o Projeto de Lei (PL) nº 2.918 e o Projeto de Lei (PL) nº 4.546, ambos de 2021. O primeiro anula o percentual de recursos da compensação financeira do setor elétrico destinado à implementação da PNRH e SINGREH. Essa mudança poderia afetar consideravelmente a capacidade de suporte financeiro a pelo menos três programas importantes, o Programa de Consolidação do Pacto Nacional pela Gestão das Águas (PROGESTÃO), o Programa Nacional de Fortalecimento dos Comitês de Bacia Hidrográfica (PROCOMITÊS) e o Programa de Estímulo à Divulgação de Dados de Qualidade de Água Programa de Estímulo à Divulgação de Dados de Qualidade de Água (QUALIÁGUAS) (ABRHidro, 2024). O Projeto de Lei (PL) nº 4.546 de 2021 ameaça ainda mais diretamente a governança da água. O objetivo principal deste PL é criar a Política Nacional de Infraestrutura Hídrica, alterando consideravelmente a PNRH, pois, dentre outros aspectos, centraliza o processo decisório no Governo Federal e prevê a prática de cessão onerosa (Ondas, 2022). Essa prática concede a posse da água ao usuário, modificando o princípio vigente de que a água é um bem de domínio público (Ondas, 2022; Um Só Planeta, 2022). Essa ação indicaria um direcionamento da política vigente para um mercado de água.

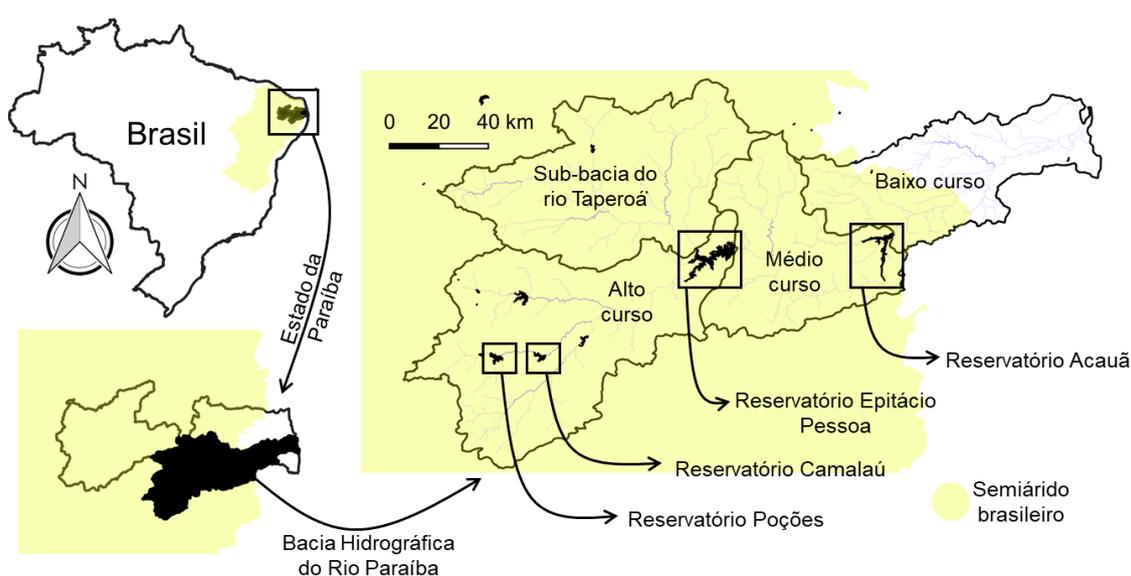
Deve-se apontar também a constante diminuição de recursos financeiros destinados ao funcionamento do SINGREH. A mais recente Lei Orçamentária Anual (LOA), sancionada em 10 de abril de 2025, reduz ainda mais o orçamento da ANA

(Brasil, 2025a), o que pode prejudicar ações como o monitoramento dos recursos hídricos e a fiscalização dos usos das infraestruturas hídricas da União. Entre 2020 e 2025 essa redução orçamentária já atinge o patamar de 35% (Brasil, 2025b). Além disso, esta LOA permite que o Governo se aproprie dos recursos da cobrança pelo uso da água para outras finalidades, que não a de manutenção e fortalecimento do SINGREH (Brasil, 2025a). Isto pode desestimular o pagamento feito pelos usuários pelo uso da água por entenderem que não haverá retorno para as bacias hidrográficas onde esses recursos são gerados (Brasil, 2025b).

3. CASO DE ESTUDO¹

O Sistema Hídrico Epitácio Pessoa (SEP) foi o caso escolhido para esse estudo. Trata-se de um sistema socioecológico que tem como elemento central o Reservatório Epitácio Pessoa no semiárido brasileiro (Figura 5) e que passa por um processo participativo de alocação negociada de água desde 2019. Esse reservatório está inserido na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba, no Estado da Paraíba. O que se compreende aqui como SEP é um sistema formado por uma dimensão ecológica (o Reservatório Epitácio Pessoa) e uma dimensão social (que inclui a governança e o sistema de governança). O SEP está associado a outros reservatórios e outros níveis de planejamento, como será discutido a seguir neste e nos demais capítulos.

Figura 5. Localização do Sistema Hídrico Epitácio Pessoa



Fonte: Elaborada pelo autor

O Reservatório Epitácio Pessoa foi construído na década de 1950, tem a segunda maior capacidade de armazenamento da Paraíba (466,5 hm³) e é a principal fonte de água para o abastecimento público de 20 municípios paraibanos, dentre eles, Campina Grande, segunda cidade mais populosa do estado. Além disso, possibilita a execução de atividades de irrigação e pesca (ANA, 2024). Sendo a pesca, um uso não consuntivo e pouco documentado nesse sistema hídrico.

A bacia de drenagem do reservatório é formada pela sub-bacia do rio Taperoá e pela região do alto curso do rio Paraíba, totalizando cerca de 13.828 km². Está

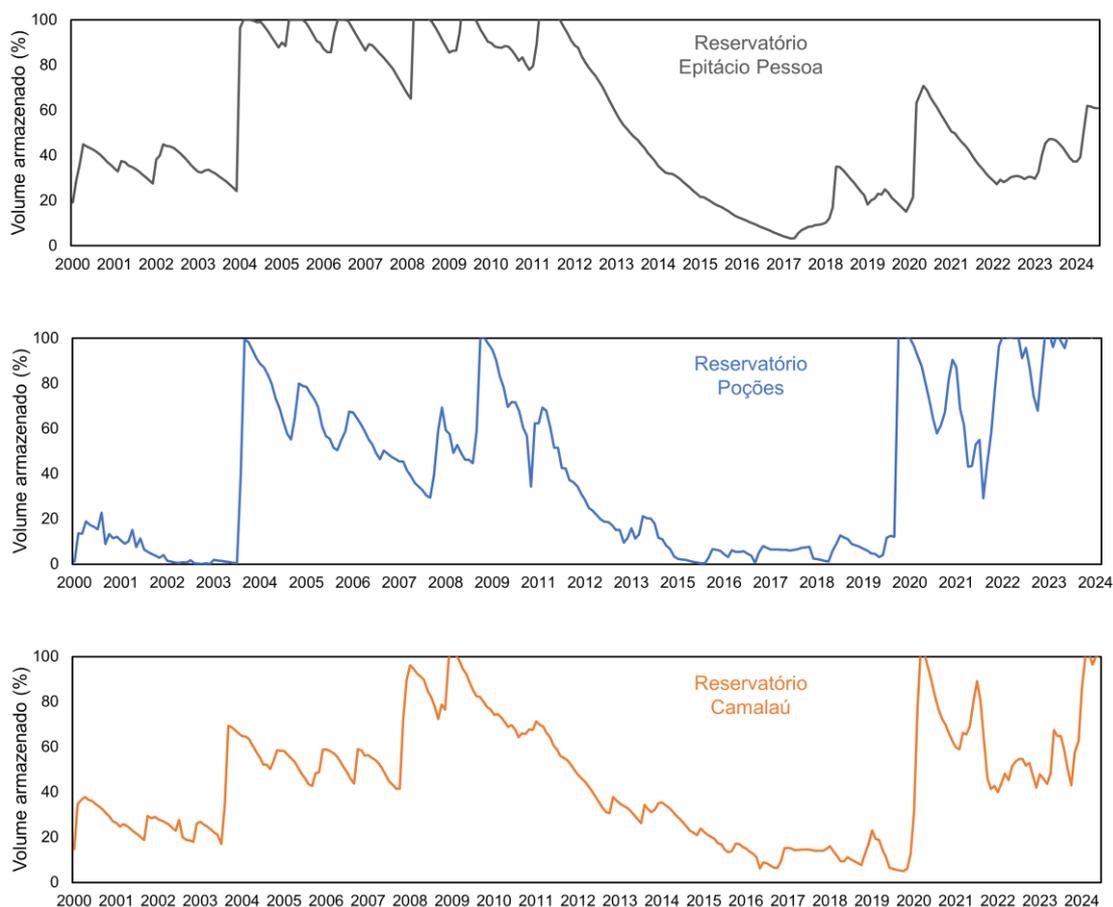
¹ Esse capítulo contém partes do seguinte artigo escrito para compor esta tese: SILVA, M. B. M.; RIBEIRO, M. M. R. Análise da governança da água por meio do arcabouço de robustez: o caso do Reservatório Epitácio Pessoa, PB. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 28, 2023. doi: <https://doi.org/10.1590/S1413-415220220023>

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).

Em 2019, a ANA começou a realizar reuniões anuais para definir a alocação de água no Reservatório Epitácio Pessoa. O processo de alocação negociada de água se dá em nível nacional em reservatórios considerados críticos pela Agência (ANA, 2015). Em 2022, os reservatórios Camalaú (29,9 hm³ de capacidade total) e Poções (46,4 hm³ de capacidade total) começaram a fazer parte desse processo de maneira integrada ao Reservatório Epitácio Pessoa, compondo um de sistema hídrico integrado. Mas as decisões sobre esses dois reservatórios menores sempre se deram de forma periférica, sem discussões por parte dos participantes. Em 2024, eles não foram considerados no debate durante a reunião (ANA, 2024). A ANA é quem organiza e faz a mediação das reuniões de alocação. São convidados todos os atores interessados no sistema. A AESA é o órgão gestor dos corpos hídricos de dominialidade do Estado da Paraíba e também assume um papel de destaque nessas reuniões. Os resultados das reuniões de alocação de água são documentos definidos anualmente e chamados de Termos de Alocação de Água, nos quais são definidos os valores de água alocados para cada uso e os compromissos firmados. Nessa arena de discussão é que a tomada de decisão emerge de forma coletiva, permitindo a observação dos atores interessados, a formação de redes e posições quanto ao uso e gestão da água.

Nas últimas décadas, os três reservatórios passaram por crises hídricas e os volumes de água armazenados chegaram a valores que ameaçaram provocar o colapso no abastecimento de água de todas as cidades atendidas (Figura 6). As crises foram catalisadas por períodos de seca na região semiárida e, sobretudo, pela incapacidade institucional de reagir a esses extremos climáticos (Galvão *et al.*, 2001, Rêgo *et al.*, 2017, Silva *et al.*, 2017, Bezerra; Vieira; Ribeiro, 2021). Houve dificuldade em implementar a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e a Política Estadual de Recursos Hídricos do Estado da Paraíba, o que dificultou o poder de reação do sistema de governança.

Figura 6. Histórico de volumes de água armazenados nos reservatórios Epitácio Pessoa, Poções e Camalaú



Fonte: Elaborada pelo autor

Em 2017, a Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba passou a receber águas da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco por meio do Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF). O PISF foi criado para dar suporte hídrico a bacias consideradas vulneráveis hidrológicamente (Medeiros *et al.*, 2022) e as obras de um dos trechos foram aceleradas para evitar o colapso do abastecimento de água do Sistema Epitácio Pessoa (Nunes; Ribeiro, 2021). Ao passar dos anos o aporte de água do PISF tem se consolidado como parte da oferta de água do Sistema Epitácio Pessoa, o que adiciona complexidade à governança da água, pois a oferta de água passa a incluir novas instituições e incertezas. A própria construção do PISF pode ser considerada uma controvérsia. Parte da população brasileira defendeu a construção dessa infraestrutura para aumentar o acesso a água em outras bacias hidrográficas e outra parte da população se posicionou contra, entendendo que seria mais sustentável cada bacia hidrográfica gerir adequadamente a água disponível em seus mananciais.

Em 2022 foi discutido, coletivamente, entre instituições e usuários de água um marco regulatório para definir questões mais gerais para guiar as alocações de água

nesse sistema. Esse marco regulatório possui informações como as vazões máximas que podem ser alocadas para cada finalidade e os estados hidrológicos (Resolução Conjunta ANA/AESA nº 126/2022). São definidos três estados hidrológicos para os reservatórios: verde, amarelo e vermelho. Quando o reservatório se encontra em estado hidrológico verde pode-se alocar a vazão máxima permitida para cada uso; quando está em estado hidrológico amarelo é preciso haver restrições na vazão alocada para os usos que não são o abastecimento público (que é um uso prioritário de acordo com a PNRH); quando está em estado hidrológico vermelho, todos os usos precisam ter restrições na vazão alocada.

Quanto aos instrumentos de gestão, a outorga é o instrumento que está melhor implementado no SEP. Além das companhias de água apresentarem outorga válida, tem havido um amplo esforço para regularizar e outorgar os irrigantes, algo discutido nas reuniões de alocação de água em 2023 e 2024 (ANA, 2024). Desde 2022 a cobrança pelo uso da água foi implementada aos usuários do SEP, isso ocorreu após a ANA delegar essa função à AESA através da Resolução ANA nº 98 de setembro de 2021. Atualmente, o plano de bacia da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba está em atualização, algo importante para a situação do reservatório, desde que suas complexidades sejam levadas em consideração. O SEP não possui um sistema de informações próprio, o que é de se esperar para esse nível de planejamento, mas há dados importantes de quantidade e qualidade de água sobre o reservatório disponíveis no website da AESA, que também funciona como agência delegatária do comitê. Dessa forma, o enquadramento é o instrumento com maior lacuna de implementação, pois o Estado da Paraíba tem considerado ainda diretrizes de 1988 do Conselho de Proteção Ambiental (COPAM) da Paraíba para realizar o enquadramento dos corpos hídricos. O Plano Estadual de Recursos Hídricos (Paraíba, 2022) prevê a necessidade de atualização desse instrumento nos moldes da PNRH, com definição participativa envolvendo o comitê de bacia.

4. ANÁLISE DAS INTERAÇÕES E DOS COMPONENTES DA GOVERNANÇA DA ÁGUA ATRAVÉS DO ARCABOUÇO DE ROBUSTEZ DE SISTEMAS SOCIOECOLÓGICOS²

4.1 Contextualização

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 frente aos crescentes desafios ambientais (Naylor *et al.*, 2019; Pollard *et al.*, 2023). 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 pelo Observatório das Águas (OGA, 2019) e pela OCDE (2015).

Como a governança tem como função guiar sistemas para caminhos desejáveis, duas características importantes e que devem ser levadas em consideração nesse processo são a resiliência e a robustez. Segundo Holling e Gunderson (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 (atingir um estado desejado ou projetado), enquanto a robustez está associada à eficiência do sistema (atingir um estado desejado ou projetado sem prejudicar aspectos e indicadores de qualidade).

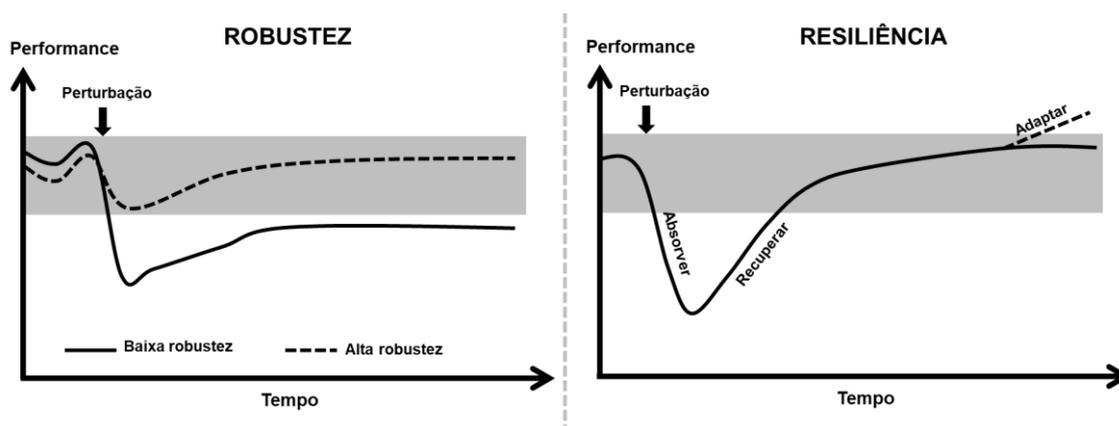
Outros estudos oferecem contribuições relevantes a essa discussão. Anderies *et al.* (2013) argumentam que a resiliência foca em sugestões no nível de sistema para induzir aprendizado, adaptação e transformação, sem abordar especificamente os problemas a serem enfrentados. Em contrapartida, a robustez procura definir claramente medidas de desempenho que minimizem a sensibilidade a choques, visando antecipá-los ou identificá-los precocemente. Homayounfar *et al.* (2018) associam a resiliência à capacidade de um sistema de se distanciar de limites que possam afetar a participação e a estabilidade, enquanto a robustez se refere à sensibilidade da resiliência diante de estresses que causam mudanças. Para Mumby *et al.* (2014), a análise da resiliência é útil quando um sistema pode perder sua capacidade de

² Esse capítulo é uma versão atualizada e ampliada do seguinte artigo: SILVA, M. B. M.; RIBEIRO, M. M. R. Análise da governança da água por meio do arcabouço de robustez: o caso do Reservatório Epitácio Pessoa, PB. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 28, 2023. doi: <https://doi.org/10.1590/S1413-415220220023>

recuperação, enquanto a robustez é importante para estabelecer uma faixa de operação, com limites superiores e inferiores para determinadas propriedades sistêmicas.

A esquematização apresentada por Urruty, Tailliez-Lefebvre e Huyghe (2016) (Figura 7) ilustra graficamente essa diferenciação entre os dois conceitos. Segundo a lógica dos autores, um sistema robusto responde a perturbações sem sair de uma faixa ou limite de desempenho, enquanto um sistema resiliente não possui essa exigência. A literatura discute amplamente a integração da resiliência em sistemas socioecológicos (Li; Dong; Liu, 2020), enquanto a robustez se revela como um campo que ainda requer maior exploração.

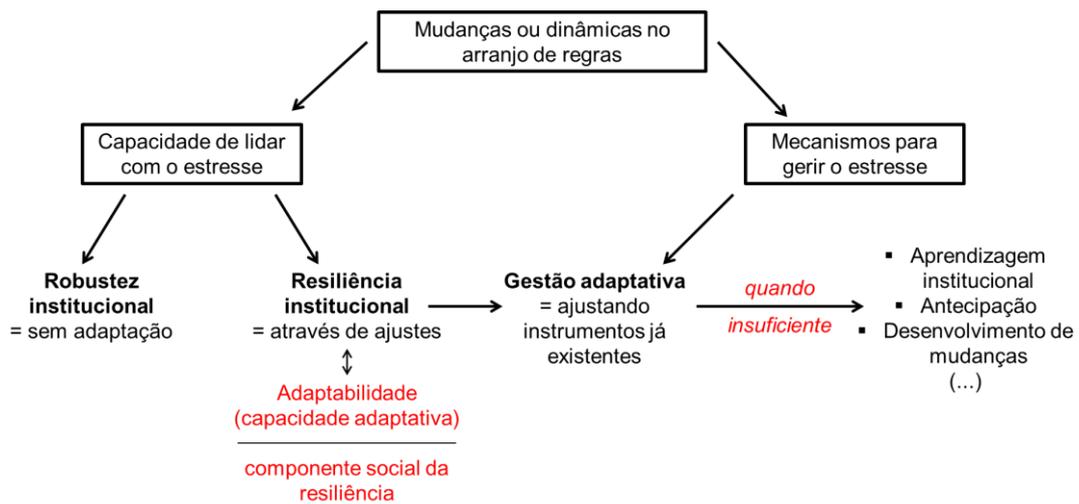
Figura 7. Esquematização dos conceitos de robustez e resiliência



Fonte: Adaptada de Urruty, Tailliez-Lefebvre e Huyghe (2016)

Os arranjos de regras que regem os recursos hídricos podem ser associados à robustez e à resiliência. Hassenforder e Barone (2018) esquematizam (Figura 8) como as regras podem lidar ou gerir estresses enquanto assumem um caráter robusto ou resiliente. A resiliência institucional existe quando, através de ajustes na componente social, se cria uma adaptabilidade para lidar com o estresse. A robustez institucional permite isso com as características já existentes do próprio arranjo de regras. A resiliência institucional está associada ainda à gestão adaptativa, que permite ajustar instrumentos já existentes para lidar com o estresse ou desenvolver outros (Hassenforder; Barone, 2018).

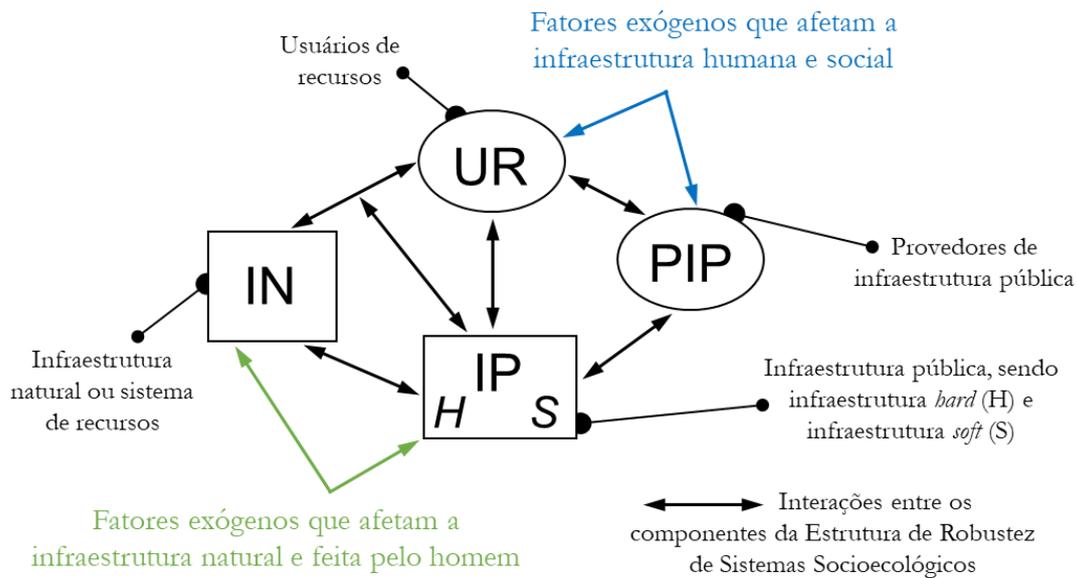
Figura 8. As diferenças entre resiliência, robustez e adaptabilidade em arranjos de regras



Fonte: Adaptada de Hassenforder e Barone (2018)

Anderies, Janssen e Ostrom (2004) desenvolveram o Arcabouço de Robustez de Sistemas Socioecológicos – ARSS (*Robustness Framework of Social-Ecological Systems*) para facilitar a identificação de vulnerabilidades e qualificar sistematicamente as interações entre infraestrutura ecológica, social, institucional e construída, possibilitando oferecer percepções sobre a governança dos sistemas para que seja possível torná-los mais robustos. Trabalhos mais recentes (Anderies; Barreteau; Brady, 2019; Anderies; Janssen, 2013) refinaram esta estrutura heurística, resultando na ferramenta apresentada na Figura 9.

Figura 9. Arcabouço de Robustez de Sistemas Socioecológicos – ARSS



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

O sistema de recursos ou infraestrutura natural (IN) é o espaço em que se concentram os recursos em questão e que são explorados pelos usuários de recursos (UR). Os provedores de infraestrutura pública (PIP) são atores, organizações e instituições que podem influenciar a elaboração das diretrizes que regulamentam a exploração da infraestrutura natural pelos usuários de recursos. Já a infraestrutura pública (IP) inclui aspectos físicos ou infraestrutura *hard* (por exemplo, obras de engenharia) e social ou infraestrutura *soft* (inclui as regras oriundas de 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) apresentam aplicação associada à sistemas focados na exploração da água para irrigação e concluíram que mudanças na gestão agrária podem prejudicar a robustez dos SSE e levar à má adaptação dos agricultores às variações climáticas e de mercado. Su *et al.* (2024) através do ARSS compreenderam que a urbanização diversifica os impactos na robustez dos sistemas socioecológicos rurais e suas interações internas podem levar tanto a ciclos virtuosos quanto ao colapso gradual desses sistemas. Através dos *feedbacks* do ARSS, Wiechman *et al.* (2024) discutiram como as barreiras institucionais afetam a sensibilidade dos sistemas de água urbana. Naylor *et al.* (2019) fizeram uso do ARSS em um 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 e apresentam uma lista de verbos que ajudam a caracterizar cada interação (Anexo I). Anderies, Janssen e Schlager (2016) discutem como as regras (chamadas por eles de “instituições”) permeiam todas as dimensões que envolvem o ARSS. Esses autores também introduzem o termo Sistema de Infraestrutura Acoplada (CIS), como uma tentativa conceitual para explicar a indivisibilidade entre os ambientes sociais, ecológicos, naturais e construídos. Muneeppeerakul e Anderies (2020) usaram o ARSS para explicar o impacto de fatores biofísicos e socioeconômicos na resiliência sistêmica. Mais recentemente, Anderies *et al.* (2022) mostraram como essa estrutura pode ajudar a elaborar estratégias de conservação interligando os processos das dimensões social e ecológica; já Aggarwal e Anderies (2023) como modelos de governança podem emergir a partir dos componentes do ARSS.

Este capítulo teve como objetivo caracterizar a composição do SEP, inserido na porção semiárida do estado da Paraíba, e, conseqüentemente, obter percepções sobre sua governança e robustez. Para além de fortalecer a compreensão sobre a problemática escolhida, o capítulo contribui para ampliação das escassas discussões sobre governança da água em sistemas hídricos locais e a utilização do ARSS, 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.

4.2 Metodologia

A caracterização do SEP e da robustez foi realizada através do ARSS, desenvolvido por Anderies, Janssen e Ostrom (2004) e refinado por Anderies, Barreteau e Brady (2019). Escolheu-se esse arcabouço por ele ter sido elaborado inicialmente para conseguir analisar sistemas de recursos naturais de uso compartilhado, como a água. A construção da aplicação se deu na busca pelas interações existentes entre os componentes da estrutura: infraestrutura natural (IN), usuários de recursos (UR), provedores de infraestrutura pública (PIP) e a infraestrutura pública (IP) (Figura 9).

Anderies, Barreteau e Brady (2019) ao aperfeiçoar o ARSS, desenvolveram uma lista de verbos (Anexo 1) para representar as interações (ou links) entre os componentes do sistema e arquétipos para examinar a complexidade da governança (Tabela 6). Estas duas ferramentas (lista de verbos e os arquétipos) foram utilizadas neste capítulo para examinar o SEP. Todas as interações são categorizadas em classes e subclasses (Figura 10), que auxiliam na identificação das vulnerabilidades, dos fluxos

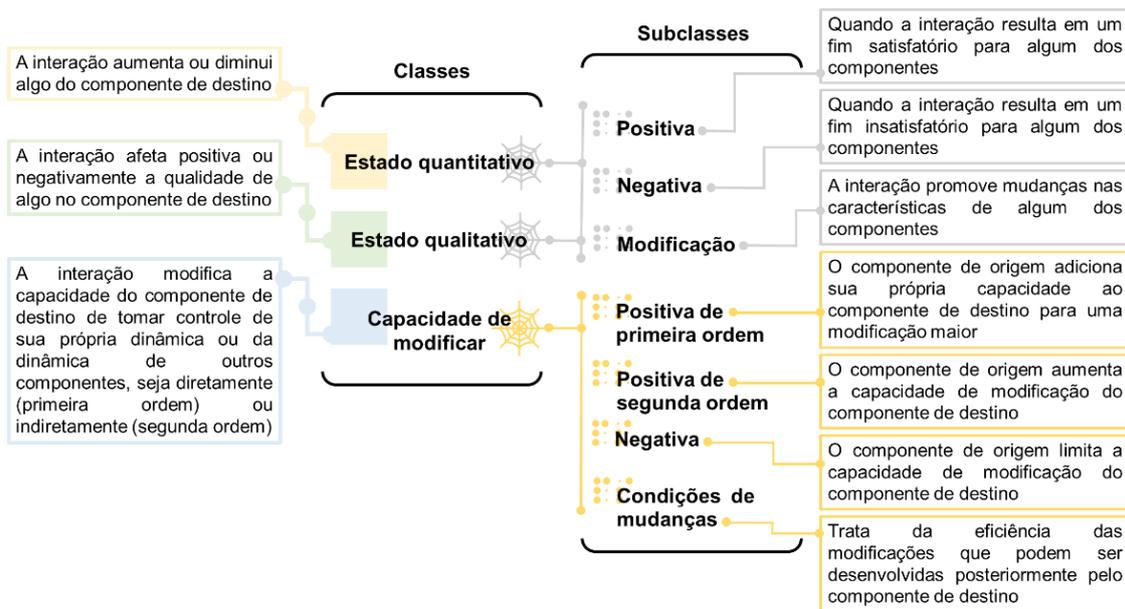
de informações disponíveis e das relações que permitem que os sistemas resistam a estresses por meio da mudança.

Tabela 6. 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. Exemplos: 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).	

Fonte: Elaborada pelo autor com informações de Anderies, Barreteau e Brady (2019)

Figura 10. Classes e subclasses para categorizar e analisar as interações existentes



Fonte: Elaborada pelo autor com informações de Anderies, Barreteau e Brady (2019)

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

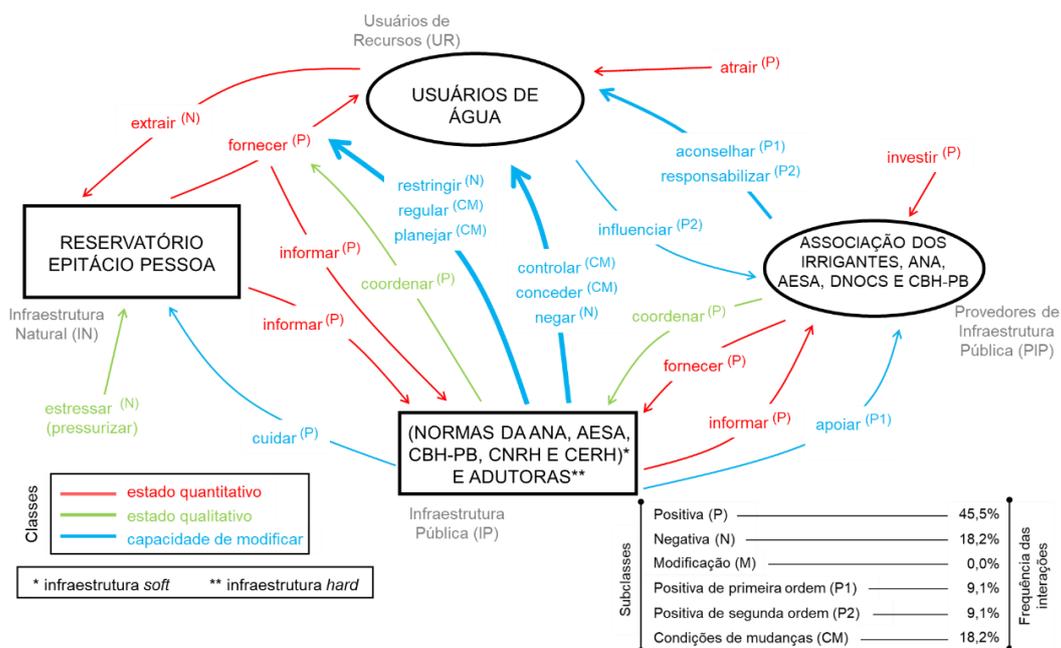
A escala temporal de análise foi de 2012, o início da última crise hídrica, até dezembro de 2024. Para fundamentar o detalhamento dos componentes do arcabouço e as interações foram utilizados: publicações sobre o reservatório (artigos, dissertações e teses); dados institucionais, como informações sobre usuários outorgados e atas de reuniões do Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba (CBH-PB) e do Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERH); e a observação das reuniões e acordos firmados em processo de alocação negociada de água que ocorreram anualmente desde 2019 (ANA, 2024) e para definição do marco regulatório do sistema (Resolução Conjunta ANA/AESA 126/2022).

4.3 Resultados e discussão

4.3.1 Aplicação do arcabouço de robustez ao SEP

Na Figura 11 se encontra a aplicação do arcabouço de robustez ao SEP. De início é possível observar que o arcabouço facilita a visualização das relações complexas e emaranhadas que existem entre os componentes do sistema e como se dá o fluxo de recursos naturais e sociais. Podendo ser esses recursos sociais, por exemplo, informações ou investimentos financeiros.

Figura 11. Sistema Epitácio Pessoa através do Arcabouço de Robustez de Sistemas Socioecológicos (ARSS)



Fonte: Elaborada pelo autor

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 SEP e que serviu como propulsor da crise hídrica vivenciada na última década (Rêgo *et al.*, 2017).

A ANA, AESA e o CBH-PB aparecem como provedores de infraestrutura pública e as regras estabelecidas por essas instituições na infraestrutura pública *soft* porque ao mesmo tempo em que podem influenciar na elaboração de regras que regulamentam a exploração dos recursos hídricos e mantêm relação direta com os

usuários de água (função de provedor de infraestrutura pública) no SEP, também são responsáveis por criar e aprovar diretrizes que moldam a gestão e a governança da água em diferentes níveis de planejamento (função de infraestrutura pública). 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.

No ARSS, de forma implícita, identifica-se a importância de alguns instrumentos de gestão presentes na PNRH 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 é o instrumento utilizado para planejar o fornecimento e extração de recursos entre “infraestrutura natural” → “usuários de recursos”. Em 2024, o plano de bacia passa por processo de atualização. 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 realizar também no SEP em março de 2022.

O CNRH, o CERH e o CBH-PB aparecem na estrutura por terem suas decisões afetando indiretamente a governança do Sistema Epitácio 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). Somente no fim de 2024, o CBH-PB discutiu e aprovou uma moção de repúdio ao não comparecimento da CAGEPA às reuniões de alocação de água (Apêndice II), ausência melhor discutida no capítulo seguinte. 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.

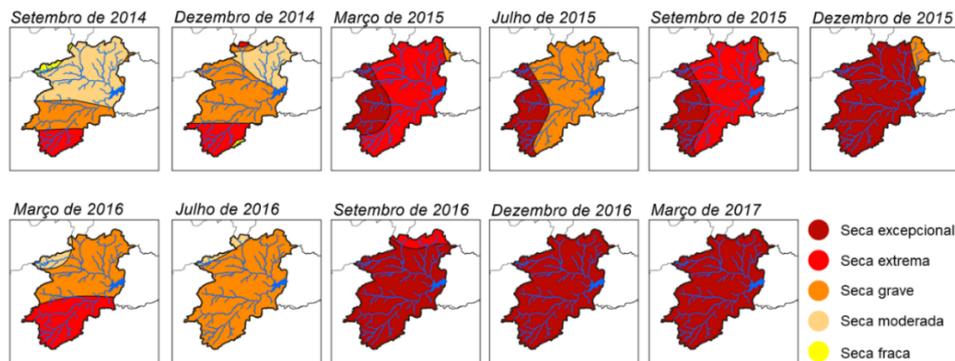
Metade das setas que indicam as interações são classificadas como de estado quantitativo, ou seja, aumenta ou diminui algo em algum dos elementos do arcabouço

de robustez. Parte está associada às águas do reservatório (extrair, fornecer, restringir) e outra parte está relacionada 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 para 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 de segunda ordem. As interações que resultam em aspectos negativos (18,2%) estão relacionadas: aos estresses exógenos na dimensão ecológica; exploração do corpo hídrico; negação de outorgas para direito de uso da água; e as 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. Esses percentuais de interações foram obtidos através da razão entre a quantidade de interações em cada subclasse (Figura 11) e a quantidade total de interações.

Muito importante observar que o sistema analisado não está isolado, assim como nenhum outro está. Os links 7 e 8 (Figura 11) demonstram isso ao permitir reconhecer que haverá impacto de fatores exógenos na infraestrutura natural e construída, assim como na dimensão 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 12). 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 Epitácio Pessoa por meio do PISF. Os cenários de mudanças climáticas também se firmam como condicionantes nesse sentido, pois podem tornar as secas mais duradouras e frequentes (IPCC, 2021).

Figura 12. Fenômenos das secas na bacia de drenagem do Reservatório Epitácio Pessoa antes da integração com o PISF



Fonte: Elaborada pelo autor com dados especializados do Monitor de Secas (2024)

Na dimensão social, novos usuários poderão ser atraídos com o aumento da população nos centros urbanos e até mesmo com incentivos econômicos para agricultura, como os programas governamentais de crédito fundiário. Fatores exógenos podem também ser relevantes para os provedores de infraestrutura pública por meio de investimentos financeiros, colaborando para a institucionalização e fortalecimento de órgãos envolvidos na governança. Este último fator é percebido por meio de iniciativas como o PROGESTÃO (ANA, 2013) e o PROCOMITÊS (ANA, 2016), que têm despendido recursos financeiros para o Estado da Paraíba e para a bacia em que o SEP está situado.

Considerando fatores catalisadores de mudanças sistêmicas, Silva *et al.* (2021) simularam distintos cenários para o SEP, supondo aumento populacional, mudanças no uso do solo da bacia de drenagem e alterações no comportamento das precipitações. De forma probabilística, tanto no cenário mais pessimista como no otimista, o reservatório tem chances de alcançar o volume morto no período entre 2020 e 2030, mesmo levando em consideração o aporte do PISF. Isto aponta para a necessidade de uma governança capaz de se transformar e adaptar 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 SEP 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 SEP pode ser classificado como complexo (arquétipo 5, Tabela 6). Isto 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 para com

a água e as instituições envolvidas na governança. Além disso, o SEP está integrado a diversos outros sistemas, seja o composto pela Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco ou os que são formados por reservatórios à montante e à jusante (Nunes; Ribeiro, 2021). A composição institucional também é bastante complexa e com provedores de infraestrutura pública operando em diferentes níveis organizacionais (Silva; Ribeiro, 2021a). 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 SEP, 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 pela autora 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, 2024). A metodologia e envolvimento dos atores para colaborar com a governança da água no SEP, por meio da alocação, ocorreram inclusive durante o cenário de pandemia (2020-2021), demonstrando a capacidade de consolidação dessa ferramenta de planejamento. Apesar de ser um aspecto positivo, ainda há lacunas, como as que serão discutidas no Capítulo 5.

Observa-se, por fim, que mesmo um sistema hídrico local pode apresentar elevada complexidade para a governança da água e que 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 ARSS deixa claro a importância dessas partes na composição do sistema.

Colaborando com essa noção e importância, Silva (2014) explica que havia uma ilusão de que o principal desencadeador das crises hídricas no SEP era os fenômenos de seca, quando estudos (Silva, 2014; Rêgo *et al.*, 2017; Banco Mundial, 2018) apontam que de fato o principal problema é uma gestão inadequada. A variabilidade climática e os eventos extremos de secas associados a longos períodos

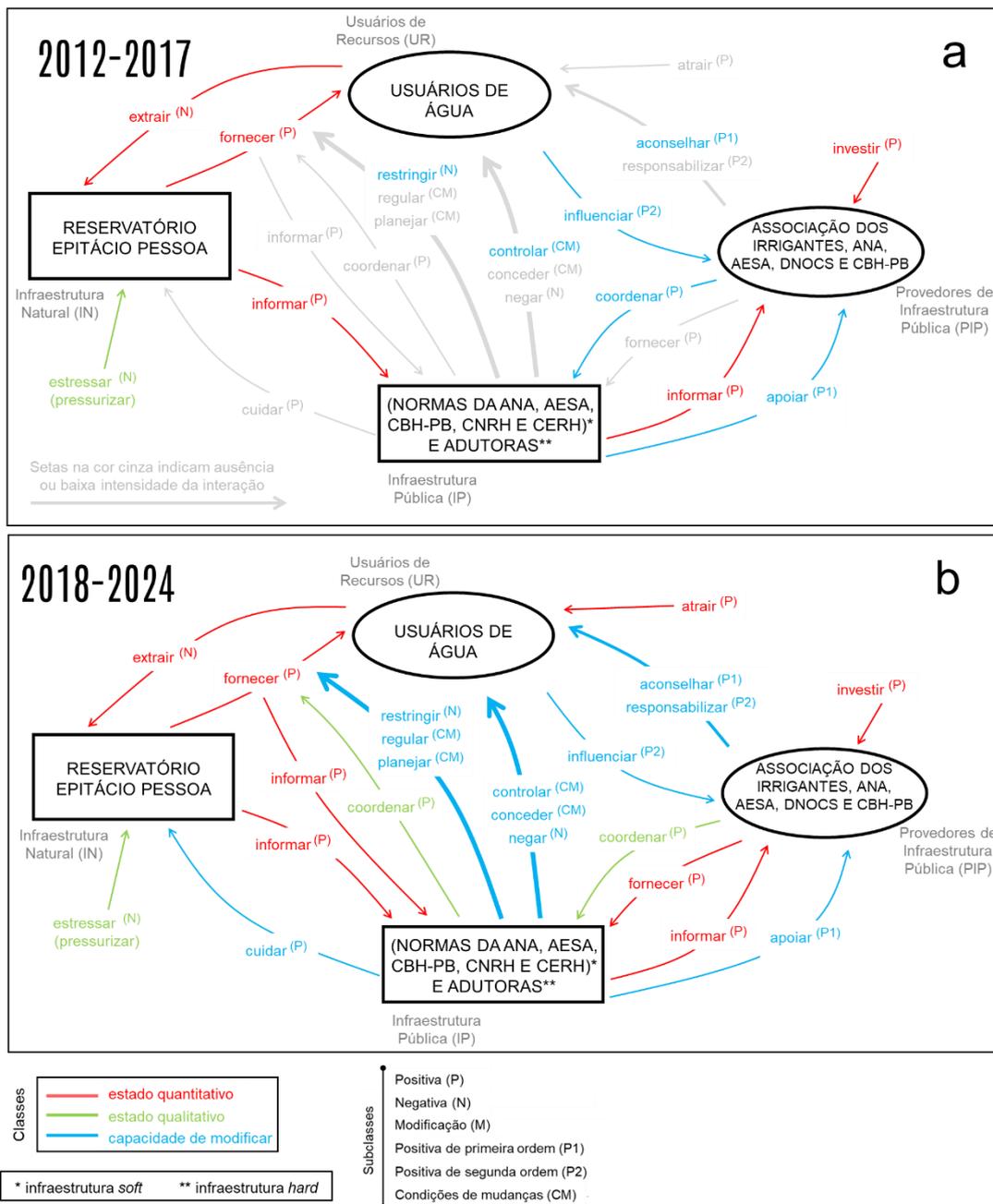
de estiagem são características intrínsecas ao semiárido brasileiro e que podem se intensificar com as mudanças climáticas. Essas características podem ser catalisadoras das crises, mas não as principais responsáveis por elas, por isso, precisam ser assimiladas pela governança do sistema. Esse ponto de vista é emergente 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 neste capítulo.

4.3.2 O quanto o Sistema Epitácio Pessoa é robusto?

Para discutir a robustez do sistema e da governança do SEP é preciso dividir o período analisado (2012–2024) em outros dois períodos: 2012–2017 e 2018–2024. São dois momentos distintos em que as configurações sistêmicas se apresentam de maneira diferente. Na Figura 13 é possível perceber, com a aplicação do ARSS, a diferença entre as interações nesses dois períodos, o que ajuda a discutir a robustez desse sistema. As interações representadas na cor cinza indicam ausência dessa interação no primeiro momento analisado. Assim, o que se defende aqui é que o SEP se encontra atualmente mais robusto quando comparado com a situação de crise vivenciada entre os anos de 2012 e 2017, essa robustez sistêmica se deve, sobretudo, a melhorias na governança da água, discutidas a seguir.

Figura 13. Sistema Epitácio Pessoa através do Arcabouço de Robustez de Sistemas Socioecológicos (ARSS) para distintos períodos



Fonte: Elaborada pelo autor

Esse primeiro período (2012–2017) representa o início do longo período de seca até a chegada das águas da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco através do PISF. Como é possível observar na Figura 13a, esse momento foi marcado por estresses exógenos através dos fenômenos de secas (Figura 12), fornecimento quali-quantitativo crítico de água aos usuários (Rêgo *et al.*, 2016) e fracasso na atuação do SINGREH (Rêgo *et al.*, 2017). Esse último ponto foi crucial para a redução no desempenho do sistema e, conseqüentemente, baixa robustez, o que indica uma governança tímida

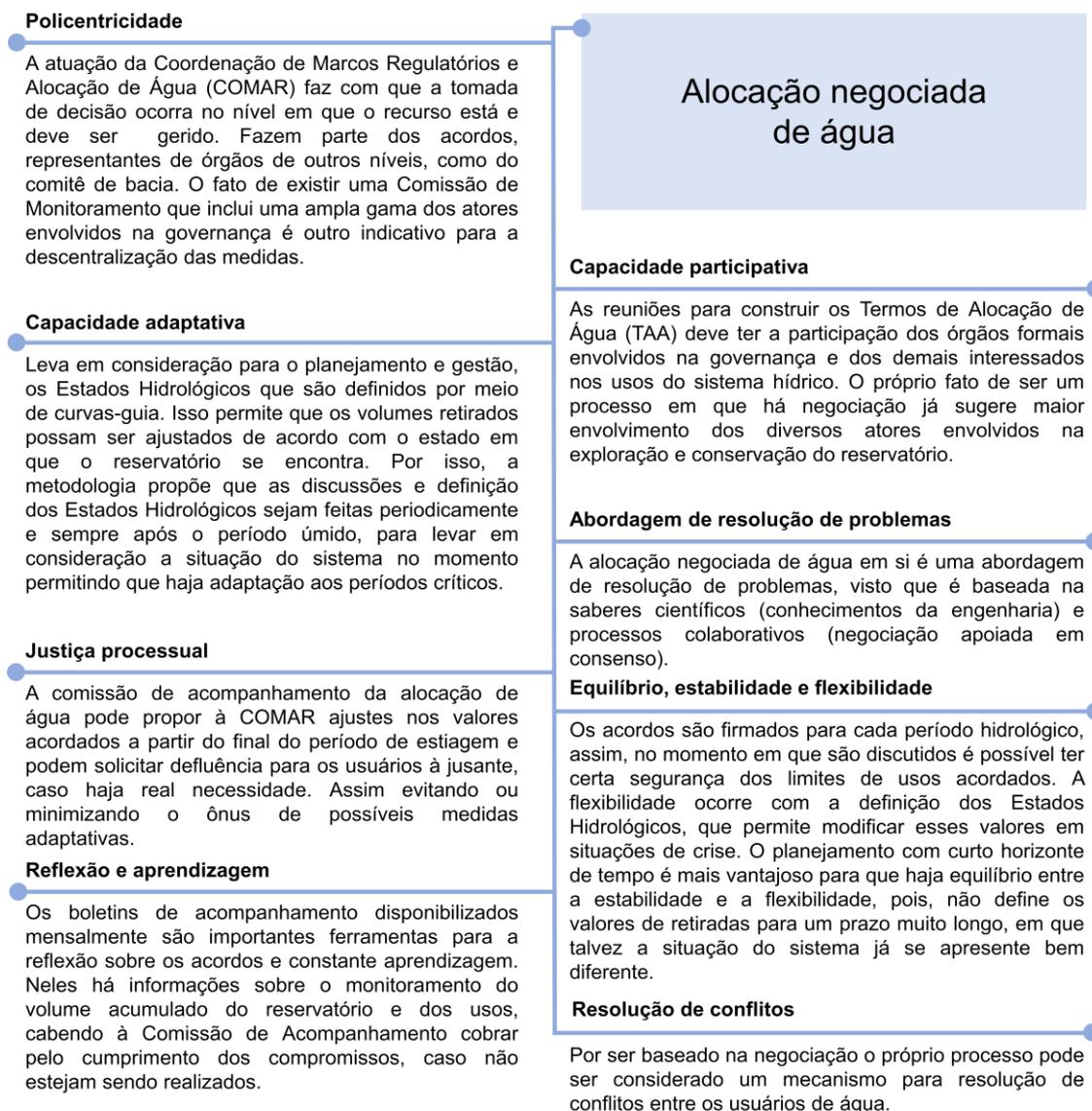
diante das complexidades vivenciadas. O fluxo de informações que existiu durante a crise foi sobre dados de quantidade e qualidade de água armazenada (Rêgo *et al.*, 2016) e sobre o ordenamento normativo que guia a gestão, mas houve problema de disseminação de informações quanto ao monitoramento das retiradas e situação da água fornecida para o abastecimento (Rêgo *et al.*, 2016; 2017). As ações de restrição, coordenação e controle que deveriam ter sido exercidas pela ANA e pelo CBH-PB ocorreram de maneira tímida, não sendo suficiente para minimizar consideravelmente o cenário de crise. Notou-se influência dos irrigantes sobre os provedores de infraestrutura pública, pois, com a pressão exercida conseguiram explorar o reservatório mesmo sem outorga durante os primeiros anos de crise.

É verdade que, após 2018, os dados do Monitor de Secas (2024) mostram que os fenômenos de secas se tornaram menos intensos na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba e que o PISF aumentou a oferta de água, mas os principais avanços se deram no âmbito da governança da água. A definição do marco regulatório para o sistema hídrico Poções-Epitácio Pessoa (Resolução Conjunta ANA/AESA nº 126/2022) foi um marco normativo relevante para definir regras que devem ser consideradas em cenários críticos como os vivenciados entre 2012 e 2017. Mas o aspecto mais relevante nesse sentido é a realização das alocações negociadas de água, que confere ao sistema maior planejamento, regulação, responsabilização e coordenação entre os usuários e as instituições do sistema de governança. A alocação negociada de água apresenta melhoria em muitos aspectos que podem favorecer uma governança adaptativa, como mostra a Figura 14. Essas ações demonstram que há maior presença institucional e que o desempenho do SEP tende a ser melhor em novos cenários de crise. O que indica a possibilidade de melhor desempenho são, por exemplo, a existência de planejamento participativo e transparente, que apresenta capacidade de diminuir o impacto de crises em funções sistêmicas como o abastecimento de água para as companhias de água e outros usuários.

O fato de haver mais interações entre os componentes do SEP indica maior complexidade, como já discutido, mas, neste caso, também representa maior robustez. Essas interações indicam maior conectividade entre a dimensão social e ecológica, sendo responsáveis por aumentar o controle das múltiplas variáveis que impactam a *performance* do sistema. Assim, não se trata apenas de retirar água do reservatório, mas retirar água do reservatório a partir de uma decisão tomada de forma participativa e com responsabilidade de automonitoramento — caso explícito das companhias de água após os acordos nas reuniões de alocação de água (ANA, 2024). Não se trata apenas de controlar o número de usuários, mas também de responsabilizar e inclui-los nas ações necessárias para o bom funcionamento do sistema — caso explícito da responsabilização atribuída às companhias de água pelo envio de

informações sobre a quantidade de água captada e condições das infraestruturas físicas (ANA, 2024).

Figura 14. Algumas características do processo de alocação negociada de água associadas a aspectos que favorecem a governança adaptativa



Fonte: Silva e Ribeiro (2021a)

A discussão sobre robustez do SEP e sua governança da água se deu de forma comparativa entre dois períodos, assim, através da dedução assumiu-se que uma configuração (atual) é mais robusta em relação a outra (a anterior). Outros tipos de análises podem ser sugeridos para quantificar o desempenho do sistema, adotando uma análise de robustez diferente. Sugere-se o uso de indicadores, como os Princípios da OCDE para a Governança da Água (OCDE, 2015) e os princípios de Ostrom (1990) para quantificar diretamente a robustez da governança. E enxerga-se, também, a possibilidade de indicadores para quantificar o desempenho do sistema através de

variáveis físicas. Os clássicos critérios de confiabilidade, resiliência e vulnerabilidade de Hashimoto, Stedinger e Loucks (1982) podem ser úteis nessa quantificação. As noções destes indicadores de representar situações contrárias a risco, a rapidez de recuperação e a magnitude da falha podem ser bons parâmetros para representar *performance* sistêmica, como já foi testado para simular cenários hipotéticos de operação envolvendo o SEP por Farias, Curi e Diniz (2017) e Brito *et al.* (2023).

4.4 Conclusões

Este capítulo teve como principal objetivo avaliar a composição de um sistema hídrico local situado no semiárido e fazer considerações sobre a robustez sistêmica e da governança. O SEP se mostrou 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 ARSS se apresentou como uma ferramenta metodológica que 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 ou social. Foi possível organizar o arcabouço e assim entender quais interações podem ser negativas para os componentes do sistema e, conseqüentemente, para 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.

Essas considerações são importantes não somente para entender a dinâmica sistêmica no momento da análise, mas se fazem útil para pensar a forma que os componentes podem afetar a governança como um todo e quais as incertezas associadas. No caso estudado, a dinamicidade e 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 mais frequência em reservatórios importantes para o abastecimento público de água. Nesse sentido, o ARSS é uma ferramenta heurística poderosa que pode auxiliar os órgãos gestores e colegiados nesse processo de identificação de vulnerabilidades e proposições de melhorias.

5. COMPREENSÃO DE REDES DE ATORES EM PROCESSO PARTICIPATIVO DE GOVERNANÇA DA ÁGUA³

5.1 Contextualização

A crescente complexidade na governança da água demanda a inclusão da compreensão de processos sociais para respostas adequadas (IPCC, 2022; Eisenhauer *et al.*, 2021). Isto é algo importante também ao analisar sistemas socioecológicos, em que as dimensões social e natural, apesar de autônomas, são integradas (Berkes; Folke, 1998). Assim, a investigação em ciências sociais é útil em termos de conhecimento científico mais integrado e interdisciplinar e em termos de políticas públicas na gestão de recursos naturais (Charnley *et al.*, 2017; Palsson *et al.*, 2013; Reddy; Syme, 2014; Seidl; Barthel, 2017).

A pertinência das ciências sociais tem levado a desenvolvimentos conceituais como a socio-hidrologia (Bertassello *et al.*, 2021; Döring *et al.*, 2024; Sivapalan 2015). A socio-hidrologia busca compreender as interações entre sistemas humanos e sistemas hídricos na criação de fenômenos (Di Baldassarre *et al.*, 2019; Sivapalan; Savenije; Blöschl, 2012). Esses fenômenos podem ser naturais, como secas e inundações (Cid *et al.*, 2024; Kreibich *et al.*, 2023; Kuil *et al.*, 2016; Di Baldassarre *et al.*, 2013), ou sociais, como a gestão e governança (Genova; Wei, 2023; York; Sullivan; Bausch, 2019). As alocações de água podem ser muito tecnocráticas, envolvendo apenas aspectos hidrológicos ou econômicos isoladamente. Mas essas alocações podem se tornar mais adequadas ao assumir uma visão socio-hidrológica, isto é, observando a dimensão social que existe nos sistemas hídricos e envolvendo as partes interessadas com diferentes relações de poder (Döring *et al.*, 2024; Melsen *et al.*, 2018). Portanto, a participação na alocação de água é crucial para uma distribuição adequada desse recurso (Kronaveter; Shamir, 2009; Vasconcelos *et al.*, 2015; Wu *et al.*, 2022).

A Teoria Ator-Rede (TAR) é uma abordagem das ciências sociais que ajuda a compreender a indissociabilidade entre dimensões sociais e naturais (Latour, 1993; 2005; 2017). Nesse contexto, a TAR permite explorar problemas, como a participação, que envolvem valores sociais que em outros contextos poderiam ser banalizados pelo conhecimento científico (Teh, 2011). Ela analisa o mundo como redes interconectadas e essas redes são criadas pelas relações existentes entre atores (humanos ou não humanos) (Latour, 2005; Venturini, 2010; Venturini; Munk, 2022). Não existem ações dos atores sem a existência de uma rede e não existe rede sem a atuação dos atores (Katanha; Simatele, 2019). As redes podem ser formadas, por exemplo, pelo

³ Este capítulo foi escrito durante o período do doutorado em que o autor esteve na Universidade de Lisboa, sob orientação da Professora Sofia Bento (<https://www.iseg.ulisboa.pt/faculty/sofia-bento/>).

compartilhamento de informações e ações (interações entre atores humanos) e pela exploração de recursos (interações entre atores humanos e não humanos). A TAR entende a inclusão dos atores humanos na arena da natureza e os atores não humanos na arena social como algo indivisível (Teh, 2011). Um rio, uma infraestrutura, uma instituição e um usuário de água podem ser atores (Bento, 2011; Brown; Pena, 2016; Gooch; Rieu-Clarke, 2011).

Outro aspecto importante para a TAR é a presença de poder nas interações existentes (Murdoch, 2001; Callon, 1986; Latour, 1999, 2005; Law, 1992; Katanha; Simatele, 2019). O poder quando utilizado nas relações determina a força que um ator tem de se conectar a uma rede (Latour, 2005) e, portanto, de moldá-la ou moldar os processos que decorrem dela.

Por notar a existência de atores humanos e não humanos na construção de redes e dinâmicas sociais (Latour, 2005; Venturini; Munk, 2022), esta teoria pode ser uma ótima ferramenta para analisar aspectos complexos em sistemas hídricos englobando sociedade e natureza, como a alocação de água. É preciso destacar ainda que o ponto central da TAR não é apenas a coexistência de humanos e não-humanos, mas sim a forma como eles interage; a atribuição de agência tanto a atores humanos quanto não-humanos permitindo a formação de redes de influência mútua. Agência refere-se à capacidade de um ator de influenciar ou modificar os eventos dentro de uma rede (Latour, 2005). No caso da TAR, tanto seres humanos quanto objetos, tecnologias e elementos naturais são considerados agentes ativos que moldam o processo social (Venturini; Munk, 2022). Para a TAR, não há uma divisão rígida entre os humanos e os não-humanos no que se refere à capacidade de agir e influenciar a rede. A ação humana não é vista como algo puramente "humano", mas como uma ação que é sempre mediada por tecnologias, objetos e outros elementos não-humanos. Assim, a TAR ajuda a compreender o interesse e mobilização na gestão da água, a construção de conhecimento que influencia decisões sobre alocação e como infraestruturas construídas afetam as relações e a alocação de recursos (Becerril *et al.*, 2020; Gooch; Rieu-Clarke, 2011).

A TAR foi concebida como uma abordagem que recusa a associação a uma metodologia única, permitindo flexibilidade e integração com outras abordagens. desde que as premissas básicas da teoria sejam seguidas (Law, 2009; Venturini, 2010; Venturini; Munk, 2022). O que caracteriza a TAR são as premissas seguidas na investigação que enfatizam o trabalho de observar e descrever (Latour, 2005). Callon (1986) propõe quatro etapas que auxiliam na análise de problemas sociais e naturais: problematização (o problema a ser analisado é definido e estruturado), interesse (os diferentes atores são mobilizados, e seus interesses são alinhados), inscrição (os interesses dos atores são formalizados e inscritos em dispositivos ou outras formas

materiais que ajudam a estabilizar a rede e garantir que os interesses dos atores sejam reconhecidos e seguidos) e tradução (envolve a negociação e o ajuste dos interesses de todos os atores envolvidos, com o objetivo de garantir a cooperação entre eles) (Saraiva *et al.*, 2024). Na Cartografia das Controvérsias, que se baseia em observar e descrever controvérsias (Cheng; Neisch, 2023; Venturini, 2010; Lourenço; Tomaél, 2018; Young *et al.*, 2022), o objetivo é visualizar a dinâmica de construção e desconstrução de consensos, evidenciando as negociações e as interações que moldam os resultados de um problema social. A utilização deste método ganhou destaque com o projeto Macospol (MAPPING COntroversies on Science for POLitics, <http://mappingcontroversies.net>), liderado por Bruno Latour. Venturini (2010) sugere cinco lentes de observação para essa análise, que serão detalhadas na seção de metodologia. O autor explica que as lentes não são uma metodologia em si, mas passos para aprofundamento da análise de controvérsias a partir da observação e descrição.

As controvérsias, de maneira simplificada, são situações em que atores discordam (Venturini; Munk, 2022). Pode-se considerar que o que determina a existência de um ator e de uma rede é a relação que existe em torno de uma controvérsia (Latour, 2005). As controvérsias envolvem todos os tipos de atores, mostram a dimensão social de uma forma dinâmica, são resistentes a simplificações, são questões passíveis de debates, são conflitos e envolvem conhecimentos técnicos e científicos (Venturini, 2010). A controvérsia se refere à

“toda parte da ciência e tecnologia que ainda não está estabilizada, fechada ou ‘black boxed’⁴; isso não significa que haja uma disputa acirrada, nem que o conhecimento tenha sido de alguma forma politizado; nós o usamos como um termo geral para descrever a incerteza compartilhada⁵” (Macospol, 2007, tradução nossa).

Por toda incerteza que envolve os recursos hídricos e sua governança (Baird; Plummer, 2021), analisar as controvérsias nesse contexto possibilita conhecer melhor os sistemas de recursos hídricos e aperfeiçoá-los.

A TAR já foi utilizada para analisar diferentes aspectos relacionados aos recursos hídricos: interesse, envolvimento e mobilização na gestão de recursos hídricos (Becerril *et al.*, 2020); construção de conhecimento na gestão de recursos hídricos para cidades resilientes (Gravel; Koné, 2017); aprendizado cooperativo para gestão de recursos hídricos (García *et al.*, 2017); mudanças e discursos a partir de adoção de

⁴ “A ‘black box’ é a etapa final de uma polêmica, quando não há mais disputas, as divergências são substituídas por acordos e um consenso é alcançado.” Aconselho a basear-se na definição de Latour e Callon, que são os pioneiros deste conceito” (Lourenço; Tomaél, 2018).

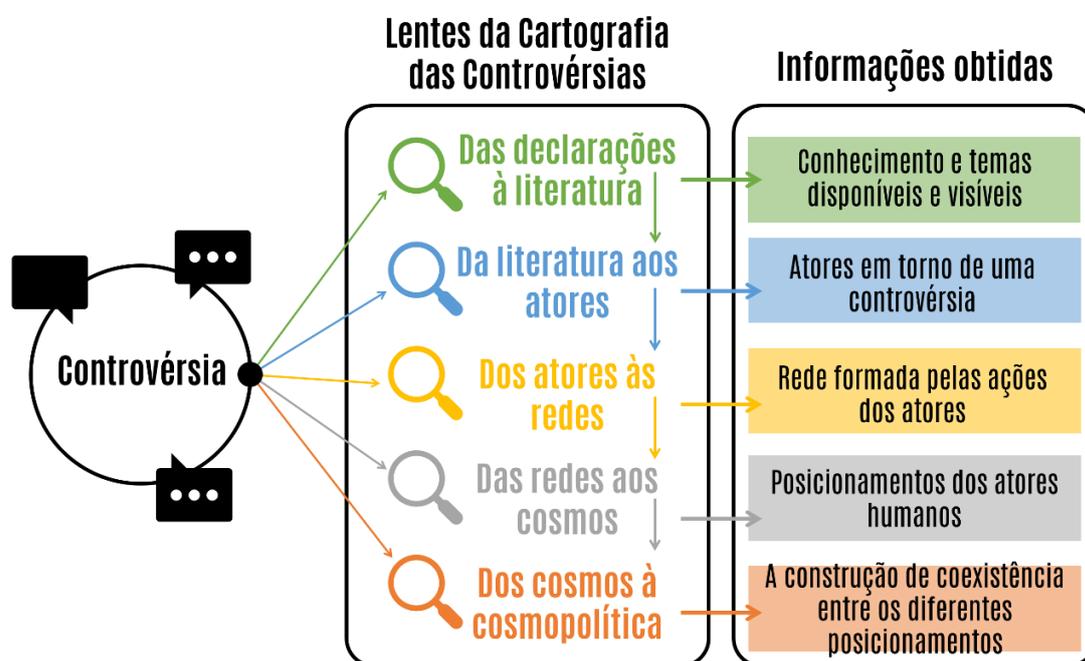
novas infraestruturas hídricas (Brown; Pena, 2016; Amantino *et al.*, 2013; Bento, 2011); e interações entre políticas, atores e as redes construídas sob o foco de rios transfronteiriços (Gooch; Rieu-Clarke, 2011). Poucas dessas experiências analisam aspectos da governança, como os processos de planejamento participativo.

Assim, este capítulo visa analisar controvérsias nos recursos hídricos e redes entre atores na alocação negociada de água. O capítulo também propõe uma operacionalização da TAR, utilizando a Cartografia das Controvérsias como ferramenta útil para integrar as ciências sociais na análise de sistemas hídricos, na tomada de decisão e na formulação de políticas de maneira socio-hidrológica.

5.2 Metodologia

Utilizou-se a Cartografia das Controvérsias (Venturini, 2010) como técnica de pesquisa para explorar o Sistema Epitácio Pessoa focando especificamente nas alocações negociadas de água. A técnica foi operacionalizada a partir das cinco lentes de observação sugeridas por Venturini (2010) (Figura 15). A partir disso, se compreenderam aspectos que permeiam as relações entre os atores e fazem parte do processo de alocação. Nessa arena de participação muitos discursos são produzidos, possibilitando: a compreensão de que redes são formadas; a partir de quais interações (ou ausência de interações) essas redes se formam; por quais atores; que posições são assumidas; e se existe espaço para estabilização e alinhamento das posições divergentes que geram as controvérsias.

Figura 15. Lentes de observação da Cartografia das Controvérsias



Fonte: Elaborada pelo autor a partir de Venturini (2010)

As reuniões para alocação negociada de água no Sistema Epitácio Pessoa ocorrem anualmente desde 2019, algumas presencialmente e outras virtualmente (Tabela 7). A forma de coleta de dados se deu a partir da observação participante em todas as reuniões e com a transcrição das reuniões que ocorreram virtualmente. Estas foram gravadas e disponibilizadas pela ANA (2024). Ao todo foram mais de 20 horas de reuniões gravadas e 55 atores presentes nas reuniões virtuais. As reuniões foram gravadas com consentimento de todos os indivíduos que participaram e foram publicadas pela ANA (2024). Nenhum ator humano foi explicitamente identificado nesta pesquisa. Foram citados apenas a qual grupo os atores representam. A escala temporal de análise dos dados utilizados é de 2019 até 2024.

Tabela 7. Descrição das reuniões de alocação negociada de água ocorridas no Sistema Epitácio Pessoa

Data	Formato	Objetivo da reunião	Duração*
13 de junho de 2019	Presencial	Primeira reunião de alocação ocorrida. Apresentação da metodologia de alocação negociada de água; definição das vazões alocadas, do TAA** e da CAA***.	-
30 de junho de 2020	Virtual	Discutir se os acordos foram cumpridos ou não. Apresentar cenários de planejamento para o ano seguinte.	3 horas
03 de julho de 2020	Virtual	Definição das vazões alocadas, do TAA** e da CAA***.	3 horas e 13 minutos
29 de junho de 2021	Virtual	Discutir se os acordos foram cumpridos ou não. Apresentar cenários de planejamento para o ano seguinte.	2 horas e 19 minutos
02 de julho de 2021	Virtual	Definição das vazões alocadas, do TAA** e da CAA***.	2 horas e 40 minutos
04 de julho de 2022	Virtual	Discutir se os acordos foram cumpridos ou não. Apresentar cenários de planejamento para o ano seguinte.	1 hora e 34 minutos
07 de julho de 2022	Virtual	Definição das vazões alocadas, do TAA** e da CAA***.	2 horas e 25 minutos
16 de março de 2023	Virtual	Reunião para ajustar o TAA** após informações sobre liberação de água do PISF para a Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba.	1 hora e 29 minutos
27 de julho de 2023	Presencial	Discutir se os acordos foram cumpridos ou não. Apresentar cenários de planejamento para o ano seguinte. Definição das vazões alocadas, do TAA** e da CAA***.	-
31 de julho de 2024	Virtual	Discutir se os acordos foram cumpridos ou não. Apresentar cenários de planejamento para o	3 horas e 25 minutos

		ano seguinte. Definição das vazões alocadas, do TAA** e da CAA***.	
<p>* Não foram registradas as durações das reuniões presenciais.</p> <p>** O TAA (Termo de Alocação de Água) é a formalização da tomada de decisão em um documento. Nele há regras operacionais, como as vazões alocadas, e acordos definidos coletivamente nas reuniões de alocação negociada de água. Esses acordos são compromissos importantes, como a definição dos responsáveis por coletar e enviar dados de monitoramento.</p> <p>*** A CAA (Comissão de Acompanhamento da Alocação) é composta por representantes dos órgãos gestores de recursos hídricos, operadores da infraestrutura dos reservatórios, usuários e instituições interessadas na gestão do sistema hídrico. Essa comissão pode se reunir para discutir ajustes na alocação, caso seja necessário.</p>			

Fonte: Elaborada pelo autor a partir de ANA (2024)

5.2.1 Das declarações à literatura

Nesta etapa o objetivo foi identificar a extensão da controvérsia ao explorar quais temas estão associados. É nesta lente que, enquanto analistas, é possível compreender além das afirmações (*statements*) dos atores humanos e observar os assuntos que envolvem essas afirmações, portanto, a literatura. A literatura é construída na dimensão social dos sistemas e guiam os debates existentes (Venturini, 2010). No caso analisado, a literatura consiste na documentação das reuniões de alocação de água, existindo nesse material forte relação com a produção técnico-científica e com os saberes dos atores que compõem essa arena de negociação. Essa abordagem representa a TAR por assumir uma visão abrangente do conhecimento. A documentação das reuniões mostra discursos característicos das sociedades modernas, também chamadas de democracias técnicas (Callon; Lascoumes; Barthe, 2009). Assim, buscaram-se os assuntos que circulam a controvérsia sobre gestão e utilização da água e que emergem nas alocações negociadas de água.

Foi realizada uma análise de conteúdo das falas das reuniões de alocação para identificar os temas. Esses discursos foram, portanto, a literatura analisada. Para isso usou-se a Classificação Hierárquica Descendente (CHD) pelo método de Reinert (1987) através do *software* Iramuteq 0.7 alpha 2 (<http://www.iramuteq.org/>). Essa análise multivariada permite analisar contextos que mostram um vocabulário específico e comum para explicar algo (Camargo; Justo, 2013). A CHD agrupa os termos utilizados para dar sentido às declarações em categorias hierárquicas. A partir disso, é possível compreender as similaridades e as diferenças entre essas categorias. Assim, consegue-se visualizar padrões e conexões entre palavras que poderiam não ser evidentes em uma análise superficial. A CHD permitiu operacionalizar essa lente ao otimizar a análise do amplo material disponível das gravações. Outros autores utilizaram para essa finalidade o mapeamento bibliométrico (Cheng; Neisch, 2022; Young *et al.*, 2021). Nessas outras pesquisas, o mapeamento bibliométrico foi utilizado porque a literatura utilizada se tratava de publicações de textos acadêmicos.

Aqui, a compreensão sobre literatura compreende as falas dos atores em reuniões gravadas, por isso a escolha pela CHD.

As transcrições das reuniões que aconteceram virtualmente puderam ser analisadas através de categorias criadas a partir do vocabulário utilizado. Essas categorias representam sentidos e assuntos que permeiam as afirmações dos atores humanos. O Iramuteq foi escolhido por ser um *software* multifuncional e estatístico para análises de *corpus* textual. Ele permite a análise de textos em diversas linguagens (Souza *et al.*, 2018) e é de acesso livre.

5.2.2 *Da literatura aos atores*

As declarações existem em uma rede de atores. Um ator é algo ou alguém cuja presença ou a ausência faz diferença para a controvérsia (Latour, 2005; Venturini, 2010; Venturini; Munk, 2022). Assim, é ator qualquer ente humano ou não humano que gera ou é motivo das afirmações. Para esta lente, buscou-se identificar esses atores humanos e não humanos presentes nos segmentos de textos de cada categoria obtida pela CHD, na lente anterior. Assim foi possível perceber a conexão entre os atores com os contextos (ou categorias). Após isso, esses atores foram organizados em grupos, permitindo uma melhor explicação de quem são (sem identificá-los diretamente, no caso dos atores humanos) e seus interesses ou funções dentro do sistema. Por exemplo, usuários de água que utilizam a água para agricultura formaram o grupo “irrigantes”.

5.2.3 *Dos atores às redes*

Os atores são partes de redes e são influenciados por essas redes (Latour, 2005; Venturini 2010; Venturini; Munk, 2022). Nesta lente, o objetivo foi identificar que rede se forma em torno da controvérsia. Todos os atores identificados na etapa anterior foram reconhecidos justamente porque interagem de alguma forma entre si, formando uma rede. A ideia é que eles constroem relações, discursos e realidades, o que possibilita a circulação de ideias e conhecimentos. No entanto, essa circulação não é livre; ela é influenciada pelas relações estabelecidas entre os atores (Latour, 2005). Ao explicar esses tipos de interações é que se mostra características da rede formada (Latour, 2005). No caso de estudo, a identificação das ações dos atores através dos discursos permitiu visualizar como se forma a rede com os atores identificados e compreender como a rede existe em torno da controvérsia.

Ao analisar a rede criada, buscou-se, ainda, compreender a capacidade de exercer relações de poder entre os atores. É importante destacar que o intuito não foi caracterizar o modo de exercício do poder, por exemplo, influência ou dominação

(Vallet *et al.*, 2020), mas compreender como as relações que constituem a rede de atores carregam ou não o poder.

5.2.4 *Da rede aos cosmos*

Para o aprofundamento das observações através da TAR é necessário ir além das afirmações, ações e relações que compõem as redes (Venturini, 2010). É necessário compreender as visões e posições que os atores humanos têm para estabilizar as controvérsias. As relações dinâmicas dos atores em uma rede visam um ponto de estabilidade que os interessa. Venturini (2010) chama essas posições de “ideologias” e Latour (2005) chama de “panoramas”. Independente da nomenclatura, o que precisa ser e foi investigado são os anseios dos atores humanos na construção de uma realidade, portanto, suas posições dentro de uma rede. O conjunto dessas posições é o que Venturini (2010) chama de cosmos e é crucial para entender a diferença entre elas e formular adequadamente políticas que levem em consideração essas diferentes visões e anseios (Latour, 2005),

Essas posições emergiram nas falas dos atores durante as alocações negociadas de água. Elas diferem das ações. Enquanto as ações são o que eles executam dentro de uma rede, as posições são o que eles almejam do sistema ou a visão que eles têm para o futuro do sistema. Todas as posições precisaram ser cuidadosamente identificadas analisando os segmentos de texto no *corpus* de análise. Isso significa retornar às falas para o exercício da observação e analisar os segmentos de textos com maior significância no *software* Iramuteq, isto é, os que mais representam as categorias na CHD. Esta informação é apresentada no *software* utilizado.

5.2.5 *Dos cosmos à cosmopolítica*

Nem sempre é possível chegar a convenções absolutas e acordos definitivos. Assim, nesta última lente, o exercício é pensar um espaço capaz de alinhar as muitas posições que existem dentro de uma rede. Espaço que pode ser chamado de cosmopolítica (Latour, 2004; Venturini, 2010) e que permite a presença de mecanismos como negociação e mediação (Latour, 2010). Assim, o que foi feito, enquanto analista, foi pensar na infraestrutura institucional existente no sistema hídrico e na rede existente entre os atores para discutir a presença desse espaço para posições divergentes e como pode ser utilizada para garantir que “um mundo comum é possível” (Venturini, 2010, pg. 267).

5.3 Resultados

No Sistema Epitácio Pessoa, a gestão da água, enquanto operacionalização da governança, tem emergido como controvérsia entre os atores. Trata-se de uma controvérsia, pois incorpora as seguintes características (Venturini, 2010):

- Envolve todos os tipos de atores (humanos e não humanos) (Capítulo 4);
- Envolve uma dimensão social dinâmica, pois se altera ao longo do tempo (Silva, 2022);
- É complexa, pois envolve muitos aspectos técnicos, sociais e ambientais, dificultando simplificações (Bezerra *et al.*, 2021; Capítulo 4);
- É passível de debates, como os que ocorrem nas alocações negociadas de água (Silva; Ribeiro, 2022);
- E é geradora de conflitos (Vieira; Ribeiro, 2010; Silva; Ribeiro, 2022).

Além disso, a gestão da água não é algo estabilizado, não há um manual único adequado a todos os casos, é permeável a processos políticos e há incertezas; isso permite que haja disputa, portanto, controvérsias.

5.3.1 *O que envolve a controvérsia?*

A partir das reuniões, percebe-se a existência de declarações de diferentes tipos: que a prioridade da água do Reservatório Epitácio Pessoa deve ser para o abastecimento humano; que deve garantir a subsistência de pequenos irrigantes; que precisa-se permitir a utilização do reservatório para outros tipos de uso (como a pesca); que o foco dos atores humanos deve ser uma gestão eficiente; e que é necessário garantir a sustentabilidade de outros sistemas hídricos.

A Figura 16 organiza as declarações e discussões sobre a controvérsia em classes de sentido, facilitando a compreensão dos assuntos envolvidos. O *corpus* analisado, composto pelas transcrições das reuniões gravadas, foi categorizado em quatro classes de conteúdo que dizem respeito a problemáticas distintas que são abordadas quando os atores se reúnem para falar das medidas de gestão e governança para o Sistema Epitácio Pessoa. A classe 1 trata das ações dos atores humanos, representados na classe 4, estabelecendo uma conexão entre elas. A classe 2 diz respeito à quantidade de água ao longo do tempo e se relaciona com a classe 3, que abrange os corpos hídricos e as infraestruturas físicas. É preciso deixar claro que é a maioria das palavras que compõem uma classe que dão sentido a ela e permitem classificá-la, não necessariamente todas são de uma mesma categoria de sentido.

Figura 16. CDH do corpus de análise. f significa a frequência com que cada palavra aparece em cada classe e X^2 é o qui-quadrado de cada palavra, portanto, a significância dentro de cada classe

Classe 4			Classe 1			Classe 3			Classe 2		
Palavra	f	X^2	Palavra	f	X^2	Palavra	f	X^2	Palavra	f	X^2
favor	149	489,7	achar	250	232,0	água	346	378,4	milhão	164	413,4
obrigar	141	350,6	gente	588	170,9	camalaú	131	264,7	volume	133	268,4
microfone	58	201,9	saber	200	119,9	pisf	185	246,0	litro	183	232,1
tarde	47	142,6	querer	161	87,3	poções	110	244,7	metro	112	228,2
R_cbh-pb	57	142,1	coisa	101	68,6	rio	99	171,9	junho	87	213,1
cbh-pb	69	141,6	questão	148	63,8	epitá_pessoa	186	164,0	ano	181	181,2
nome	52	135,7	cadastro	38	62,1	acauã	133	162,4	cúbico	77	171,5
participar	61	132,9	assim	99	60,9	paraíba	101	154,1	mês	99	159,6
R_irrigantes	83	129,9	dizer	138	58,8	monteiro	76	133,1	julho	73	144,1
R_prefeitura	73	128,8	pensar	43	58,2	reservatório	205	118,3	cenário	93	141,2
prefeitura	38	110,8	realmente	67	53,2	adutor	52	106,4	médio	65	132,3
R_irrigantes	41	109,1	tomar	47	50,3	trecho	45	105,5	período	80	126,1
R_aesa	91	106,4	respeito	30	49,2	operação	56	86,4	considerar	57	117,6
desligado	27	95,7	discutir	53	39,9	sair	62	79,4	hidrológico	42	102,2
R_dnoacs	48	91,8	decisão	29	39,3	captação	49	77,0	defluência	59	99,1
representante	36	85,2	só	174	38,8	sistema	91	73,3	estiagem	31	97,7
R_ana	54	80,6	muito	140	36,4	montante	41	72,5	maio	32	91,3

Fonte: Elaborada pelo autor

As classes identificadas refletem os temas que permeiam as alocações negociadas de água: planejar a quantidade de água que deve ser alocada do sistema hídrico e definir acordos e ações para os atores humanos envolvidos. Em cada classe, há incertezas que alimentam a controvérsia, portanto, as discordâncias.

O sistema hídrico enfrenta incertezas hidrológicas, como as que envolvem os efeitos das mudanças climáticas. Por estar no semiárido brasileiro, também está sujeito a alta variabilidade climática, mas esta, passível de melhor previsão. Ainda assim, a previsão de recarga dos reservatórios realizada pela ANA usa critérios conservadores, modelando o planejamento apenas com retiradas e recargas do PISF, sem considerar a recarga natural. Além disso, existe incerteza sobre a quantidade de água que o sistema deve receber do PISF. Neste caso, originada do planejamento institucional e da condição das infraestruturas, que por vezes precisam de reparos.

Há também incertezas relacionadas aos atores humanos e à execução das ações acordadas. Mudanças de representantes, fluxo inadequado de informações, ausência de alguns atores e o não cumprimento das atribuições institucionais aumentam a incerteza no planejamento das alocações de água.

5.3.2 *Quem e o que compõe o sistema hídrico?*

A partir dos temas das alocações de água, foi possível identificar os atores envolvidos. Os atores humanos se posicionam em suas declarações, mencionando outros atores importantes, seja pela presença ou ausência, e discutem as relações entre eles. Os atores humanos identificados foram agrupados em: órgãos gestores, comitê de bacia hidrográfica, órgãos de gerenciamento da infraestrutura física, irrigantes, companhias de água e municípios. Assim, esses atores são indivíduos ou grupo de pessoas que compõem uma instituição.

Os dois órgãos gestores que atuam no sistema hídrico são a ANA e a AESA. O primeiro é responsável pela gestão dos corpos hídricos de dominialidade da União (reservatórios Poções e Epitácio Pessoa). São corpos hídricos de domínio da União os rios que passam por mais de um estado da federação e os reservatórios construídos com recursos financeiros federais (o caso dos dois reservatórios em questão). A AESA é responsável pela gestão dos corpos hídricos de dominialidade do Estado da Paraíba (reservatório de Camalaú e os trechos do rio Paraíba entre os reservatórios Poções e Epitácio Pessoa). São corpos hídricos de domínio dos estados os rios que se originam e tem o seu exutório dentro de um mesmo estado, os reservatórios construídos com recursos financeiros estaduais e os aquíferos. A ANA também assume o papel de mediadora das reuniões de alocação negociada de água.

A Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba, onde situa-se o sistema hídrico, possui um comitê de bacia instalado desde 2006, o Comitê de Bacia do Rio Paraíba (CBH-PB). Em todas as reuniões de alocação houve atores que fazem parte do CBH-PB.

Os dois principais órgãos de gerenciamento da infraestrutura física do sistema são o Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS) e a Secretaria de Infraestrutura e Recursos Hídricos do Estado da Paraíba (SEIRH-PB). O DNOCS é responsável por controlar as defluências e manutenção nos reservatórios de dominialidade da União e em todas as reuniões possuiu representantes da instituição. A SEIRH-PB é responsável pela mesma função no Reservatório Camalaú, mas não houve presença de atores representando explicitamente esta instituição nas colocações.

Em todas as reuniões participam irrigantes defendendo o uso da água para atividades agrárias. São irrigantes que retiram água diretamente do Reservatório Epitácio Pessoa ou que precisam da defluência dele para captar água no leito do rio. Alguns desses atores fazem parte, também, do CBH-PB ou ocupam cargos políticos em prefeituras. Dados de 2023 mostram que há 429 irrigantes regularizados explorando o Reservatório Epitácio Pessoa. Destes, 214 possuem outorgas para irrigar áreas de até 4 hectares e 215 possuem declarações de usos insignificantes, isto é,

precisam estar cadastrados, mas como utilizam um volume pequeno de água não necessitam de outorga. Ao todo há uma área irrigada de 609 hectares, sendo permitido retirar até 400 l/s de água do Reservatório Epitácio Pessoa para esta finalidade. Parte desses atores está organizada na Associação dos Irrigantes do Açude Epitácio Pessoa (AIAEP), que existe desde 2005. Nessa organização, 50 irrigantes estão ativos nas discussões e atividades que são realizadas e 150 estão inativos. A AIAEP realiza no mínimo duas reuniões por ano, em que, dentre outros assuntos, são apresentados os acordos estabelecidos nas alocações negociadas de água. O ator que representa a AIAEP nas reuniões para alocação de água também representa os irrigantes no CBH-PB. Nestas reuniões nunca entrou em pauta ou participaram os irrigantes dos dois reservatórios menores, o Poções e o Camalaú.

As duas companhias de água que podem explorar o Reservatório Epitácio Pessoa são a Companhia de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA) e a Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA). A primeira, responsável pelo abastecimento público de água de 29 municípios paraibanos, é a maior usuária de água do sistema e em 2024 passou a ter a permissão para retirar 1500 litros por segundo do Reservatório Epitácio Pessoa. Essa quantidade extrapola o permitido pelo marco regulatório, que determina uma vazão máxima de 1400 litros por segundo (ANA e AESA, 2022). Observa-se ainda que o automonitoramento da CAGEPA aponta para retiradas médias que ultrapassam esse valor de 1500 litros por segundo (ANA, 2024), sem qualquer posicionamento dos órgãos gestores, CBH-PB ou comissão de acompanhamento da alocação de água. A COMPESA ainda não explora o reservatório, pois a adutora está em processo de construção. A Companhia poderá retirar água para abastecer municípios no Estado de Pernambuco (vizinho da Paraíba).

Representantes de prefeituras de alguns municípios estiveram envolvidos nas reuniões e nos desdobramentos que elas tiveram. Houve representantes dos seguintes municípios: Boqueirão, Ingá, Itabaiana, Campina Grande e Barra de Santana. Alguns desses municípios (Boqueirão, Campina Grande e Barra de Santana) recebem água do Reservatório Epitácio Pessoa através da CAGEPA. Os outros dois (Ingá e Itabaiana) recebem água do Reservatório Acauã, que está localizado a jusante, na mesma bacia hidrográfica, mas não compõe o sistema hídrico analisado.

Embora os atores não humanos sejam fundamentais para que o sistema exista da forma que existe, a dinâmica que envolve esses atores nas alocações negociadas de água depende das ações humanas, ressaltando a necessidade de uma abordagem socio-hidrológica no gerenciamento, isto é, observar os corpos hídricos levando em consideração as ações humanas. Os atores não humanos do sistema hídrico analisado são: os corpos hídricos, adutoras de água e infraestrutura de transposição de água.

Há três reservatórios com volumes de água alocados nas reuniões: Poções, Camalaú e Epitácio Pessoa. Os trechos do Rio Paraíba entre os reservatórios também

são componentes do sistema. O foco deste estudo é o Reservatório Epitácio Pessoa pois o planejamento é direcionado, sobretudo, para ele pelo sistema de governança durante as alocações negociadas de água. O fato de os reservatórios menores serem negligenciados no processo decisório também os condiciona a serem considerados atores nesta controvérsia, mas nesse caso, pela ausência de atenção. O Reservatório Acauã está a jusante do Epitácio Pessoa, não compõe o sistema hídrico analisado, mas apresenta certa dependência da defluência do Epitácio Pessoa em períodos de crise, por isso aparece em muitas das discussões existentes, sendo um importante ator na controvérsia. Essa dependência ocorre porque a infraestrutura de captação de água da CAGEPA no Reservatório Acauã está distante do fundo do reservatório, assim, quando o volume diminui é preciso aporte do Reservatório Epitácio Pessoa para aumentar o volume e permitir a captação.

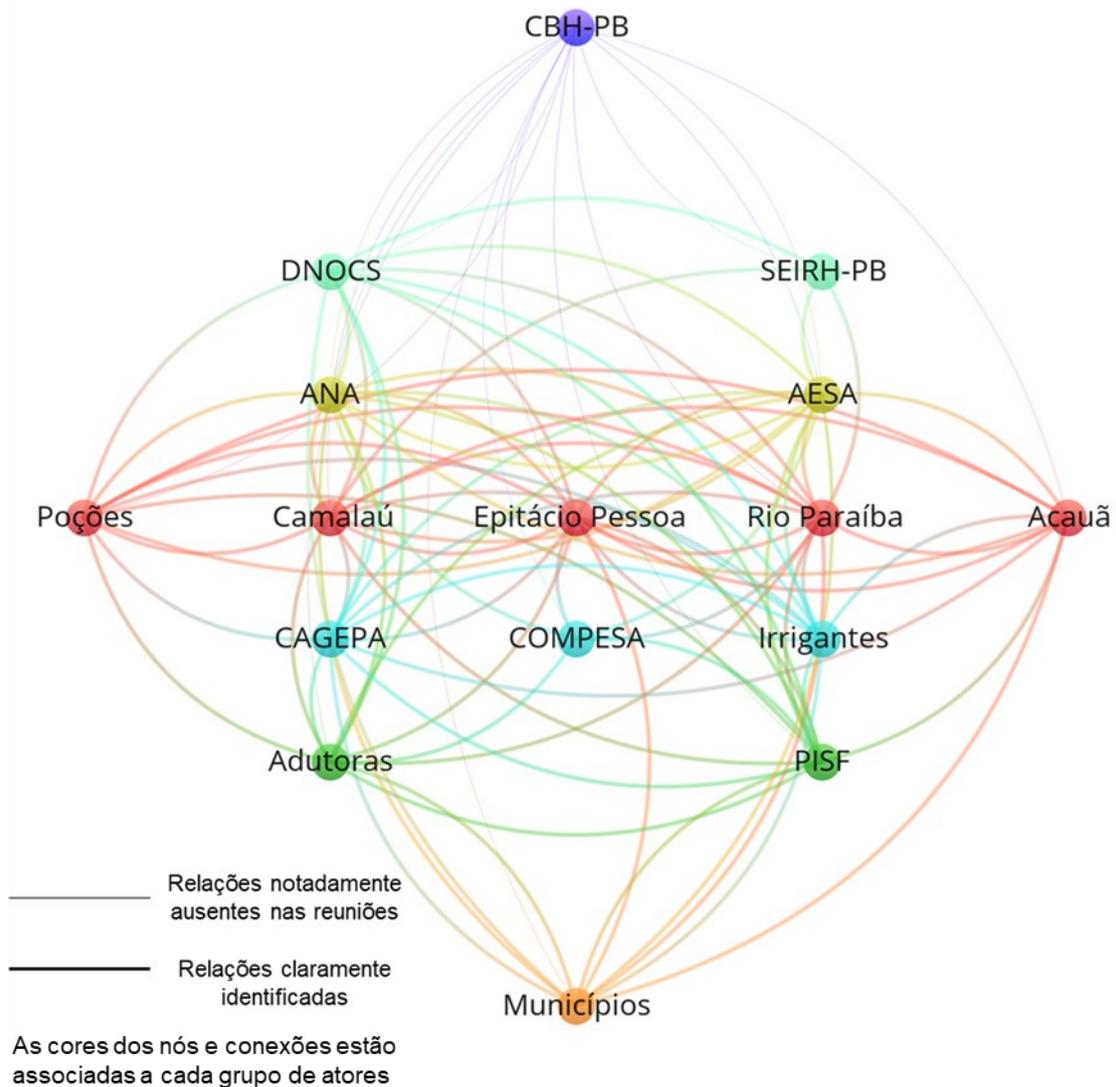
As adutoras de água são infraestruturas com a finalidade de retirar água dos reservatórios para o abastecimento público. Atualmente estão em operação a adutora de Monteiro que explora água do Reservatório Poções, as adutoras de Camalaú e Caraúbas que exploram água do Reservatório Camalaú, e os Sistemas Integrados de Abastecimento de Água de Campina Grande, Cariri e Boqueirão que exploram água do Reservatório Epitácio Pessoa. Há duas adutoras sendo finalizadas e que irão explorar água do Reservatório Epitácio Pessoa: a adutora do Curimataú sob responsabilidade da CAGEPA e a adutora sob responsabilidade da COMPESA.

O Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF) é uma infraestrutura de transposição que importa água da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco para a Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba. Portanto, o sistema hídrico em questão é receptor de água do PISF e, por isso, este é considerado um ator para essa controvérsia. Nas alocações negociadas de água muito se discute sobre a quantidade de água do PISF que é encomendada anualmente pelo Estado da Paraíba para decidir o quanto de água alocar para cada usuário. Em 2024, o Reservatório Epitácio Pessoa recebeu o aporte de 4.118 litros por segundo do PISF até setembro, houve redução dessa vazão em outubro e nenhum aporte de novembro até junho de 2025.

5.3.3 *Interações e relações de poder através das redes*

A Figura 17 ilustra a rede de atores envolvidos na controvérsia sobre a gestão e uso da água no Sistema Epitácio Pessoa. As numerosas conexões evidenciam a complexidade das interações, que são detalhadas no Apêndice I.

Figura 17. Representação da rede de atores identificada nas alocações negociadas de água



Fonte: Elaborada pelo autor

Na figura, as relações claramente expostas durante as alocações negociadas de água estão representadas por linhas mais grossas, enquanto as relações menos evidentes aparecem como linhas mais finas. As conexões menos explícitas partem do CBH-PB. Embora a PNRH atribua ao comitê um papel de protagonismo na governança da água, a observação revela sua inatividade na controvérsia. Essa falta de atuação se deve à moderação da ANA nas alocações, o que implica um papel de árbitra em conflitos pelo uso da água (Silva; Ribeiro, 2022). Segundo a PNRH, os comitês de bacia devem ser árbitros em primeira instância de tais conflitos (Brasil, 1997). Mesmo que a política não cite, explicitamente, o papel dos comitês nas alocações negociadas de água, é preciso entender que as alocações são mecanismos para atenuar conflitos, cabendo a atuação dos comitês como preconiza a legislação.

Nas 16 reuniões do CBH-PB analisadas (no período de 2019-2024), portanto, discussões fora das alocações negociadas, há pouca menção aos assuntos discutidos nas alocações (Apêndice II). Alguns atores do CBH-PB comparecem às reuniões de alocação, mas poucas vezes algum deles levou para o comitê problemas discutidos naquelas reuniões. Dentre os problemas que foram mencionados em reuniões do CBH-PB estão: a depredação das infraestruturas do PISF na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba e a ausência da CAGEPA nas reuniões de alocação de água. Essa situação evidencia uma conexão frágil entre a governança do sistema hídrico e a atuação do CBH-PB, que é escassa tanto nas reuniões de alocação quanto fora delas.

Os órgãos gestores, ANA e AESA, dominam a discussão. A ANA em maior proporção por ser o órgão gestor do Reservatório Epitácio Pessoa, por modelar os cenários sugeridos de planejamento e por mediar as alocações. Parte das ações planejadas passa diretamente pela AESA, que além de órgão gestor do Reservatório Camalaú e do Rio Paraíba, recebe delegação de atividades da ANA para atuar no Reservatório Epitácio Pessoa, como a responsabilidade de realizar a cobrança pelo uso da água nesse reservatório (Resolução ANA nº 98, de setembro de 2021). Esses órgãos interagem com todos os outros atores da rede. A AESA também defende os interesses de uso de água da CAGEPA (o uso do abastecimento humano é prioritário na PNRH), principal usuária do Reservatório Epitácio Pessoa.

Os irrigantes são os que mais defendem a disponibilidade de água para suas demandas. Por causa disso, e por depender em grande medida dos atores não humanos, há conexão com quase todos os outros atores. Eles buscam entender o sistema, o ciclo de chuvas e o regime de defluência. Os irrigantes participantes estão principalmente nas margens do Reservatório Epitácio Pessoa, com uma notável ausência de irrigantes dos reservatórios menores (Poções e Camalaú) nas decisões. Muitos estão organizados em associações e participam de instâncias decisórias como o CBH-PB e na esfera política municipal.

Apesar de sua importância para o abastecimento de milhares de pessoas, as companhias de água, especialmente a CAGEPA, apresentam uma ausência significativa na tomada de decisões. Em algumas reuniões, a CAGEPA não enviou representantes e apresenta um histórico de explorar uma quantidade de água maior do que a acordada. Isso demonstra que a importância atribuída a um ator nem sempre se traduz em atuação efetiva na controvérsia. Os irrigantes pressionam por maior participação da CAGEPA nas reuniões e pelo cumprimento de acordos, mas os órgãos gestores e o CBH-PB não impõem essa cobrança. A COMPESA se comunica com outros atores principalmente sobre previsões da operação de sua adutora.

Quanto aos órgãos de gerenciamento da infraestrutura física, nota-se que toda a rede depende que o DNOCS faça uma boa operação da infraestrutura do sistema

para que a distribuição de água aconteça entre os corpos hídricos. O DNOCS assume as responsabilidades que lhe são atribuídas por outros atores. Nas discussões, não há representação da SEIRH-PB, responsável pelo Reservatório Camalaú, que é mencionado apenas indiretamente.

Os municípios tendem a defender a disponibilidade de água para os irrigantes e para o abastecimento público. Embora os municípios não possuam dominialidade dos recursos hídricos e possuam pouco espaço para atuação no SINGREH, sentem-se convocados a atuar em defesa dos interesses de outros atores. A PNRH determina que a participação municipal deve ocorrer, sobretudo, nos comitês de bacia (Nicollier *et al.*, 2023).

Nessa rede que existe em torno da gestão da água, as adutoras atuam como um ator de ligação entre os corpos hídricos e as companhias de água. As condições físicas de cada adutora não são discutidas durante as alocações negociadas de água, o foco se dá na operação dessas infraestruturas.

As infraestruturas físicas do PISF e a quantidade de água a ser recebida por elas têm uma atenção central na controvérsia, o que demonstra a permanente integração desse ator ao sistema hídrico. A presença do PISF gera divergências, como a demanda dos irrigantes por mais água, enquanto os órgãos gestores tentam controlar esse aumento. A prioridade do PISF é garantir água para abastecimento humano e dessedentação animal, enquanto o desenvolvimento econômico é secundário.

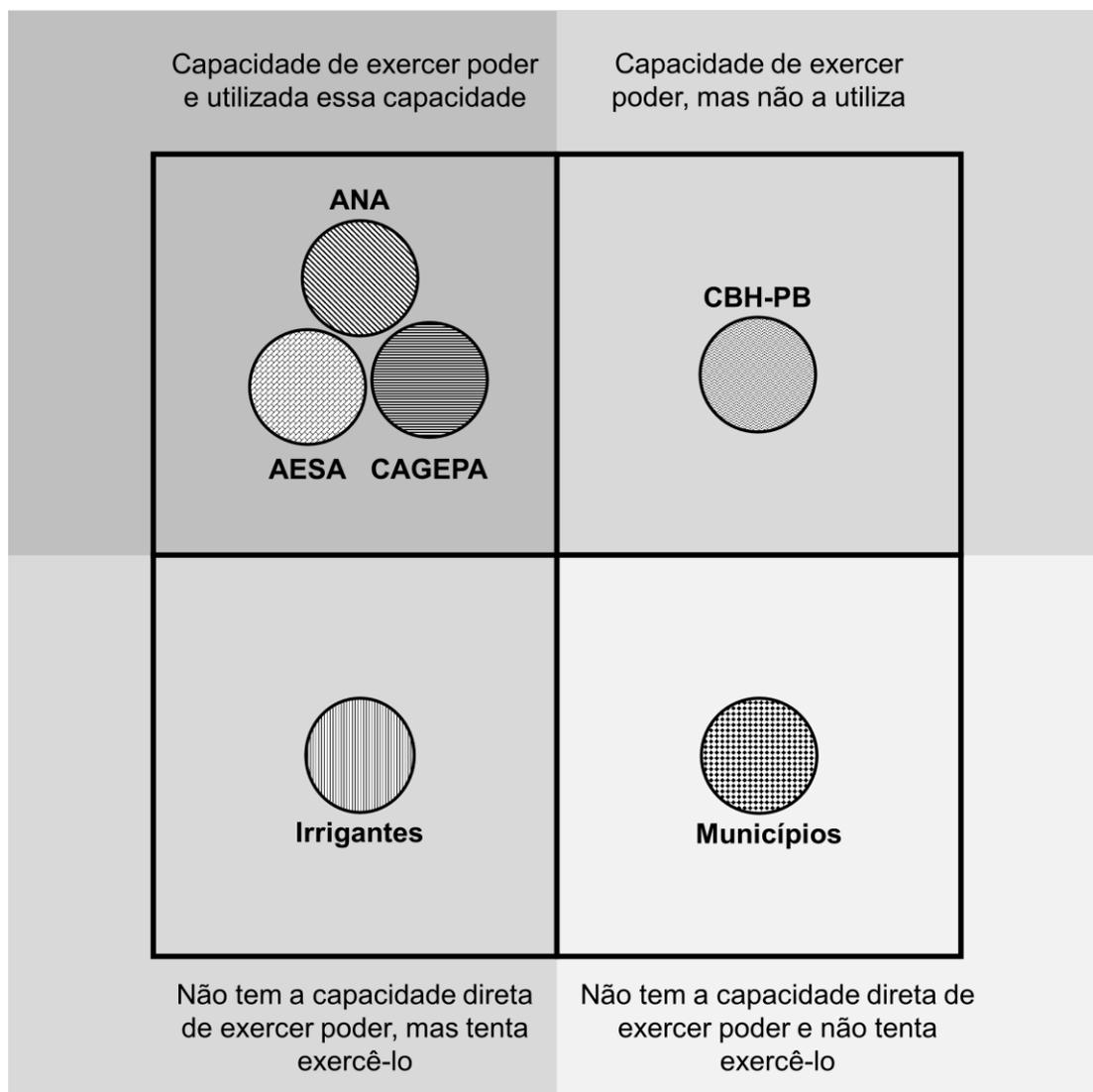
As relações entre os corpos hídricos são geográficas e mais intuitivas. Os reservatórios Poções e Camalaú estão a montante do Reservatório Epitácio Pessoa, enquanto o Reservatório Acauã está a jusante, todos interligados pelo Rio Paraíba. Todos os atores mantêm relações diretas ou indiretas com um ou mais corpos hídricos.

A rede ilustrada na Figura 17 revela várias interações entre os atores, incluindo a exploração de recursos, ações de gerenciamento e transposição de água. A partir da rede, foram identificados quatro tipos de relações de poder que partem dos atores humanos:

1. O ator possui a capacidade de exercer poder e a utiliza;
2. O ator possui a capacidade de exercer poder, mas não a utiliza;
3. O ator não tem a capacidade direta de exercer poder, mas tenta exercê-lo;
4. O ator não tem a capacidade de exercer poder e não tenta exercê-lo.

Com isso, os atores humanos do Sistema Epitácio Pessoa foram categorizados quanto à utilização de poder, com base nas falas e posicionamentos nas reuniões de alocação de água (Figura 18).

Figura 18. Atores e a possibilidade de relações de poder



Fonte: Elaborada pelo autor

A AESA e a ANA exercem relações de poder devido ao controle do conhecimento técnico que orienta a tomada de decisão e à influência sobre outros atores. A CAGEPA também exerce relações de poder, pois a PNRH considera o abastecimento humano como uso prioritário (Brasil, 1997). Assim, mesmo ausente em reuniões e descumprindo acordos, a CAGEPA obtém a vazão de água que deseja na alocação de água e recebe apoio de outros atores, como a AESA, para aumentar a quantidade de água destinada a ela. Essa prioridade irrestrita do abastecimento humano é um problema e pode fazer com que as companhias de água não se esforcem para ser mais eficientes e responsáveis, visto que, suas demandas sempre assumirão essa condição atendimento.

É importante destacar que, apesar de estarem numa mesma categoria, são capacidades distintas que são dadas a esses atores para exercer poder, isto é, à ANA, AESA e CAGEPA. Também existem diferenças relacionadas aos mecanismos utilizados para exercer relações de poder. A ANA e a AESA fazem isso de maneira mais direta, utilizando a importância assumida pelos órgãos gestores. Já a CAGEPA utiliza um mecanismo indireto, que é o entendimento de uso prioritário feito pela PNRH.

Embora a PNRH atribua muita importância ao CBH-PB, favorecendo a existência de relações de poder, isso não ocorre efetivamente. As alocações negociadas de água podem ser vistas como mecanismos para modificação da outorga, sendo esta, uma atribuição dos comitês de bacia. Portanto, é uma ação que não é tomada pra si pelo CBH-PB.

Por outro lado, os irrigantes têm a chance de participar do CBH-PB e das alocações, há muita possibilidade de exercer fortes relações de poder. Contudo, tentam influenciar a tomada de decisão, apelando para o desenvolvimento econômico dos pequenos agricultores e da região, não através da institucionalização via comitê. Embora os municípios se posicionem, não buscam estabelecer relações de poder ou alterar a dinâmica do sistema. Sua atuação se concentra na defesa de discursos existentes, como garantir água suficiente para abastecimento e irrigação.

É preciso deixar claro que esta organização quanto à capacidade de exercer poder se dedica a representar o sistema hídrico analisado. É possível que outros sistemas apresentem relações de poder distintas, por exemplo, onde os irrigantes se organizam de maneira diferente dentro dos comitês de bacia para que esta instituição assuma seus interesses enfaticamente.

5.3.4 *Os posicionamentos dos atores*

Os posicionamentos dos diferentes atores humanos revelam suas visões para estabilizar a controvérsia, ou seja, quando acreditam que seus anseios serão atendidos e sairão da discordância. Para os órgãos gestores (ANA e AESA), o foco é garantir o cumprimento dos acordos e compromissos nas alocações negociadas de água. Além disso, a AESA defende o aumento da quantidade de água alocada para a CAGEPA:

“(...) o uso de Campina Grande é uso prioritário para consumo humano. E Campina Grande, na realidade, tem absorvido, tanto a cidade tem crescido, como absorvido a situação de alguns povoados mais próximos que tem. Tá levando abastecimento de água até para zona rural, mais central. Eu sou favorável [ao aumento], porque, na realidade, uma cidade como Campina Grande, eu acho que existe a necessidade todo ano de ter um reajuste. Um reajuste em função do crescimento populacional que é grande nessas cidades.” (Representante da AESA).

A COMPESA, como usuária de água, não se posicionou na controvérsia, pois sua adutora não está em operação. Já a CAGEPA, que recebe a maior vazão alocada, busca estabilização ao solicitar aumento na quantidade de água para abastecimento público, sem cumprir os acordos estabelecidos:

“Existe a possibilidade de aumentar essa vazão de 1450 litros por segundo do sistema integrado de Campina Grande? Porque nos últimos meses nós temos ultrapassado esse valor e já que a gente está tendo essa oportunidade, se tem possibilidade de aumentar essa vazão?” (Representante da CAGEPA).

“Em relação a essa vazão de Campina [Grande] e outras cidades, é bom realmente pontuar essa importância porque tem uma demanda crescente. Como você falou, agora mesmo tivemos um complexo habitacional que tem mais de 4 mil imóveis. Então existe essa demanda crescente nas cidades, entendeu? É importante essa vazão aí.” (Representante da CAGEPA).

Essa falta de cumprimento fica implícita na ausência de envio de informações ou justificativas aos demais atores.

Os irrigantes, por sua vez, demandam um aumento na alocação de água, considerando isso essencial para a continuidade e desenvolvimento da agricultura no sistema hídrico:

“(…) desde que em 2013 nós entramos na luta para que a irrigação não fosse suspensa, a gente sabe que nós enfrentamos muita luta no Ministério Público com muitas entidades, porque queriam que a irrigação fosse cortada, e desde então essa capacidade dos agricultores nunca foi aumentada. E eu acho muito importante que isso seja pensado, porque a economia de Boqueirão e da região aqui é pautada toda na agricultura.” (Representante dos irrigantes).

“(…) os irrigantes querem ter uma segurança para que eles mantenham suas culturas e não aconteça isso como aconteceu das outras vezes. Então, o intuito deles é que se mantenha de dois ou três hectares, né? Mas, se caso isso não ocorra, o que aumentar é louvável.” (Representante dos irrigantes).

“(…) eu acho que, principalmente para essa alocação até julho do ano que vem, eu acho que daria para a gente dar uma ampliada aí, não que fosse em tanto, mas pelo menos um quanto, para beneficiar novas pessoas que possam querer adentrar na atividade.” (Representante dos irrigantes).

Os representantes do CBH-PB nas alocações defendem seus interesses como irrigantes ou políticos municipais. A falta de discussão sobre alocações nas reuniões do comitê evidencia a inatividade institucional. Assim, uma das principais instituições com potencial para estabilizar a controvérsia não demonstra seu posicionamento e sua visão para o consenso entre as divergências existentes.

Os representantes dos municípios se posicionam a favor das falas de outros atores sobre alocar quantidade de água suficiente para o abastecimento público e para os irrigantes:

“Porque a gente depende dessa água, a gente depende na nossa cidade, a nossa cidade é atravessada, é uma cidade ribeirinha.” (Representante de um município).

“Você vê os pequenos ribeirinhos a jusante, sofredores, com a vazão de 240 litros por segundo, nós vemos a jusante a água chegando para aqueles irrigantes, aí eu vejo, vejo e começo a analisar. (...). E outra coisa, quem conhece aqui o nosso semiárido sabe, as chuvas são muito sazonais. Pode chover muito hoje e amanhã não ter nada. (...). Então, gente, a gente tem que usar o bom senso e tentar atender a todo mundo, e eu sou a favor de ficar essa vazão para os pequenos, para os sofredores, que eu chamo de sofredores, os pequenos.” (Representante de um município).

Os órgãos de gerenciamento, como DNOCS e SEIRH-PB, não se manifestam sobre a gestão e uso da água. O DNOCS se compromete a cumprir as decisões sobre a operação do Reservatório Epitácio Pessoa, enquanto a SEIRH-PB não tem representantes que apresentem a visão da instituição.

5.3.5 *Alinhamento entre diferentes posicionamentos*

Diante dos posicionamentos divergentes, é crucial criar espaços que possibilitem o alinhamento dessas visões diferentes. Essa construção ocorre principalmente por meio da governança da água, que integra aspectos institucionais, legais e participativos em arenas de planejamento (OCDE, 2015). No Brasil, muitos sistemas hídricos formados por reservatórios contam com reuniões de alocação negociada de água, como as analisadas neste estudo. Desde 2015, a ANA realiza esse tipo de planejamento em 50 sistemas hídricos brasileiros. Estados, como Ceará e Paraíba, também têm suas próprias alocações negociadas de água em reservatórios de dominialidade estadual.

Embora bem estruturadas, essas arenas de negociação não são perfeitas, e as controvérsias persistem. As alocações negociadas resultam de processos de governança participativa que permitem uma gestão adaptativa (Silva e Ribeiro, 2021). No entanto, como foi observado, a participação de todos os atores humanos nem sempre é expressiva, o que pode dificultar a orientação do sistema hídrico para um estado desejável e a resolução de conflitos.

Na rede de atores do SEP, existem oportunidades para alinhar diferentes visões e tentar estabilizar a controvérsia. Há atores capazes de mediar os posicionamentos e canais que facilitam a comunicação entre eles. Discutir como aprimorar esses aspectos é fundamental para construir o que Venturini (2010) chama de cosmopolítica.

5.4 *Discussão*

A discussão dos resultados concentra-se em quatro aspectos centrais da controvérsia analisada: a razão da sua existência na arena de planejamento; a falta de atuação do comitê de bacia hidrográfica; as relações de poder entre os atores; e as

oportunidades de aprimoramento da arena para facilitar o alinhamento entre diferentes posições.

A diversidade de atores e opiniões cria um espaço coletivo propício para controvérsias (Latour, 2005; Venturini; Munk, 2022). Ao permitir a participação de muitos atores na alocação de água, essa arena se torna um espaço para a controvérsia. Isso não significa que as questões sobre a gestão do Sistema Epitácio Pessoa não sejam tratadas como controvérsias fora dessa arena, mas a forma como são abordadas nas alocações revela a natureza da controvérsia em um contexto de tomada de decisão participativa. Compreender isso é importante ao projetar sistemas de governança participativos. Pois há a necessidade de compreender que, mesmo com todos os benefícios desse tipo de governança, surge também a possibilidade de haver exposição de conflitos e discordâncias em um espaço de tomada de decisão. Mas isso pode ser um facilitador para lidar com essas questões, desde que expostas (Banco Mundial, 2018; OCDE, 2015).

Para gerenciar esses conflitos, é essencial um arcabouço institucional adequado (Ostrom, 1990; Rowland, 2005). Nesse sentido, a PNRH cria comitês de bacia como órgãos participativos para tomada de decisão em nível local (Brasil, 1997). O CBH-PB está presente na rede do Sistema Epitácio Pessoa por essa possibilidade de atuação, e não pela ação efetiva. Outros comitês, como os do Ceará, demonstram maior centralidade nas alocações negociadas de água, onde a tomada de decisão ocorre dentro dessas instituições e é mediada pelos atores que os compõem (Carvalho *et al.*, 2024). A falta de atuação do CBH-PB pode indicar dificuldades na instituição. Matos *et al.* (2022) destacam que a falta de compreensão sobre a gestão hídrica, o pouco conhecimento técnico e o não comprometimento dos membros são causas do enfraquecimento desses comitês.

A inação do CBH-PB mostra que não há construção de relações de poder com outros atores. Contudo, outros atores (ANA, AESA e CAGEPA) estabelecem relações de poder, enquanto os irrigantes querem exercer relações de poder. Quando se trata de redes, duas formas de utilizar poder são através da dominação e influência. A dominação ocorre com a oferta ou prevenção de benefícios ou ações negativas; a influência ocorre através do fluxo de informações para mudar o comportamento de outros atores (Vallet *et al.*, 2020). Ambos os modos têm aspectos positivos (por exemplo, aumenta a coordenação e o compartilhamento de informações) e negativos (por exemplo, manipulação e abuso de autoridade) para a governança (Barnes *et al.*, 2016; Bodin, 2017). Este estudo não visa categorizar as relações como influência ou dominação, mas destacar como os atores utilizam poder nas alocações de água. Essa análise pode incentivar uma reflexão mais profunda sobre essas relações, ajudando os atores a buscar resultados positivos e evitar os negativos. Sendo esta ação uma maneira de aperfeiçoar o sistema através da autoanálise.

O que Venturini (2010) chama de cosmopolítica já parece estar em andamento no Sistema Epitácio Pessoa, particularmente nas alocações negociadas de água. No entanto, o processo de observação revela lacunas, evidenciadas pela dificuldade em estabilizar a controvérsia e alinhar posições. Apesar disso, é possível identificar maneiras de aprimorar essa arena e transformar as alocações em uma ferramenta de cosmopolítica:

- Não negligenciar os corpos hídricos menores que fazem parte do sistema. Incluir os atores diretamente ligados a esses corpos hídricos pode fortalecer as respostas a crises hídricas que afetam o sistema como um todo.
- Ampliar o engajamento e participação do comitê de bacia hidrográfica na controvérsia. Essa instituição pode ajudar na construção de consensos e no fluxo de informações, como demonstrado em outras bacias hidrográficas brasileiras (Bouckaert *et al.*, 2020; Lemos *et al.*, 2020);
- Evitar a centralização da tomada de decisão e do conhecimento nos órgãos gestores. A centralização pode dificultar as ações de forma coletiva, o compartilhamento de informações e o engajamento de outros atores (Boelens *et al.*, 2015; Lemos *et al.*, 2020). É necessário assumir uma postura de descentralização e que incorpore capacidade de coordenação entre instituições e colaboração entre os atores humanos (Pahl-Wostl; Knieper, 2014).

5.5 Conclusões

As arenas para alocação de água são espaços onde podem surgir controvérsias sobre recursos hídricos e onde acontece a formação de redes de atores humanos e não humanos. Essa é uma constatação que se fez ao utilizar a TAR como suporte teórico para analisar o processo de alocação negociada de água em um sistema hídrico brasileiro. Portanto, uma contribuição das ciências sociais para analisar questões sobre recursos hídricos. A análise permitiu observar e descrever como a gestão e utilização da água se configuram como controvérsias, como os atores se organizam em rede e quais posicionamentos se destacam.

No SEP, a análise revelou a composição do sistema, incluindo atores humanos e não humanos, e as interações entre eles. Isso possibilitou discutir criticamente ausências institucionais relevantes, os posicionamentos dos atores, a falta de atenção a reservatórios menores e as relações de poder na rede. Essas informações são valiosas para aprimorar o sistema, servindo como um chamado para que a governança aborde os aspectos identificados. A superação das fragilidades identificadas pode ajudar a superar de maneira mais rápida crises hídricas, como as que acometeram esse sistema nas últimas duas décadas.

A identificação da controvérsia e todos os desdobramentos disso (identificar atores, redes e posicionamentos) ocorreu por meio da análise dos discursos de atores

em reuniões que ocorrem anualmente desde 2019. É importante ressaltar que essa controvérsia pode se manifestar de forma diferente em outras arenas de participação na governança da água ou em contextos mais amplos, fora de qualquer arena. Assim, outras aplicações com a TAR podem explorar entrevistas com atores que fazem parte desse sistema hídrico para verificar se os discursos variam e se emergem outras redes de atores.

Sugestões adicionais incluem integrar a observação e descrição da TAR com modelos da socio-hidrologia, seja para a tomada de decisão em alocações de água ou para a resolução de conflitos relacionados. Além disso, é necessário pensar coletivamente em outros sistemas e criar espaços que permitam alinhar as visões e posicionamentos dos diferentes atores nos sistemas hídricos, estabelecendo uma arena de governança capaz disso.

6. UTILIZAÇÃO DA INFRAESTRUTURA INSTITUCIONAL E PARTICIPATIVA PARA RESOLUÇÃO DE CONFLITOS PELO USO DA ÁGUA

6.1 Contextualização

Quando relacionados ao uso da água, os conflitos estão associados à escassez de recursos naturais e sociais. Assim, são conflitos de primeira ordem os derivados da escassez de recursos naturais e de segunda ordem os que são resultado da maneira como os recursos sociais são usados para lidar com a quantidade de recursos naturais (Ohlsson, 2000; Vieira; Ribeiro, 2010).

Diante dos cenários de incertezas e de estresses crônicos aos quais são submetidos os recursos hídricos, os conflitos pelo uso da água tendem a se intensificar. A governança da água tem um papel importante na resolução ou atenuação desses conflitos (Silva; Ribeiro, 2022; Studart *et al.*, 2021). Observando de outra maneira, os conflitos já instalados podem ser oportunidades para construir colaboração entre diferentes atores para aperfeiçoar as redes de governança (García; Hileman; Bodin, 2019).

Os conflitos pelo uso da água têm se intensificado em todo o planeta (Dinko, 2022). No Brasil, é importante destacar, não há um recenseamento formal dos conflitos pelo uso da água, portanto, esta informação não é expressa de maneira devida em nenhum sistema de informação do país. Há, no entanto, uma iniciativa da Comissão Pastoral da Terra (CPT), em tentar registrar esses conflitos. No ano de 2021 há registro de pelo menos 304 conflitos associados à água por motivos diversos, como poluição, diminuição de acesso e não cumprimento de procedimentos legais, afetando mais de 56 mil famílias (CPT, 2021). Mas esse número pode ser apenas uma pequena amostra do universo de conflitos pelo uso da água existentes no país, visto que, existe limitações para alcançar o quantitativo real. A diminuição na disponibilidade de água e uma distribuição desigual podem ser catalisadores para esses conflitos (Gunasekara *et al.*, 2014), mas instabilidades políticas, planejamentos setoriais discordantes e legislações desarmônicas também são causas (Dinko, 2022; Pedrosa, 2020).

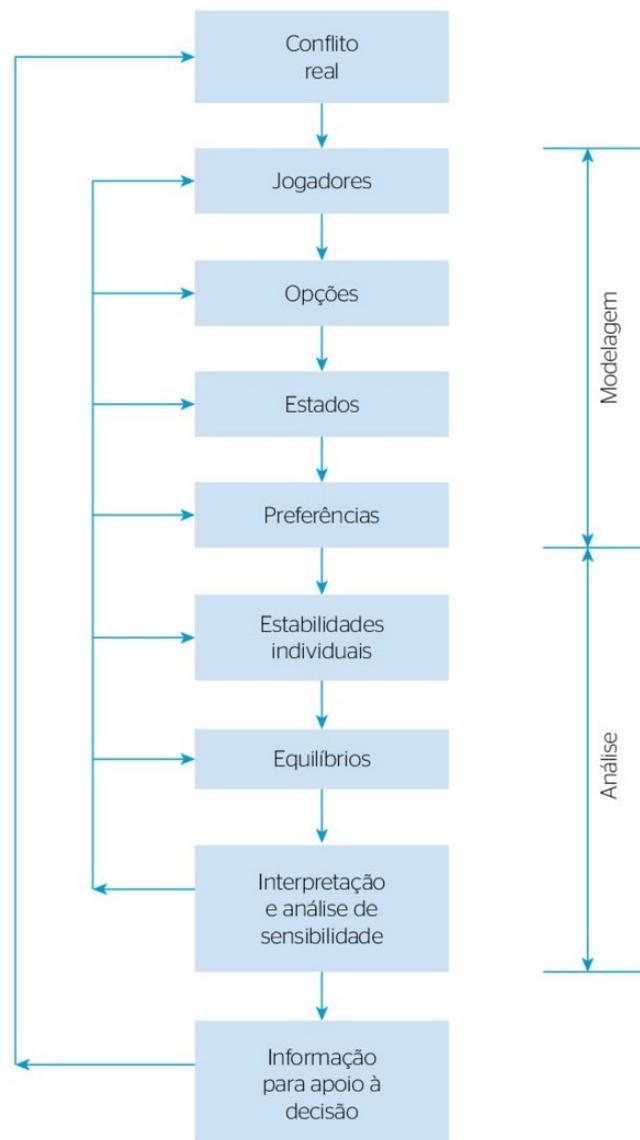
Resolver esses conflitos corresponde a uma tarefa que demanda conhecimento dos recursos naturais disponíveis temporal e espacialmente, mas também depende da disponibilidade de colaboração dos atores envolvidos (García; Hileman; Bodin, 2019) e de suas escolhas (Silva; Ribeiro, 2021b). Identificar os atores imersos nos conflitos, seus anseios e possibilidade de atuação para resolvê-los não é uma tarefa simples e, para isso, pode ser eficaz recorrer a métodos das ciências sociais, como a TAR aplicada no Capítulo 5.

Com esse conhecimento sobre os atores, é possível buscar caminhos adequados para resolver os conflitos pelo uso da água. A teoria dos jogos (Von Neumann; Morgenstern, 2004) contribui nesse sentido, pois é um ramo da matemática aplicada que simula interações para sistematizar e modelar um conflito a partir das informações sobre os atores. O Modelo Grafo para Resolução de Conflitos (Graph Model for Conflict Resolution – GMCR) é um sistema de apoio à decisão, consolidado, baseado na teoria dos jogos e amplamente utilizado para buscar uma solução adequada para conflitos (Fang *et al.*, 1993; 2003a; 2003b; Kinsara, 2014).

Após três décadas da concepção do GMCR, suas contribuições são muitas, assim como os aperfeiçoamentos que essa ferramenta recebeu (Hipel; Fang; Kilgour, 2019). A utilização do GMCR pode auxiliar positivamente na resolução de conflitos pelo uso de diferentes recursos naturais (Wu *et al.*, 2023; Aghmashhadi *et al.*, 2022; Yang *et al.*, 2022; Zhao *et al.*, 2022). No campo dos recursos hídricos, a literatura é abundante (Sabino *et al.*, 2024; Wu *et al.*, 2023; Vanda *et al.*, 2022; Bahrini; Riggs; Esmaili, 2021; Shahbaznezhad; Yousefi, 2021; Yang *et al.*, 2021; Wu; Xu; Kilgour, 2019; Yu *et al.*, 2015; Rufino; Vieira; Ribeiro, 2006).

Na Figura 19 é apresentado um fluxograma simplificado que oferece uma noção do funcionamento dessa ferramenta. Cada item é detalhado na Tabela 8. As ações e preferências dos atores são inseridas no GMCR como dados de entrada e, a partir disso, é possível identificar os melhores cenários de equilíbrio e estabilidade para solucionar um conflito (Veiga; Ribeiro, 2021).

Figura 19 – Fluxograma simplificado do funcionamento do GMCR



Fonte: Adaptado de Fang, Hipel e Kilgour (1993) por Guedes e Ribeiro (2016)

Como é necessário definir bem as preferências dos atores envolvidos nos conflitos, alguns autores buscam integrar outras metodologias ao GMCR com o intuito de aperfeiçoar esse sistema de apoio à decisão com informações mais precisas ou utilizar melhor os resultados obtidos a partir dele (Bahrini; Riggs; Esmaili, 2021; Vieira; Ribeiro, 2021; Wu; Xu; Kilgour, 2019). Mas ainda não é comum a utilização de ferramentas e teorias das ciências sociais baseadas nas ações dos indivíduos e instituições que compõem os sistemas de governança.

Tabela 8 – Descrição dos componentes do GMCR

Componente	Descrição
Jogador ou ator (i)	Compreende-se com ator cada indivíduo ou grupo de pessoas potencialmente beneficiadas ou prejudicadas pelas possíveis soluções do conflito, desde que possuam real poder de influenciar na solução deste.
Opção (o)	São as ações que cada ator pode tomar ou não em um conflito. No GMCR, a seleção ou não de uma opção é indicada como sim (S) ou não (N).
Estado (s)	É definido pela combinação das opções selecionadas pelos atores em um determinado estágio do conflito. Cada estado é indicado por um número, de 1 a k, sendo $k = 2^o$ o total de estados possíveis de ocorrer no conflito, os quais são representados por combinações de Y (sim, opção selecionada) e N (não, opção não selecionada).
Preferências	Cada jogador associa ao conjunto de estados possíveis no conflito um esquema de preferências. No decorrer do conflito, cada um tenta fazer com que o conflito evolua para os estados de sua maior preferência;
Vetor de preferências	Relaciona as preferências de um determinado ator a todos os estados possíveis do conflito.
Estabilidades individuais	São os estados estáveis para cada ator, conforme alguns critérios de estabilidade. Diz-se que um estado é estável para um dado ator quando não há influências para que este se desloque de forma unilateral, isto é, não desloque o conflito do estado em que se encontra para outro.
Movimento unilateral	É quando um jogador decide mover o conflito de um estado para outro pela mudança unilateral de estratégia. Isso ocorre quando o ator se move de um estado menos preferido para um mais preferido, também chamado de movimento de melhoria. Caso contrário, diz-se que houve uma piora estratégica.
Equilíbrio	É quando um estado é estável para todos os atores, podendo se tornar uma possível solução do conflito.
Crítérios de estabilidade	Relacionam critérios do comportamento humano ou social em uma situação de conflito, utilizados para verificar os estados mais estáveis para cada ator e os estados de equilíbrio que o conflito pode apresentar sob um dado critério de estabilidade.

Fonte: Adaptada de Guedes e Ribeiro (2016)

Os estudos que utilizam o GMCR para conflitos pelo uso da água no nível de bacia hidrográfica são encontrados com maior facilidade (Wu *et al.*, 2023; Bahrini; Riggs; Esmaeili, 2021; Shahbaznezhadfar; Yousefi, 2021; Rufino; Vieira; Ribeiro,

2006). No nível de sistema hídrico há o exemplo de Vanda *et al.* (2022), que busca uma melhor operação de um reservatório no Irã sob risco de contaminação.

A aplicação de Yu *et al.* (2015) apresenta a possibilidade de refinar a utilização do GMCR. Os autores utilizaram a versão mais atual da ferramenta na época (GMCR II) e integraram a noção de assimetrias de poder entre os atores envolvidos. Foi possível constatar que, ao considerar algum ator controlando as relações de poder, as soluções para um conflito podem ser alteradas. Hipel, Fang e Kilgour (2019) também colocam a inserção de lógicas de poder na utilização do GMCR como um avanço. Mas a definição de qual ator é mais poderoso em um sistema ainda é um aspecto a ser aperfeiçoado.

O GMCR passou a permitir resolução de conflitos mais complexos a partir da versão GMCR II, permitindo ser operado em ambiente Windows e levando em consideração a teoria do modelo descrita por Fang *et al.* (1993). O *software* foi atualizado por Kinsara (2014) para a versão GMCR+, que tem como grandes contribuições a visualização dos conflitos em diagramas e a presença do modelo inverso dos grafos. Com o modelo inverso é possível entender como a presença de mediadores pode modificar estrategicamente a resolução do conflito, definir como atingir o resultado desejável e definir as preferências entre as possíveis combinações para cada ator (Veiga; Ribeiro, 2021; Kinsara; Kilgour; Hipel, 2015).

Este capítulo tem como objetivo discutir soluções para o conflito hídrico no planejamento de água do SEP considerando a infraestrutura institucional disponível e o planejamento participativo através das alocações negociadas de água. A situação de crise do SEP submete esse sistema a momentos em que o conflito hídrico está em latência ou externalizado (Silva; Ribeiro, 2021b). Mas as discordâncias e problemas que existem sobre a utilização são suficientes para entender que o conflito continua sempre existindo e, portanto, são necessárias estratégias adequadas de planejamento para minimização ou resolução.

6.2 Metodologia

Neste capítulo a metodologia foi construída para buscar discutir os estados de equilíbrio para o conflito hídrico de planejamento existente no SEP (Etapa 1 da Figura 20) e para definir estratégias para chegar ao resultado mais desejável (Etapa 2 da Figura 20). Entende-se que as divergências quanto ao uso da água e a atuação dos órgãos envolvidos apontam para essa relação de conflito. Para a modelagem foi utilizado o GMCR+, *software* baseado na teoria dos jogos, para entender quais os cenários de estabilidade para o problema da maneira que os atores estão organizados no momento. Foi considerada a configuração atual da governança da água a qual o

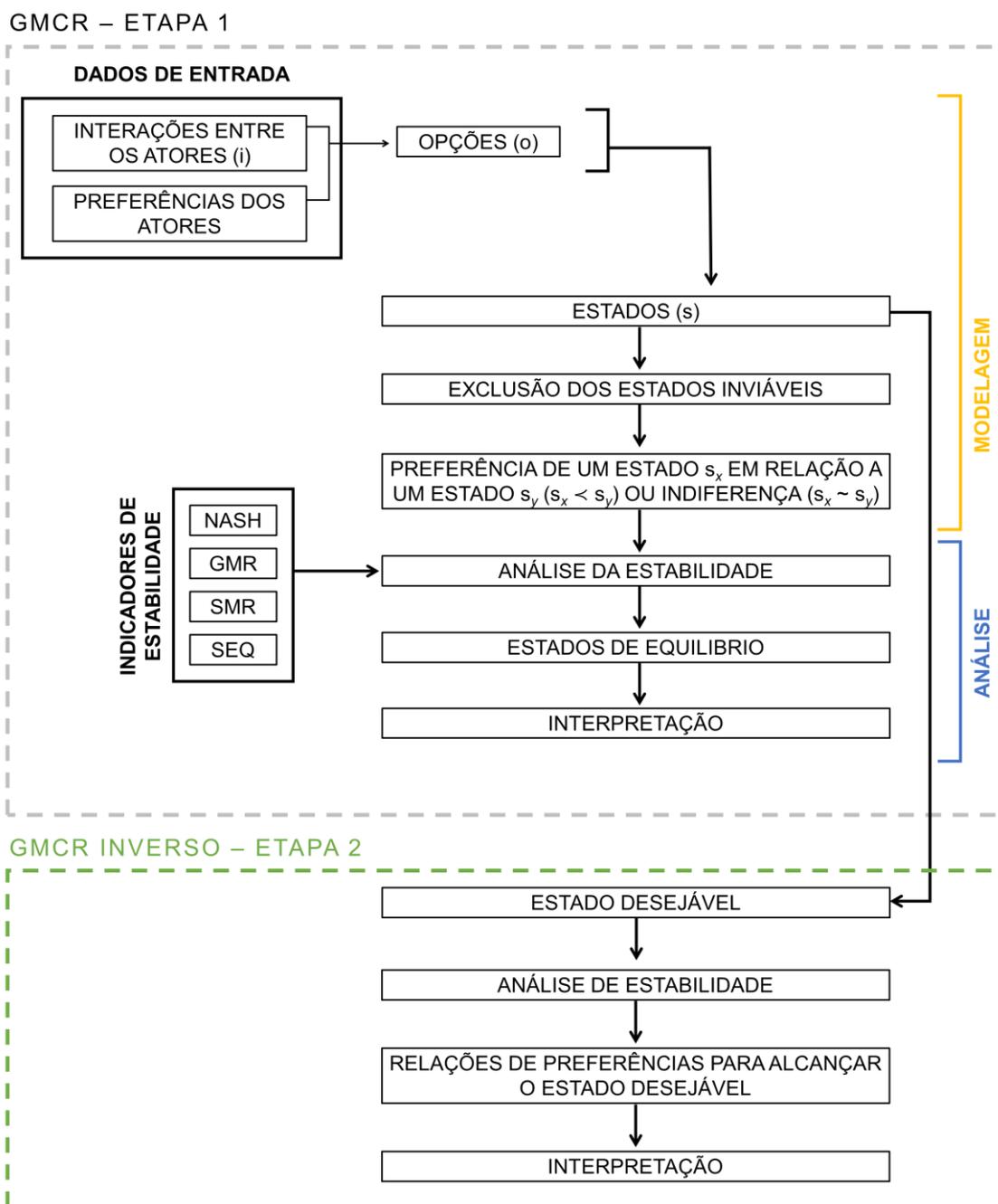
sistema está submetido, por isso a escala temporal de análise foi de 2019 até 2024, período em que passou a ocorrer as alocações negociadas de água no SEP.

No Capítulo 5 foram obtidos três tipos de informações que foram utilizadas para a modelagem neste capítulo: os atores humanos que estão inseridos no conflito, as ações e preferências desses atores que emergiram durante as alocações negociadas de água. As ações representam as opções (O) dos atores (i) dentro do conflito modelado no GMCR+, já as preferências indicam quais cenários tendem a ser mais preferíveis na situação atual. Outros conceitos necessários para compreender a utilização do GMCR+ como ferramenta estão listados na Tabela 8. O fluxograma da Figura 20 ilustra o processo de modelagem realizado.

Na Etapa 1 (Figura 20), após definir as opções de cada ator, foi possível obter o conjunto de estados, que são combinações das opções selecionadas (Y) ou não (N). Nem todo estado é realmente factível na prática, então foi analisado quais opções são excludentes, isto é, não faz sentido serem selecionadas simultaneamente para compor um estado. Esses estados inviáveis foram retirados da modelagem. Em seguida, foi definido para cada ator suas preferências no conflito. Isto significa que, a partir, das falas dos atores nos seis anos de alocações negociadas de água (2019-2024), estabeleceram-se critérios de preferências que ficaram evidentes por meio das posições expostas nas reuniões. Nesta pesquisa, as preferências são determinísticas, pois entende-se que as posições estão, de certa forma, consolidadas e claras. Foi utilizado o método de priorização de opções para cada ator envolvido, resultando em estados mais preferíveis em relação a outros (\prec) ou indiferentes (\sim). Após as etapas descritas, que compõem a modelagem do conflito, partiu-se para a análise de estabilidade para definir o(s) estado(s) de equilíbrio. Para esta finalidade foram utilizados quatro indicadores de estabilidade descritos na Tabela 9. Os estados de equilíbrio, cenários que podem indicar estabilização dentro de um conflito, foram apontados e interpretados. Esse tipo de modelagem e análise da Etapa 1 se baseia em uma análise de estabilidade estática (Han *et al.*, 2019).

A Etapa 2 (Figura 20), com o módulo inverso do GMCR+, envolve uma análise dinâmica (Han *et al.*, 2019). Primeiro, foi determinado um estado que se deseja alcançar e quais os indicadores de estabilidade que devem ser alcançados. Assim, foi possível visualizar as preferências necessárias para que este estado desejado seja alcançado. Isto é, o modelo apresenta quais estados devem se fazer preferíveis em relação aos outros para que o conflito apresente estabilidade no estado desejável. A partir dessa análise de possibilidades, foram elencadas algumas estratégias para que seja alcançada a ordem de preferências apontada pelo módulo inverso do GMCR+. Nessa etapa, o único dado de entrada é o estado a ser alcançado, todas as outras informações são as mesmas utilizadas na Etapa 1 (Figura 20).

Figura 20. Fluxograma para utilização do GMCR nesta pesquisa



Fonte: Baseado em Huang *et al.* (2023) e Kinsara, Kilgour e Hipel (2015)

Tabela 9. Indicadores de estabilidade utilizados

Indicador de estabilidade	Definição	Descrição
Nash	Um estado $s \in S$ é Nash estável para o ator $i \in N$ se, e somente se, $R_i^+(s) = \emptyset$.	Há estabilidade em Nash para um estado quando não há estados mais preferíveis que este para os quais um ator focal possa se mover

		unilateralmente. Este indicador tem uma capacidade baixa de prever o futuro de um conflito, isto é, os passos a diante.
Metarracionalidade Geral (GMR)	Um estado $s \in S$ é metarracional geral estável para o ator $i \in N$ se, e somente se, $\forall s_{s1} \in R_i^+(s)$, existe $s_2 \in R_j(s_1)$, tal que $s \succeq_i s_2$.	Situação de estabilidade em que para todo movimento de melhorias unilateral de um ator há algum movimento unilateral de resposta de outro ator. Este indicador tem uma capacidade média de prever o futuro de um conflito.
Metarracionalidade Simétrica (SMR)	Um estado $s \in S$ é simetricamente metarracional estável para o ator $i \in N$ se, e somente se, $\forall s_{s1} \in R_i^+(s)$, existe $s_2 \in R_j(s_1)$, tal que $s \succeq_i s_2$ e $s \succeq_i s_3$, $\forall s_{s3} \in R_i(s_2)$.	Esta estabilidade caracteriza um estado onde todas as possibilidades de melhorias unilaterais de um ator não podem ser estabelecidas, pois pode haver respostas de outro ator. Este indicador tem uma capacidade média de prever o futuro de um conflito.
Estabilidade Sequencial (SEQ)	Um estado $s \in S$ é metarracional geral estável para o ator $i \in N$ se, e somente se, $\forall s_{s1} \in R_i^+(s)$, existe $s_2 \in R_j^+(s_1)$, tal que $s \succeq_i s_2$.	Situação de estabilidade em que para todo movimento de melhorias unilateral de um ator há algum movimento de melhoria como resposta de outro ator. Este indicador tem uma capacidade média de prever o futuro de um conflito.
<p>Notação matemática:</p> <p>\succeq_i : um ator i prefere algo em detrimento a alguma outra coisa.</p> <p>\forall: quantificação universal, significado de “para todos”, “para qualquer” ou “para cada”.</p> <p>$R_i(s)$: conjunto dos estados alcançáveis pelo ator i em um único movimento.</p> <p>$R_i^+(s)$: conjunto dos movimentos de melhorias unilaterais para o ator i.</p>		

Fonte: Adaptada de Veiga e Ribeiro (2021), Kinsara, Kilgour e Hipel (2015) e Silva (2024)

6.3 Resultados

Neste capítulo foram considerados como atores com ações explícitas e evidentes no conflito de planejamento os órgãos gestores (coalizão formada pela ANA e AESA), os irrigantes e a CAGEPA como usuários de água. Cada um desses atores possui opções e interesses no planejamento discutido durante as alocações negociadas de água (Tabela 10).

A opção dos órgãos gestores na modelagem do conflito envolve garantir o cumprimento dos compromissos pelos quais são responsáveis ou que são de responsabilidade de outros atores. Ao longo das reuniões de alocações, entre 2019 e 2024, foram firmados compromissos de monitoramento, de regulação e outras ações; todas constam nos Termos de Alocação de Água. A CAGEPA, além de automonitorar as vazões retiradas e informar à ANA, deveria ter realizado mudanças na cota de captação de água no Reservatório Acauã para diminuir a dependência do Reservatório Epitácio Pessoa. Os dois usuários de água, CAGEPA e grupo dos irrigantes, sempre pleiteiam o aumento da vazão de água alocada.

Alguns atores descritos no Capítulo 5 não fizeram parte dessa modelagem, pois, apesar de possuírem algumas posições e preferências, não se mobilizam com ações claras para modificar o planejamento. O CBH-PB é uma instituição com poder para influenciar por meio de deliberações, por exemplo, o cumprimento dos acordos, mas a atuação dos representantes se restringe à defesa dos interesses da CAGEPA ou dos irrigantes. O mesmo ocorre com os representantes dos municípios. Já os órgãos de gerenciamento (DNOCS e SEIRH-PB) assumem a posição de sempre cumprir suas atribuições de operação da infraestrutura do sistema, por isso também não houve opções por parte desses órgãos que pudessem mobilizar de alguma forma o planejamento. Para o GMCR, constituem-se como atores para modelagem aqueles que possuem real poder de influenciar nos movimentos e solução do conflito.

Tabela 10 – Atores, opções e estados possíveis para o conflito de planejamento

Ator	Opções	Estados											
		S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆	S ₇	S ₈	S ₉	S ₁₀	S ₁₁	S ₁₂
Órgãos gestores	Garantir o cumprimento dos compromissos	N	N	N	Y	N	Y	N	N	N	Y	N	Y
CAGEPA	Aumentar a vazão de água alocada para o abastecimento público	N	Y	N	N	Y	Y	N	Y	N	N	Y	Y
	Cumprir os compromissos	N	N	Y	Y	Y	Y	N	N	Y	Y	Y	Y
Irrigantes	Aumentar a vazão de água alocada para a irrigação	N	N	N	N	N	N	Y	Y	Y	Y	Y	Y

“Y” significa “sim”/“aceitar” a opção e “N” significa “não”/“recusar” a opção.

Fonte: Elaborada pelo autor

Essa quantidade de opções, resultou em 16 estados, que combinam as opções selecionadas ou não pelos atores. Foram excluídos da modelagem quatro estados considerados inviáveis. Trata-se da simultaneidade entre os órgãos gestores “garantir

o cumprimento dos compromissos” e a CAGEPA não “cumprir os compromissos”. Restou para análise 12 estados possíveis, apresentados na Tabela 10.

As preferências de cada ator sobre cada situação de planejamento foram constatadas a partir das falas desses atores nas alocações negociadas de água e com isso foi possível gerar vetores de preferência entre os estados (Tabela 11). No Apêndice III são apresentados argumentos que fundamentam esses vetores e indicam como as preferências foram consideradas matematicamente para a construção da modelagem do conflito. Em suma, os estados mais preferíveis para os órgãos gestores envolvem o cumprimento dos compromissos, o aumento do volume alocado de água para a CAGEPA e o não aumento do volume de água alocado para os irrigantes; os usuários de água sempre preferem os estados que indicam o aumento do volume de água alocado; e os irrigantes têm preferência também pelo cumprimento dos compromissos, enquanto que para a CAGEPA esse não é um estado explicitamente desejável.

Tabela 11 – Vetores de preferência para os atores envolvidos no conflito

Ator	Vetor de preferência
Órgãos gestores	$s_6 < s_4 < s_{12} < s_{10} < [s_2 \sim s_5] < [s_1 \sim s_3] < [s_8 \sim s_{11}] < [s_7 \sim s_9]$
CAGEPA	$[s_2 \sim s_8] < [s_5 \sim s_6 \sim s_{11} \sim s_{12}] < [s_1 \sim s_7] < [s_3 \sim s_4 \sim s_9 \sim s_{10}]$
Irrigantes	$s_{12} < s_{10} < s_{11} < s_9 < s_8 < s_7 < [s_1 \sim s_3 \sim s_4] < [s_2 \sim s_5 \sim s_6]$
Legenda: $s_x < s_y$: estado s_x preferível em relação ao estado s_y $s_x \sim s_y$: indiferente a preferência entre os estados s_x e s_y	

Fonte: Elaborada pelo autor

Baseados nos quatro indicadores de estabilidade (Tabela 9), foram avaliados quais os estados que apresentam algum equilíbrio para o conflito, isto é, estados que quando alcançados os atores preferem não se mover para outro. Como apresentado na Tabela 12, os estados s_8 e s_{12} foram os únicos que alcançaram equilíbrio para todos os indicadores. Esse resultado demonstra que, somente com esses dois cenários e com as posições da forma como se encontram, o conflito entre os atores estaria estabilizado. O estado s_8 significa que os órgãos gestores não garantiriam o cumprimento dos compromissos, que a CAGEPA não cumpriria os compromissos e seriam permitidos aumentos nas vazões de água alocadas para os dois usuários. O estado s_{12} também indica aumento das vazões de água alocadas, mas com o cumprimento dos compromissos, portanto, menos crítico.

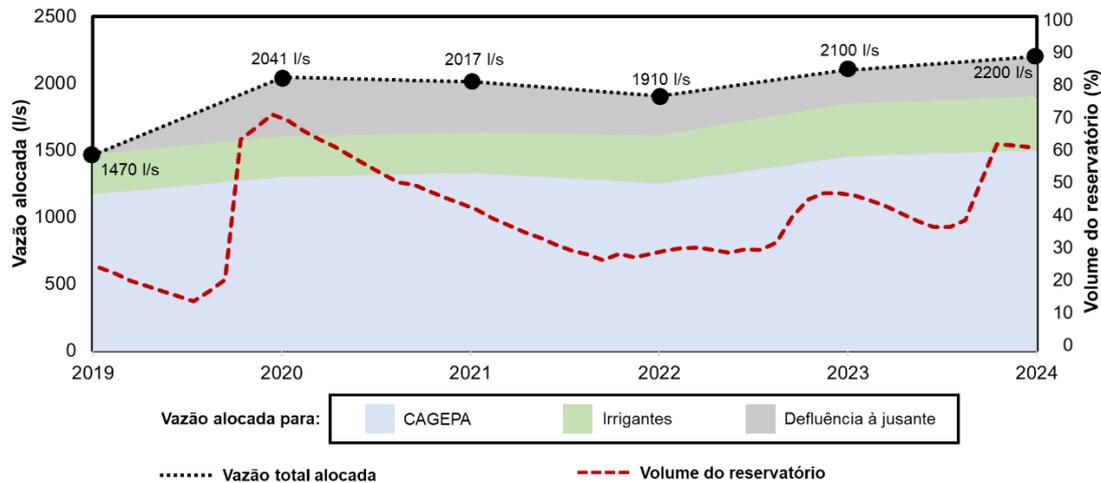
Tabela 12 – Resultados da análise de estabilidade

Estados	Indicadores de estabilidade			
	Nash	GMR	SEQ	SMR
S1				
S2				
S3				
S4				
S5				
S6				
S7				
S8	✓	✓	✓	✓
S9				
S10				
S11				
S12	✓	✓	✓	✓
✓ significa que o indicador de estabilidade foi alcançado				

Fonte: Elaborada pelo autor

A indicação de que só há estabilidade no conflito com o atendimento ao aumento das demandas de consumo é um motivo para haver preocupação. Em uma análise de sensibilidade com a realidade percebe-se que esta é uma tendência no SEP desde 2019, com o início das alocações negociadas de água, como mostra a Figura 21. Durante esse período, o volume de armazenamento do reservatório variou entre 15% e 70% do volume total de armazenamento e o aporte do PISF apresentou valores bastante variáveis, por exemplo, uma vazão de aporte de 940 l/s em 2023 e 4118 l/s em 2024. Isso demonstra que, mesmo com volume de armazenamento e vazões afluentes muito variáveis, o total de vazões alocadas não responde com a mesma intensidade.

Figura 21 – Histórico de vazões alocadas e do volume armazenado no Reservatório Epitácio Pessoa



Fonte: Elaborada pelo autor

Todos os indicadores de estabilidade indicam que ao atingir os estados s_8 e s_{12} , não há nenhum movimento de melhoria unilateral para os atores (indicador Nash). O indicador de Nash é o mais restritivo, o que significa que quando ele é atingido, todos os outros também são. Os outros indicadores também indicam que: qualquer movimento de resposta dos órgãos gestores, CAGEPA ou irrigantes aos movimentos de melhoria, é menos preferíveis que estes movimentos (indicador GMR); pode haver respostas de outros atores que tornem os movimentos unilaterais para outros estados menos preferíveis (indicador SMR); e os movimentos de melhoria para algum dos três atores, seriam acompanhados de outro movimento de melhoria de outro ator e isso resultaria em uma situação de menor preferência (indicador SEQ).

É evidente, que a estabilização do conflito entre os atores dessa forma pode levar, com o tempo, à superexploração do reservatório e a cenários de crise hídrica, como a que ocorreu entre 2012 e 2017, isto porque a região continua suscetível aos fenômenos de secas (Monitor de Secas, 2024). Além disso, qualquer aumento do volume de água alocado deve ser precedido de maneiras de racionalizar os usos para que esta prática esteja em consonância com a Política Nacional de Recursos Hídricos (Brasil, 1997). Durante a última crise hídrica, a CAGEPA executou um programa eficiente de redução de perdas de água na distribuição, alcançando patamares da ordem de 20% (Menezes; Souza, 2019). Os irrigantes têm buscado maneiras de tornar as medidas para agricultura mais eficientes, utilizando alternativas como microaspersão e gotejamento, como fica evidente nas alocações negociadas de água. Ainda assim, é preciso investigar se todas as medidas cabíveis foram tomadas e se existe capacidade de ampliação das demandas.

ele), não há incentivos ou barreiras que façam ele se tornar preferível para a CAGEPA e para os irrigantes.

Diante disso, o conflito foi modelado através do GMCR inverso para compreender que caminhos podem ser adotados para que o estado s_4 apresente algum tipo de estabilidade. A Tabela 13 resume esses possíveis caminhos. Para atingir estabilidade em SEQ, as estratégias são menos criteriosas que nos demais indicadores e envolve, basicamente, não demandar aumento na vazão alocada para si enquanto outro usuário faz essa demanda, e os órgãos gestores continuam preferindo que os compromissos sejam cumpridos. Para atingir estabilidade em GMR, ao mesmo tempo em que um usuário não deve demandar aumento da vazão alocada, ele deve ser, enfaticamente, contrário ao aumento da vazão para o outro usuário. Para atingir estabilidade em Nash, os órgãos gestores devem garantir o cumprimento dos compromissos e os usuários de água não devem demandar o aumento da vazão de água alocada. Dessa forma, percebe-se a dificuldade de atingir o s_4 sem que sejam adotadas estratégias para mudar as preferências dos usuários de água. Essa mudança pode se dar através da atuação da infraestrutura institucional do próprio SEP, caso ela funcione adequadamente, como discutido a seguir.

Tabela 13 – Estratégias para alcançar estabilidade no estado s_4

Indicador de estabilidade	Estratégias	Interpretações
Nash	Para os órgãos gestores, s_4 deve ser mais preferível que s_3 .	Os órgãos gestores devem preferir que os compromissos sejam cumpridos. Esta estratégia é uma preferência desses atores.
	Para a CAGEPA, s_4 deve ser mais preferível que s_6 .	É preciso adotar mecanismos para que a CAGEPA assuma o papel de tornar a distribuição de água mais racional e não demande aumentos sucessivos nos volumes de retirada de água do reservatório.
	Para os irrigantes, s_4 deve ser mais preferível que s_{10} .	É preciso assumir mecanismos de conscientização para que os irrigantes assumam uma preocupação maior com a situação do reservatório, não demandando mais água do que determina o Marco Regulatório (ANA; AESA, 2022) para estes usuários, 400 l/s.
GMR	Para os órgãos gestores, s_4 deve ser mais preferível que s_3 OU algum dos estados	Na configuração atual, os estados s_1 , s_2 , s_5 e s_9 já são menos preferíveis, pois os órgãos gestores tem interesse em que os compromissos sejam cumpridos.

	<p>s_1, s_2, s_5 e s_9 deve ser menos preferível que s_4.</p>	
	<p>Para a CAGEPA, s_4 deve ser mais preferível que s_6 OU pelo menos o s_{12} ou o s_5 deve ser menos preferível que o s_4.</p>	<p>Para que s_{12} ou o s_5 seja menos preferível que o s_4 é preciso, principalmente, que a CAGEPA não demande acréscimos sucessivos no volume de água alocado e que, enfaticamente, seja contrária ao aumento do volume de água alocado para os irrigantes.</p>
	<p>Para os irrigantes, s_4 deve ser mais preferível que s_{10} OU pelo menos o s_9 ou o s_{12} deve ser menos preferível do que o s_4.</p>	<p>Para que o s_9 ou o s_{12} seja menos preferível que o s_4 é preciso, principalmente, que os irrigantes não demandem acréscimos sucessivos no volume de água alocado e que, enfaticamente, sejam contrários ao aumento do volume de água alocado para CAGEPA.</p>
SEQ	<p>Para os órgãos gestores, s_4 deve ser mais preferível que s_3 OU se s_1 for mais preferível que s_3 pela CAGEPA, s_1 deve ser menos preferível que s_4 pelos órgãos gestores OU se s_2 for mais preferível que s_3 pela CAGEPA, s_2 deve ser menos preferível que s_4 para os órgãos gestores OU se s_5 for mais preferível que s_3 pela CAGEPA, s_5 deve ser menos preferível que s_4 para os órgãos gestores OU se s_9 for mais preferível que s_3 pelos irrigantes, s_9 deve ser menos preferível que s_4 para os órgãos gestores.</p>	<p>Na configuração atual, as condições são atendidas.</p>
	<p>Para a CAGEPA, s_4 deve ser mais preferível que s_6 OU se s_5 for mais preferível que s_6 pelos órgãos gestores, s_5 deve ser menos preferível do que s_4 para a CAGEPA OU se s_{12} for mais preferível do que s_6 pelos irrigantes, s_{12} deve</p>	<p>Uma das estratégias envolve os órgãos gestores não garantir o cumprimento dos compromissos e, simultaneamente, a CAGEPA não solicitar aumento no volume de água alocado. É importante que os órgãos gestores prezem pelo cumprimento dos compromissos, tornando esta uma estratégia que não beneficiaria o reservatório.</p>

	ser menos preferível do s_4 para a CAGEPA.	Outra estratégia, e esta mais viável, seria que ao mesmo tempo que os irrigantes demandem o aumento do volume de água alocado, a CAGEPA não fizesse o mesmo. Dessa forma, seria possível atingir esse tipo de equilíbrio.
	Para os irrigantes, s_4 deve ser mais preferível que s_{10} OU se s_9 for mais preferível do que o s_{10} para os órgãos gestores, s_9 deve ser menos preferível do que o s_4 para os irrigantes OU se s_{12} for mais preferível do que s_{10} para a CAGEPA, s_{12} deve ser menos preferível que s_4 para os irrigantes.	Uma das estratégias envolve os órgãos gestores não garantir o cumprimento dos compromissos e, simultaneamente, os irrigantes não solicitar aumento no volume de água alocado. É importante que os órgãos gestores prezem pelo cumprimento dos compromissos, tornando esta uma estratégia que não beneficiaria o reservatório. Outra estratégia, e esta mais viável, seria ao mesmo tempo que a CAGEPA demande o aumento do volume de água alocado, os irrigantes não fizessem o mesmo. Dessa forma, seria possível atingir esse tipo de equilíbrio.

Fonte: Elaborada pelo autor

6.4 Discussão

Um aspecto importante para discussão é a tendência de aumento da vazão alocada e, diante disso, é preciso fazer alguns apontamentos. Nas reuniões de alocação negociada de água essas vazões nunca são confrontadas publicamente com a vazão máxima outorgável para o Reservatório Epitácio Pessoa. Na Paraíba, o Decreto Estadual nº 19.260 de 1997, regulamenta que a vazão máxima outorgável deve ser 90% da vazão com 90% de garantia (Q_{90}). Além disso, tratando-se de lagos territoriais ou de lagoas, o limite previsto deve ser reduzido para 1/3 da Q_{90} . A regra para os lagos e lagoas nunca foi considerada de fato pelos órgãos gestores, assumindo sempre 90% da Q_{90} . Apesar de ser um decreto estadual e as águas armazenadas serem de domínio da União, há entendimento de que essa regra de outorga deve ser considerada por estar em uma bacia estadual. O mesmo ocorre com a implementação da cobrança no reservatório, que considera valores estabelecidos para a bacia (Resolução ANA nº 98 de 2021). O Plano Estadual de Recursos Hídricos (Paraíba, 2022) determina que a Q_{90} para o Reservatório Epitácio Pessoa é de 2.530 l/s. Já o Estudo Reservatórios do Semiárido Brasileiro da ANA assume um valor de 3.440 l/s para a Q_{90} (ANA, 2017). O plano da bacia está em processo de elaboração, mas os estudos hidrológicos

já publicados (Cobrape, 2024) consideram a vazão de regularização para o Reservatório Epitácio Pessoa com o valor de 2.891,8 l/s. Dessa forma, seguindo o recomendado pelo decreto estadual, a vazão máxima outorgável varia entre 2.277 l/s e 3.096 l/s.

Diante desses valores, em nenhum Termo de Alocação de Água foi alocado um montante maior, mas é preciso assumir cautela quanto a essas vazões. A versão anterior do plano estadual, de 2006, determinava uma vazão de regularização da ordem de 1.230 l/s e, mesmo com esse valor bem inferior, o reservatório não conseguiria passar adequadamente pela última crise hídrica (Rêgo *et al.*, 2017). Além de ser preciso analisar as diferenças entre as vazões de regularizações do SEP (dados antigos e mais recentes), também é preciso diminuir a incerteza representada por valores tão distintos. O SEP é um sistema importante para a segurança hídrica da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba e essa incerteza pode afetar negativamente o planejamento realizado, pois pode levar a uma superexploração caso os valores não estejam sendo obtidos de maneira que represente adequadamente a realidade hidrológica do sistema. O primeiro princípio enunciado por Elinor Ostrom para a governança de recursos de uso comum é ter os limites claramente definidos (Ostrom, 1990); logo, se isso não é feito de maneira adequada, aumenta as chances de falha no atendimento das demandas e a própria sustentabilidade do sistema em questão.

O marco regulatório discutido coletivamente e aprovado em 2022 (ANA; AESA, 2022) apresenta valores máximos para as vazões alocadas para cada finalidade. De acordo com esse ato de regulamentação, o uso para abastecimento público, através das adutoras da CAGEPA para Campina Grande, Boqueirão e Cariri, tem a vazão máxima permitida de 1.450 l/s, o que significa que ainda em 2024 o Termo de Alocação de Água descumpra essa diretriz ao permitir retiradas de 1.500 l/s por parte da CAGEPA. Em alguns meses, como em outubro e novembro de 2024, essa companhia de abastecimento tem retirado valores superiores a este, ultrapassando os 1.600 l/s. Não houve nenhuma mobilização por parte dos órgãos gestores, do CBH-PB ou da própria comissão de acompanhamento da alocação sobre essas ações. Isto aponta para o caminho de estabilização do conflito resultante na modelagem realizada. A comissão de acompanhamento da alocação demonstra pouca atuação para garantir que o cumprimento dos acordos seja efetivado, não sendo um grupo forte de atores para guiar a gestão dos sistemas hídricos, como acontece no Ceará com as comissões gestoras de açudes, por exemplo (Souza Filho, 2022a; 2022b).

Talvez essa ausência do CBH-PB, não somente sobre as retiradas da CAGEPA, mas em definir ações concretas no conflito como um todo, seja um dos aspectos que mais carecem de aperfeiçoamento. Os comitês de bacia são entes importantes da infraestrutura institucional na governança da água. Como discutido no Capítulo 5 e

apresentado no Apêndice II, o CBH-PB não discute de maneira enfática as questões das alocações negociadas de água em suas reuniões, isso colabora para a ausência de reação e posições dessa instituição durante as negociações. Outras experiências demonstram o protagonismo dos comitês de bacia, sendo as mais evidentes e exitosas os exemplos do Estado do Ceará, onde as alocações ocorrem dentro dessas instituições, inclusive nos reservatórios que contêm águas de domínio da União. Souza Filho (2022a, 2022b) explica o histórico desse processo e como a presença dos comitês há mais de vinte anos está atrelada ao desenvolvimento das alocações negociadas de água. Nesse caso, os órgãos gestores estadual e nacional e outras entidades (como a COGERH) funcionam como suporte técnico para orientar a tomada de decisão, mas é a participação dos atores dos comitês ou interessados externos que controlam os resultados. O fato de as alocações ocorrerem no comitê é o que confere legitimidade, sustentabilidade e equidade no processo (Souza Filho, 2022b).

Outros estados têm estruturas de alocação de água que centralizam o processo de mediação da negociação nos órgãos gestores estaduais, como Pernambuco (usando a infraestrutura da Agência Pernambucana de Águas e Climas – APAC), o Rio Grande do Norte (usando a infraestrutura do Instituto de Gestão das Águas – IGARN) e a própria Paraíba (usando a infraestrutura da AESA). Aqui, a tentativa não é assumir que o modelo centralizado no comitê é mais adequado que estes que se apoiam nos órgãos gestores ou vice-versa, mas demonstrar que em alguns casos os comitês de bacia assumem suas atribuições e isso tende a impactar positivamente o planejamento e, portanto, o cenário de conflitos. Situação diferente do que foi constatado no SEP, em que a ausência do comitê de bacia para a sustentabilidade de reservatórios estratégicos tem guiado o SEP para cenários que podem indicar superexploração e não cumprimento de estratégias de gestão.

A ANA possui mecanismos legais para garantir o cumprimento de atos normativos em sistemas hídricos de dominialidade da União e esses mecanismos não têm sido adotados no conflito analisado. A Resolução ANA nº 24 de 2020 estabelece procedimentos de fiscalização e punição para infrações, como desrespeitar as condições estabelecidas na outorga. Nesta resolução há uma série de instrumentos de fiscalização que podem ser aplicados, por exemplo, notificação, auto de infração, relatório de cumprimento de condicionante e protocolo de compromisso. As penalidades envolvem advertências, multas e embargos provisórios e definitivos. As vazões alocadas nos Termos de Alocação de Água podem ser vistas como ajustes nas outorgas e o descumprimento desse instrumento precisa ser observado com atenção.

Percebe-se que o conflito modelado no SEP se baseia na exploração do reservatório e cumprimento dos compromissos, mas que não são incluídas ações que indicam mecanismos de punição (como discutido acima), persuasão e premiação.

Wang *et al.* (2024) e Yang *et al.* (2021) ao analisar conflitos envolvendo infraestruturas de transposição de água, mostram que estratégias para punir, persuadir e premiar atores para cooperar na resolução das tensões têm impacto na estabilização dos conflitos. Huang *et al.* (2023) também demonstra que compensar um ator por não optar pela decisão mais benéfica individualmente também pode ser uma opção. As ações dos órgãos gestores, baseadas em mecanismos de fiscalização e punição, poderiam garantir o cumprimento dos compromissos e a aplicação da outorga de maneira devida. Assim, é necessário pensar em estratégias que possam ser adotadas por esses atores e por outros, como o comitê de bacia, para mobilizar soluções para o conflito de planejamento do SEP, visando cenários mais sustentáveis. Esta deve ser uma forma de utilizar a infraestrutura institucional da governança da água para benefício dos sistemas hídricos.

6.5 Conclusões

A forma como os atores se organiza e age para o planejamento do SEP não o direciona para um cenário sustentável e com capacidade de diminuir a possibilidade de crises hídricas. A modelagem e análise realizada com o suporte do GMCR indica isso e que, mesmo sendo uma interessante arena participativa de planejamento (como discutido no Capítulo 4), as alocações negociadas de água não oferecem, sozinhas, a garantia de que os sistemas hídricos consigam resolver ou minimizar os conflitos com as soluções mais apropriadas. Para que isso seja possível, é necessária uma infraestrutura institucional sólida, ciente das suas atribuições e ferramentas. No caso do SEP, essa infraestrutura deve incluir, principalmente, os órgãos gestores e o comitê de bacia. Com o GMCR inverso foi possível definir algumas estratégias que indicam para esses atores algumas possibilidades para alcançar cenários mais sustentáveis, o que inclui o cumprimento de compromissos de gestão e a utilização racional dos recursos hídricos disponíveis.

A modelagem realizada no GMCR pode ser aperfeiçoada em outras pesquisas. Aqui foram utilizadas preferências determinísticas definidas a partir do acompanhamento das falas dos atores em seis anos de reuniões de alocações negociadas de água, mas há a possibilidade de explorar também o contato direto com atores e utilizar preferências probabilísticas (Rêgo; Vieira, 2021), incertas (Li *et al.*, 2024) ou fuzzy (Bashar; Kilgour; Hipel, 2012; Yu; Deng, 2024). Há oportunidade de modelar o conflito com a presença hipotética de ações do comitê e outras ações dos órgãos gestores, permitindo analisar se e como os resultados se modificariam.

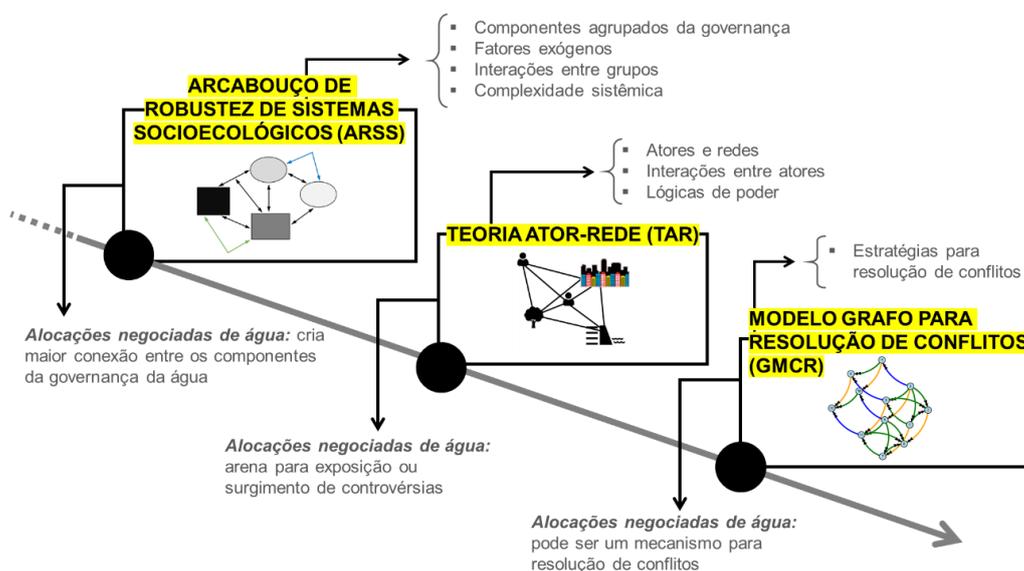
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta seção discutirá inicialmente as conexões entre a proposta metodológica e como as ferramentas se integram para permitir uma análise ampla da governança da água. Após isso, serão expostos aspectos sobre o estudo de caso, para que diretrizes de aperfeiçoamento sejam apresentadas.

7.1 Arcabouço metodológico proposto

Nesse texto foi proposto integrar diferentes ferramentas metodológicas de áreas distintas e cada uma contribuiu com achados para análise da governança da água (Figura 23). O ARSS, que surge das ciências econômica e política e das aplicações na ecologia e engenharia, possibilitou uma visão mais ampla do sistema, sendo um primeiro exercício para caracterizar componentes sociais e ecológicos, fatores exógenos de impacto e como os componentes sistêmicos se relacionam em um quadro de governança. A TAR, que é uma teoria das ciências sociais, permitiu detalhar as relações existentes e particularizar os atores humanos e não-humanos que formam esse sistema hídrico e que antes estavam agrupados no ARSS. Além disso, o uso dessa teoria ajudou a compreender a formação de redes a partir das interações ou ausência de interações e de lógicas de poder que permeiam as arenas de planejamento. Por último, usando resultados obtidos através da TAR, foi possível modelar o conflito existente com o GMCR, permitindo analisar soluções para estabilizar as discordâncias entre os atores envolvidos e estratégias para mitigar cenários de crises hídricas no sistema analisado.

Figura 23 – Arcabouço metodológico proposto e resultados obtidos por cada ferramenta



Fonte: Elaborada pelo autor

Percebe-se que existe uma sequência na utilização dessas ferramentas. A ideia é que o desenvolvimento do conhecimento sistêmico tenha início com aspectos mais amplos e possa ser detalhado nas etapas seguintes, até que seja possível definir estratégias para o futuro. Dessa maneira, a análise da governança da água enxerga aspectos estruturais das dimensões social e ecológica (usando o ARSS), particulariza esses aspectos através das interações (usando a TAR) e, com esse conhecimento, permite modelar soluções que envolvem a infraestrutura institucional e os usuários de água (usando o GMCR).

É importante destacar que existe a possibilidade de que essas ferramentas possam ser substituídas por outras que forneçam resultados semelhantes ou complementares; assim como também é possível adicionar outras ferramentas para ampliar a análise ou oferecer outras respostas para o aperfeiçoamento dos sistemas hídricos. De modo que o arcabouço metodológico proposto não tem a pretensão de ser absoluto e definitivo na análise da governança da água.

Apesar de a aplicação do arcabouço metodológico proposto ter se dado em nível de sistema hídrico, ele pode ser utilizado para análise da governança da água em outros níveis de planejamento, como a bacia hidrográfica e os Estados federados. Isso significa que outras arenas de participação podem ser acompanhadas como as alocações negociadas de água foram para esta pesquisa, por exemplo, os comitês para as bacias hidrográficas e os conselhos estaduais de recursos hídricos para os Estados.

Com o desenvolvimento desta pesquisa foi possível notar aproximações entre as ferramentas. Assim como o ARSS divide os componentes de um sistema nas dimensões social e ecológica, a TAR entende que os atores podem ser humanos ou não-humanos e o que confere essa condição é a capacidade de interação para formar redes de conexões. Para a TAR existe a ideia de estabilização de uma controvérsia, que é quando as divergências são alinhadas para que exista consenso entre os atores; esse entendimento se assemelha aos estados de equilíbrio alcançados matematicamente através do GMCR, que indicam uma posição de estabilidade e maior chance de que haja consenso em um conflito. Nas três ferramentas é possível fazer representações gráficas através da teoria dos grafos, isto é, com o uso de arestas e vértices. No ARSS os componentes de um sistema socioecológico e as conexões entre eles são, respectivamente, vértices e arestas; na TAR são os atores e as interações; enquanto no GMCR são os diferentes cenários para um conflito e os deslocamentos de um ator de um cenário para outro.

Uma das fragilidades que pode envolver o uso desse arcabouço metodológico proposto é o possível excesso de pessoalidade. Sobre isso, é preciso deixar claro que não está sendo defendido aqui que se busque a ausência da visão de um ou mais

analistas sobre os dados que dão suporte a utilização dessas ferramentas ou um total distanciamento dos assuntos a serem discutidos por parte dos usuários. Mas que a utilização desse arcabouço seja pautada em técnicas apropriadas de análise documental, boas práticas de observação participante e métodos de análise quali-quantitativa de frequência (como o Iramuteq utilizado no Capítulo 5).

Uma possível dificuldade em utilizar o arcabouço metodológico proposto está relacionada ao tempo necessário para compreender e utilizar de forma adequada as diferentes ferramentas que compõem a metodologia, principalmente, por serem de áreas distintas. Além disso, ao analisar sistemas hídricos a partir das arenas de participação, é fundamental um acompanhamento contínuo e prolongado dessas arenas, dado que os processos de governança da água muitas vezes ocorrem através de longos períodos e estão sujeitos a dinâmicas complexas e em constante mudança. Esse acompanhamento prolongado impõe uma carga temporal significativa, o que pode ser um desafio, tanto do ponto de vista logístico quanto do ponto de vista da análise. A necessidade de coletar dados de diferentes momentos e em contextos variados também implica desafios no manejo da informação, exigindo um esforço adicional para garantir a consistência e a representatividade dos dados ao longo do tempo. Mas acredita-se que este seja um aspecto de dificuldade em comum com as pesquisas que se dedicam a explorar a governança da água. Então, o arcabouço metodológico proposto pode ser uma interessante ferramenta de autoanálise do sistema.

7.2 O Sistema Epitácio Pessoa (SEP)

O SEP mostrou-se como um sistema mais robusto se comparado à sua composição durante a última crise hídrica (2012-2017). Isso se deve aos avanços na governança, que indicam a possibilidade de lidar melhor com possíveis estresses exógenos, como as secas. Mas ao mesmo tempo que parece mais robusto, apresenta uma rede entre atores que mostra pouca atuação institucional do CBH-PB e dinâmicas de poder que podem fragilizar os acordos discutidos. Isso demonstra que um sistema hídrico, mesmo com composição robusta (existência de órgãos importantes e ferramentas de planejamento), pode ter uma infraestrutura institucional atuando de maneira frágil para resolver problemas durante os momentos em que a quantidade de água disponível não indique déficit.

É preciso definir estratégias para que o SEP seja robusto e, simultaneamente, apresente uma rede entre atores capaz de solucionar impasses mesmo em períodos de normalidade de armazenamento. Assim, consegue-se fazer uso de medidas para responder às crises quando necessário e conseguir fortalecer, constantemente, o comprometimento pela sustentabilidade hídrica e os papéis de cada ator para isto.

Ao fim das análises é possível pensar nas alocações negociadas de água como uma arena para tornar os sistemas hídricos mais robustos e fortalecer as redes entre atores. A Figura 24 dá um indicativo disso ao mostrar o que cada ferramenta utilizada permitiu compreender sobre as alocações. Essa arena pode ser favorável a um planejamento que considere melhor a conexão entre os diferentes componentes sociais e ecológicos de um sistema, expor controvérsias sobre a gestão de recursos hídricos e ser um espaço para que essas controvérsias sejam alinhadas para permitir a resolução ou minimização de conflitos pelo uso da água. Mas a simples existência desse tipo de planejamento participativo não é garantia para solucionar todos os problemas, como foi demonstrado no SEP. É preciso engajamento de todos os atores, diminuir as assimetrias de poder e não perder de vista o fato de que um sistema hídrico não está isolado, ele faz parte de uma bacia hidrográfica.

Ao analisar um sistema hídrico formado por reservatório, percebeu-se a necessidade de que os comitês de bacia atuem como articuladores entre o nível local e de bacia hidrográfica, de modo que a integração entre esses níveis de planejamento ocorra de maneira adequada. Isso é essencial, visto que a bacia hidrográfica é a unidade territorial para a implementação da PNRH. Logo, não adianta pensar na consolidação da governança da água de um sistema hídrico local apenas isoladamente, desconsiderando discussões e soluções na bacia hidrográfica, por exemplo, a implementação de instrumentos de gestão que ocorrem neste nível, como os planos de bacia, critérios de cobrança e os sistemas de informações sobre recursos hídricos. São com atores representando o comitê nas alocações negociadas de água que a comunicação deve ser facilitada entre sistemas hídricos a jusante e a montante. Além disso, o comitê de bacia é uma arena essencial para permitir a ampla participação dos municípios, a defesa de seus interesses e a possibilidade de compromissos. Sem a presença dessa instituição para garantir essas ações, cria-se um vácuo institucional para medidas envolvendo integração e participação ampla, além de poder centralizar o processo de planejamento nos órgãos gestores.

Por fim, são algumas recomendações para o aperfeiçoamento do SEP:

1. É preciso integrar melhor o processo de alocação negociada de água com os instrumentos de gestão. Esse processo é também uma ferramenta para ajustes nas vazões outorgadas, mas isto precisa ficar claro para todos os atores, assim como as vigências das outorgas e vazão máxima outorgável. Maior transparência nas informações que baseiam o planejamento pode tornar o processo mais aceito.

2. Devem ser adotadas medidas para diminuir incertezas sobre os limites de utilização do SEP, sobretudo a vazão de regularização do reservatório. Adotar dados que não representem a realidade pode fragilizar o sistema. Assim, os órgãos gestores e outras entidades envolvidas na governança da água do SEP e da Bacia

Hidrográfica do Rio Paraíba devem discutir e buscar consenso sobre os dados. Para isso, recomenda-se consultar e envolver grupos de pesquisa que se dedicam a entender as particularidades da hidrologia do semiárido, como o processo de açudagem, o forte impacto da evapotranspiração, as mudanças no uso do solo e a hidrogeologia.

3. A CAGEPA é o maior usuário de água do SEP e precisa se comprometer com o processo de planejamento apoiado nas reuniões de alocação negociada de água. Devem ser cumpridos os acordos, a devida participação nas reuniões e retirar do reservatório apenas o que foi permitido. O fato de o abastecimento de água ser um uso prioritário não deve justificar qualquer tipo de atuação que possa colocar em risco a garantia de água para outros usuários ou a sustentabilidade do reservatório. Isso só tende a intensificar os conflitos pelo uso da água.

4. O CBH-PB precisa amadurecer para se dedicar interna e externamente às questões dos sistemas hídricos, compreender os processos de alocação negociada de água para garantir participação efetiva e acompanhar os resultados dessas alocações. Que as posições do CBH-PB sobre os sistemas hídricos existam de maneira clara, deem suporte à sustentabilidade da bacia como um todo, não representem interesses isolados de alguns usuários e não sejam coadjuvantes nas reuniões de alocação. Para isso, os atores do comitê devem se apropriar mais de suas atribuições.

5. A comissão de acompanhamento das alocações precisa ser mais formalizada e fortalecida para cumprir a sua atribuição de monitorar o andamento dos acordos firmados, o que inclui a quantidade de água destinada a cada usuário, e exigir ações efetivas dos órgãos gestores para isso.

6. Não se deve considerar os sistemas hídricos de maneira isolada apenas. É preciso sempre colocar as problemáticas discutidas e o planejamento no contexto e impacto da bacia hidrográfica. Os comitês de bacia devem ser importantes articuladores nesse sentido. O plano de bacia também é uma ferramenta fundamental para isso. Este instrumento precisa levar em consideração as alocações e marcos regulatórios existentes nos sistemas hídricos da bacia e traçar estratégias para integração entre níveis de planejamento, do local a outras bacias integradas por meio de infraestruturas de transposição.

7. Faz sentido continuar definindo o planejamento também para o nível de sistema hídrico local, levando em consideração todas as particularidades existentes e um horizonte de planejamento curto, anual. As descobertas e discussões trazidas nessa pesquisa dão suporte a esse entendimento e indicam que, assim, é possível atingir os objetivos da PNRH considerando as distintas realidades existentes nesse país.

7.3 Recomendações para pesquisas futuras

São algumas recomendações para pesquisas futuras:

1. Utilizar o arcabouço metodológico proposto para analisar sistemas hídricos sob outros sistemas de governança, isto é, regidos por outros órgãos gestores, comitês de bacia e, conseqüentemente, outras regras de operação. Essa ação pode permitir estudos comparados e elucidar novas descobertas para fortalecer a governança da água.

2. Além de analisar as posições dos atores nas arenas de participação, realizar coletas de dados fora desses espaços, como entrevistas individuais. Essa ação pode indicar se há preferências, interações e posições que não são expostas publicamente durante o planejamento.

3. Modelar os conflitos com uma escala temporal menor. Isto é, a cada alocação negociada de água utilizar as ações e preferências que emergiram, para que dessa forma seja possível analisar se há uma homogeneidade nos estados de equilíbrio ou são modificados ano após ano.

4. Na modelagem do conflito utilizando o GMCR recomenda-se utilizar outros métodos de priorização de preferências, envolvendo questionários, por exemplo. Isto pode mostrar como os atores expõem suas preferências fora das arenas de negociação. Além disso, pode-se utilizar novos indicadores de estabilidade apresentados na literatura mas que ainda não estão presentes no *software* GMCR+, ajudando a identificar tendências altruístas entre os atores ou a formação de coalizões.

5. Buscar um desenho metodológico para investigar se e como a composição do comitê de bacia influencia na forma como essa instituição se posiciona nas alocações negociadas de água.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIMBOLA, S.; TOPP, S. M. Adaptation with robustness: the case for clarity on the use of 'resilience' in health systems and global health. *BMJ Global Health*, v. 3, n. 1, p. e000758, 2018.

ABRHIDRO. MANIFESTO PLS no 2918/2021. 2024. Disponível em: <<https://www.site.abrhidro.org.br/post/manifesto-pls-n%C2%BA-2918-2021>>. Acesso em: 12 nov. 2024

AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DAS ÁGUAS DO ESTADO DA PARAÍBA – AESA. Comitês de Bacia. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/comite-de-bacias/apresentacao-comites/>. Acesso em: 12 nov. 2024.

AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DAS ÁGUAS DO ESTADO DA PARAÍBA – AESA. Alocações de água. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/alocacoes-de-aguas/>. Acesso em: 14 nov. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO – ANA. Agência de Água – o que é, o que faz e como funciona. Cadernos de Capacitação em Recursos Hídricos – v.4. Brasília: ANA, 2014.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO – ANA. Alocação de água - PB. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/regulacao-e-fiscalizacao/alocacao-de-agua-e-marcos-regulatorios/alocacao-de-agua/pb>. Acesso em 19 mar. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO – ANA. Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2024: informe anual. Brasília: ANA, 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO – ANA. Direito de Águas à Luz da Governança. Brasília: ANA, 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO – ANA. Fortalecimento dos entes do SINGREH. Disponível em: <<https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/gestao-das-aguas/fortalecimento-dos-entes-do-singreh>>. Acesso em: 12 nov. 2018.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO – ANA. Plano Nacional de Recursos Hídricos. Plano de ação. Brasília: ANA, 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). ANA contextualiza cortes nos orçamentos da instituição e da cobrança pelo uso da água durante reunião plenária do CBHSF. ANA, 2025b. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/noticias-e-eventos/noticias/ana->

contextualiza-cortes-nos-orcamentos-da-instituicao-e-da-cobranca-pelo-uso-da-agua-durante-reuniao-plenaria-do-cbhsf. Acesso em: 09 jun. 2025.

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). 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); AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DAS ÁGUAS DO ESTADO DA PARAÍBA (AES). Resolução conjunta ANA/AESA nº 126, de 26 de julho de 2022. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/regulacao-e-fiscalizacao/alocacao-de-agua-e-marcos-regulatorios/marcos-regulatorios/marcos-regulatorios-pb>. Acesso em: 05 jul 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Reservatórios do semiárido brasileiro. Hidrologia, balanço hídrico e operação. Brasília: ANA, 2017.

AGHMASHHADI, A. H.; ZAHEDI, S.; KAZEMI, A.; FÜRST, C.; CIRELLA, G. T. Conflict Analysis of Physical Industrial Land Development Policy Using Game Theory and Graph Model for Conflict Resolution in Markazi Province. *Land*, v. 11, n. 4, p. 501, 2022.

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.

ALEU, R. B.; LARSEN, R. K.; METHNER, N. Participation and marginalization in water governance: probing the agency of powerholders. *Ecology and Society*, v. 27, n. 4, p. 1-11, 2022.

- ALIGICA, P. D.; TARKO, V. Institutional Resilience and Economic Systems: Lessons from Elinor Ostrom's Work. *Comparative Economic Studies*, v. 56, n. 1, p. 52–76, 2014.
- ALMAZÁN-CASALI, S.; PUGA, B. P.; LEMOS, M. C. Who Governs at What Price? Technocratic Dominance, Ways of Knowing, and Long-Term Resilience of Brazil's Water System. *Frontiers in Water*, v. 3, 2021.
- AMANTINO, J. A.; CORDEIRO NETO, J. R.; VALADÃO, J. DE A. D. Sociotechnical associations and management practices in development: analyzing traces through the route of P1MC. *Cuadernos EBAPE*, p. 274–294, 2013.
- ANDERIES, J. M. et al. A framework for conceptualizing and modeling social-ecological systems for conservation research. *Biological Conservation*, v. 275, p. 109769, 2022.
- ANDERIES, J. M. *et al.* Aligning key concepts for global change policy: Robustness, resilience, and sustainability. *Ecology and Society*, v. 18, n. 2, 2013.
- 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.
- 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.
- 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.
- ANDERIES, J. M.; JANSSEN, M. A.; SCHLAGER, E. Institutions and the performance of coupled infrastructure systems. *International Journal of the Commons*, v. 10, n. 2, p. 495, 2016.
- AQUINO, S. H. S.; SILVA, S. M. O.; SILVA, D. C. Alocação participativa das águas no Ceará: incertezas, deslocamentos e disputas. In: SOUZA FILHO, F. A.; SILVA, S. M. O.; FORMIGA-JOHNSON, R. M.; NELSON, D. R.; NAUDITT, A.; RIBBE, L. (Org.). *Adapta: Gestão adaptativa do risco climático de seca*. Fortaleza: Expressão Gráfica, 2019, p. 315-326.
- ARIFFIN, R. N. R.; SAWON, S.; RAHMAN, N. H. A.; HANAFI, H.; ZAHARI, R. K. Contextualizing institutional capacity in water governance framework: a literature review. *Water Policy*, v. 26, n. 1, p. 18–36, 2024.

ARMITAGE, D.; LOË, R.; PLUMMER, R. Environmental governance and its implications for conservation practice. *Conservation Letters*, v. 5, n. 4, p. 245-255, 2012.

AWOLORINKE, A. C.; OFORI, A. D.; SETIAWATI, M. D.; ISSIFU, N. Beyond participation: power relations, information flows, and collaboration in water governance: a case of the Pra River Basin, Ghana. *International Journal of River Basin Management*, p. 1–16, 28 abr. 2025.

AYODELE-OLAJIRE, D. O. Power in water governance: the case of Prescott Active Management Area, Arizona. *GeoJournal*, v. 87, n. 3, p. 1983–1999, 2022.

BAHRINI, A.; RIGGS, R. J.; ESMAEILI, M. Social Choice Rules, Fallback Bargaining, and Related Games in Common Resource Conflicts. *Journal of Hydrology*, v. 602, p. 126663, 2021.

BAIRD, J.; PLUMMER, R. (EDS.). *Water resilience: Management and governance in times of change*. 1. ed. Cham, Switzerland: Springer Nature, 2021.

BALLESTER, A.; MOTT LACROIX, K. Public participation in water planning in the Ebro River Basin (Spain) and Tucson Basin (U.s., Arizona): Impact on water policy and adaptive capacity building. *Water*, v. 8, n. 7, p. 273, 2016.

BANCO MUNDIAL. *Diálogos para o aperfeiçoamento da política e do sistema de recursos hídricos no Brasil*. Brasília: Banco Mundial, 2018.

BARNES, M. L. et al. Social networks and environmental outcomes. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 113, n. 23, p. 6466–6471, 2016.

BASHAR, M. A.; KILGOUR, D. M.; HIPEL, K. W. Fuzzy Preferences in the Graph Model for Conflict Resolution. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, v. 20, n. 4, p. 760–770, 2012.

BECERRIL, H.; LÓPEZ, R.; GUZMÁN, L. A. Planeación colaborativa para gestionar recursos hídricos: una propuesta metodológica basada en la teoría del actor-red. *Entreciencias: Diálogos en la Sociedad del Conocimiento*, v. 8, n. 22, 2020.

BEISHEIM, M. *et al.* Meta-Governance of Partnerships for Sustainable Development: Actors' Perspectives from Kenya. *Public Administration and Development*, v. 38, n. 3, p. 105–119, 2018.

BENTO, S. *Barragens e sociedades: Contributo da teoria actor-rede (ANT)*. Lisboa: SOCIUS Working Papers, 2011. 29 p. (SOCIUS Working papers nº 03/2011).

BERBÉS-BLÁZQUEZ, M.; GONZÁLEZ, J. A.; PASCUAL, U. Towards an ecosystem services approach that addresses social power relations. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, v. 19, p. 134–143, 2016.

BERKES, F.; FOLKE, C. *Linking social and ecological systems: management practices and social mechanisms for building resilience*. Cambridge, U.K.; New York: Cambridge University Press, 1998.

BERTASSELLO, L.; LEVY, M. C.; MÜLLER, M. F. Sociohydrology, ecohydrology, and the space-time dynamics of human-altered catchments. *Hydrological Sciences Journal*, v. 66, n. 9, p. 1393–1408, 2021.

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.

BILALOVA, S.; NEWIG, J.; VILLAMAYOR-TOMAS, S. Toward Sustainable Water Governance? Taking Stock of Paradigms, Practices, and Sustainability Outcomes. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water*, v. 12, e1762, 2024.

BODIN, Ö. Collaborative environmental governance: Achieving collective action in social-ecological systems. *Science*, v. 357, n. 6352, 2017.

BOELEN, R.; HOOGESTEGER, J.; BAUD, M. Water reform governmentality in Ecuador: Neoliberalism, centralization, and the restraining of polycentric authority and community rule-making. *Geoforum*, v. 64, p. 281–291, 2015.

BOUCKAERT, F. W. et al. A diagnostic framework to assess the governance of the São Francisco River Basin Committee, Brazil. *World Water Policy*, v. 6, n. 1, p. 8–37, 2020.

BRÁS, O. R.; RODRIGUES, M. N.; RIBEIRO, M. A. F. M.; VARANDA, M. P.; BENTO, S.; RIBEIRO, M. M. R. “Água que não soa não é boa” o papel da participação pública na gestão da água em Portugal: os casos dos Conselhos de Região Hidrográfica do Tejo, Alentejo e Algarve. In: XII Congresso da Água e XVI Simopósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária-SILUBESA, 2014, Lisboa. Anais [...]. Associação Portuguesa de Recursos Hídricos, 2014. p. 1-13.

BRASIL. *Constituição da República Federativa do Brasil*. Brasília: Centro Gráfico, 1988.

BRASIL. Lei nº 15.121, de 10 de abril de 2025. Estima a receita e fixa a despesa da União para o exercício financeiro de 2025. Brasília, 2025a.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Brasília, 1997.

BRITO, V. DA C. et al. Analysis of the waters uses of Paraíba River basin with the integration project of Rio São Francisco, east axis, by the multiobjective optimization. *Caderno Pedagógico*, v. 20, n. 7, p. 2715–2736, 2023.

BROWN, C. A.; PENA, J. L. Water Meters and Monthly Bills Meet Rural Brazilian Communities: Sociological Perspectives on Technical Objects for Water Management. *World Development*, v. 84, p. 149–161, 2016.

BURKE, E. R.; TRONT, J. M.; LYON, K. N.; REX, W.; CASTERA ERREA, M. I.; VARUGHESI, M. C.; NEWTON, J. T.; BECKER, A. N.; VALE, A. L. What the Future Has in Store: A New Paradigm for Water Storage. Washington, D.C.: World Bank Group, 2023.

CALLON, M. Some elements of a sociology of translation: domestication of the scallops and the fishermen of St Brieuc Bay. In: LAW, J. (Org.). *Power, action and belief: a new sociology of knowledge?* London: Routledge, 1986. p. 196–223.

CALLON, M.; LASCOUMES, P.; BARTHE, Y. *Acting in an uncertain world: An essay on technical democracy*. Londres, England: MIT Press, 2009.

CALLON, M.; LAW, J. On qualification, agency, and otherness. *Environment and Planning D: Society and Space*, v. 23, n. 5, p. 717–733, 2005.

CAMARGO, B. V.; JUSTO, A. M. IRAMUTEQ: Um software gratuito para análise de dados textuais. *Temas em Psicologia*, v. 21, n. 2, p. 513–518, 2013.

CAPANO, G.; WOO, J. J. Resilience and robustness in policy design: a critical appraisal. *Policy Sciences*, v. 50, n. 3, p. 399–426, 2017.

CARVALHO, T. M. N.; SOUZA FILHO, F. A.; BRITO, M. M. Unveiling water allocation dynamics: a text analysis of 25 years of stakeholder meetings. *Environ. Res. Lett.*, v. 19, 044066, 2024.

CASTRO, A. P.; NIELSEN, E. *Natural resource conflict management case studies: an analysis of power, participation and protected areas*. ROME: FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, 2003.

CHAFFIN, B. C.; GOSNELL, H.; COSENS, B. A. A decade of adaptive governance scholarship: Synthesis and future directions. *Ecology and Society*, v. 19, n. 3, 2014.

- CHAGAS, V. B. P.; CHAFFE, P. L. B.; BLÖSCHL, G. Climate and land management accelerate the Brazilian water cycle. *Nature communications*, v. 13, n. 1, p. 5136, 2022.
- CHARNLEY, S. *et al.* Evaluating the best available social science for natural resource management decision-making. *Environmental Science & Policy*, v. 73, p. 80–88, 2017.
- CHENG, K.; NEISCH, P. A New Perspective on Eclectic Attributes in Architecture: Taking Eclectic Architecture in Beijing and Hong Kong as An Example. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, 2022.
- CID, D. A. C. *et al.* Drought in play: A grounded socio-hydrological tool to increase social participation in drought plans. *Journal of hydrology*, v. 638, n. 131445, p. 131445, 2024.
- CIRILO, J. A.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; CAMPOS, J. N. B. The Issue of Water in the Brazilian Semi-Arid Region. In: BICUDO, C. E. DE M.; TUNDISI, J. G.; SCHEUENSTUHL, M. C. B. (Eds.). *Waters of Brazil: Strategic Analysis*. Switzerland: Springer Cham, 2017.
- COBRAPE. Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba. RP-03 –Estudo Hidrológico da Bacia: Potencialidades e Disponibilidades Hídricas. Cobrape, 2024.
- COLDING, J.; BARTHEL, S. Exploring the social-ecological systems discourse 20 years later. *Ecology and Society*, v. 24, n. 1, p. 1-10, 2019.
- COMISSÃO PASTORAL DA TERRA – CPT. Conflitos pela Água 2021. 2021. Disponível em: <https://www.cptnacional.org.br/downloads/summary/6-conflitos-pela-agua/14255-conflitos-pela-agua-2021>. Acesso em 23 de jun. 2023.
- COSENS, B. A.; CRAIG, R. K.; HIRSCH, S. L.; TONY ARNOLD, C. A.; *et al.* The role of law in adaptive governance. *Ecology and Society*, v. 22, n. 1, 2017.
- COSENS, B. A.; WILLIAMS, M. K. Resilience and Water Governance: Adaptive Governance in the Columbia River Basin. *Ecology and Society*, v. 17, n. 4, p. art3, 2012.
- DANIELL, K. A.; BARRETEAU, O. Water governance across competing scales: coupling land and water management. *Journal of Hydrology*, v. 519, n. 2367-2380, 2014.
- DI BALDASSARRE, G. *et al.* Socio-hydrology: conceptualising human-flood interactions. *Hydrology and Earth System Sciences*, v. 17, n. 8, p. 3295–3303, 2013.

- DINKO, K. H. Scale matters: a spatiotemporal analysis of freshwater conflicts from 1900-2019. *Water Resources Management*, v. 36, n. 1, p. 219-233, 2022.
- DÖRING, S.; KIM, K.; SWAIN, A. Integrating socio-hydrology and peace and conflict research. *Journal of Hydrology*, p. 131000–131000, 2024.
- EISENHAUER, E. et al. Advancing translational research in environmental science: The role and impact of social sciences. *Environmental Science & Policy*, v. 120, p. 165–172, 2021.
- EMPINOTTI, V. L. *et al.* Desafios de governança da água: conceito de territórios hidrossociais e arranjos institucionais. *Estudos Avançados*, v. 35, n. 102, p. 177–192, 2021.
- FANG, L.; HIPEL, K. W.; KILGOUR, D. M.; PENG, X. A Decision Support System for Interactive Decision Making, Part 1: Model Formulation. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics Part C*, 33, 1, 42-55, 2003a.
- FANG, L.; HIPEL, K. W.; KILGOUR, D. M.; PENG, X. A Decision Support System for Interactive Decision Making, Part 2: Analysis and Output Interpretation. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics Part C*, 33, 1, 56-66, 2003b.
- FANG, L.; HIPEL, K. W.; KILGOUR, M. D. *Interactive Decision Making: The Graph Model for Conflict Resolution*. New York: John Wiley and Sons, Inc, 1993.
- FANG, L.; HIPEL, K. W.; KILGOUR, M. D. *Interactive decision making: the Graph Model for Conflict Resolution*. New York; Chichester: J. Wiley, 1993.
- FARIAS, E. E. V.; CURI, W. F.; DINIZ, L. S. São Francisco river Integration Project, Eastern Axis: losses analysis and performance indicators. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 22, n. 0, 2017.
- FERREIRINHA, I. M. N.; RAITZ, T. R. As relações de poder em Michel Foucault: reflexões teóricas. *Revista de Administração Pública*, v. 44, n. 2, p. 367–383, 2010.
- FONSECA-CEPEDA, V. *et al.* Magical Realism for Water Governance Under Power Asymmetries in the Aracataca River Basin, Colombia. *International Journal of the Commons*, v. 16, n. 1, p. 155–172, 2022.
- FOUCAULT, M. *Microfísica do Poder*. 13. ed. São Paulo: Paz & Terra, 2021.
- FROTA, R. L.; SOUZA FILHO, F. A.; BARROS, L. S.; SILVA, S. M. O.; PORTO, V. C.; ROCHA, R. V. “Network” socio-hydrology: a case study of causal factors that shape the Jaguaribe River Basin, Ceará-Brazil. *Hydrological Sciences Journal*, v. 66, n. 6, p. 935–950, 2021.

GALVÃO, C. O.; RÊGO, J. C.; RIBEIRO, M. M. R.; ALBUQUERQUE, J. P. T. Sustainability characterization and modelling of water supply management practices. In: A.H. SCHUMANN, M.C. ACREMAN, R. DAVIS, M.A. MARINO, D. ROSBJERG, X. JUN (eds). *Regional Management of Water Resources*. International Association of Hydrological Sciences, 81–88, 2001.

GARCÍA, M. M.; HILEMAN, J.; BODIN, O. Collaboration and conflict in complex water governance systems across a development gradient: addressing common challenges and solutions. *Ecology and Society*, v. 24, n. 3, p. 1-5, 2019.

GENOVA, P.; WEI, Y. A socio-hydrological model for assessing water resource allocation and water environmental regulations in the Maipo River basin. *Journal of hydrology*, v. 617, n. 129159, p. 129159, 2023.

GJALTEMA, J.; BIESBROEK, R.; TERMEER, K. From government to governance...to meta-governance: a systematic literature review. *Public Management Review*, v. 22, n. 12, p. 1760–1780, 2020.

GOOCH, G. D.; RIEU-CLARKE, A. Law, policy, actors and institutions in transboundary water governance. *International Conference on Integrated Water Resource Management: Management of Water*, Dresden, Germany. 2011.

GRANGEIRO, E. L. A.; RIBEIRO, M. M. R.; MIRANDA, L. I. B. Integração de políticas públicas no Brasil: o caso dos setores de recursos hídricos, urbano e saneamento. *Cadernos Metr pole*, v. 22, n. 48, p. 417–434, 2020.

GRANZIERA, M. L. M. *Direito Ambiental*. 4^a ed. S o Paulo: Atlas, 2015.

GRAVEL, N.; KON , A. The Guelph Water connection: The contribution of Actor-Network Theory (ANT) to the study of water management in Guelph, Ontario. *Cahiers de g ographie du Qu bec*, v. 61, n. 174, p. 489–512, 8 nov. 2018.

GRITSENKO, D.; WOOD, M. Algorithmic governance: A modes of governance approach. *Regulation and Governance*, v. 16, n. 1, p. 45–62, 2022.

GUEDES, M. J. F.; RIBEIRO, M. M. R. Aplica o de metodologias de an lise de conflito ambiental ao aterro sanit rio de Puxinan  (PB). *Engenharia Sanit ria e Ambiental*, v. 22, n. 1, p. 81-93, 2016.

GUNASEKARA, N. K.; KAZAMA, S.; YAMAZAKI, D.; OKI, T. Water Conflict Risk due to Water Resource Availability and Unequal Distribution. *Water Resources Management*, v. 28, n. 1, p. 169-184, 2014.

HARVEY, D. *Spaces of global capitalism: a theory of uneven geographical development*. Nova York: Verso, 2006.

HASHIMOTO, T.; STEDINGER, J. R.; LOUCKS, D. P. Reliability, resiliency, and vulnerability criteria for water resource system performance evaluation. *Water Resources Research*, v. 18, n. 1, p. 14–20, 1982.

HASSENFORDER, E.; BARONE, S. Institutional arrangements for water governance. *International Journal of Water Resources Development*, v. 35, n. 5, p. 783-807, 2018.

HIPEL, K. W.; FANG, L.; KILGOUR, D. M. The Graph Model for Conflict Resolution: reflections on three decades of development. *Group Decision and Negotiation*, v. 29, n. 1, p. 11-60, 2019.

HOLLING, C. S.; GUNDERSON, L. H. Resilience and adaptive cycles. In: GUNDERSON, L. H.; HOLLING, C. S. (Ed.) *Panarchy: Understanding transformations in human and natural systems*. Washington: Island Press, 2002, p. 25-62.

HOMAYOUNFAR, M. *et al.* Linking resilience and robustness and uncovering their trade-offs in coupled infrastructure systems. *Earth System Dynamics*, v. 9, n. 4, p. 1159–1168, 2018.

HUANG, Q. *et al.* Scalar configuration, power strategies and water governance: insights from the politics of the Yangtze-to-Huai Water Transfer Project. *International Journal of Water Resources Development*, v. 38, n. 4, p. 658–679, 2022.

HUANG, Y. *et al.* Solving the inverse graph model for conflict resolution using a hybrid metaheuristic algorithm. *European Journal of Operational Research*, v. 305, n. 2, p. 806–819, 2023.

INGOLD, K. *et al.* On the necessity of connectivity: linking key characteristics of environmental problems with governance modes. *Journal of Environmental Planning and Management*. *Journal of Environmental Planning and Management*, n. 62, n. 11, p. 1821-1844, 2019.

Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC. *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Cambridge and New York: Cambridge University Press, 2022.

JACOBI, P. R.; BUCKERIDGE, M.; RIBEIRO, W. C. Governança da água na Região Metropolitana de São Paulo - desafios à luz das mudanças climáticas. *Estudos Avançados*, v. 35, n. 102, p. 209–226, 2021.

JULIO, N.; FIGUEROA, R.; PONCE OLIVA, R. D. Advancing toward water security: addressing governance failures through a metagovernance of modes approach. *Sustainability Science*, v. 17, n. 5, p. 1911–1920, 2022.

- KATANHA, A.; SIMATELE, D. Natural hazard mitigation strategies review: Actor–network theory and the eco-based approach understanding in Zimbabwe. *Jambá: Journal of Disaster Risk Studies*, v. 11, n. 1, 2019.
- KINSARA, R. A. A Simple Guide to GMCR+. Disponível em: <http://www.eng.uwaterloo.ca/~rkinsara/GMCR+Manual.pdf>. Acesso em 23 fev. 2023.
- KINSARA, R. A.; KILGOUR, D. M.; HIPEL, K. W. Inverse approach to the graph model for conflict resolution. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems*, v. 45, n. 5, p. 734–742, 2015.
- KNIEPER, C.; PAHL-WOSTL, C. A Comparative Analysis of Water Governance, Water Management, and Environmental Performance in River Basins. *Water Resources Management*, v. 30, n. 7, p. 2161-2177, 2016.
- KNOKE, D. *Political Networks*. Cambridge: Cambridge University Press, 1990.
- KOOIMAN, J. *Governing as Governance*. 1. ed. London: Sage, 2003.
- KOOIMAN, J.; JENTOFT, S. META-GOVERNANCE: values, norms and principles, and the making of hard choices. *Public Administration*, v. 87, n. 4, p. 818-836, 2009.
- KREIBICH, H. et al. Panta Rhei benchmark dataset: socio-hydrological data of paired events of floods and droughts. *Earth system science data*, v. 15, n. 5, p. 2009–2023, 2023.
- KRONAVETER, L.; SHAMIR, U. Negotiation support for cooperative allocation of a shared water resource: Methodology. *Journal of water resources planning and management*, v. 135, n. 2, p. 60–69, 2009.
- KUIL, L. et al. Conceptualizing socio-hydrological drought processes: The case of the Maya collapse. *Water resources research*, v. 52, n. 8, p. 6222–6242, 2016.
- LATOUR, B. *Facing Gaia: eight lectures on the new climatic regime*. Polity, 2017.
- LATOUR, B. *Pandora's Hope: Essays on the Reality of Science Studies*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1999.
- LATOUR, B. *Reagregando o social. Uma introdução à Teoria do Ator-Rede*. Salvador - Bauru: EDUFBA - EDUSC, 2012.
- LATOUR, B. *Reassembling the Social: an Introduction to Actor-network-theory*. Oxford University Press, 2005.

- LATOURE, B. *We Have Never Been Modern*. Cambridge: Harvard University Press, 1993.
- LAW, J. Notes on the theory of the actor-network: Ordering, strategy, and heterogeneity. *Systems Practice*, v. 5, n. 4, p. 379–393, 1992.
- LEMOS, M. C. *et al.* Building on adaptive capacity to extreme events in Brazil: water reform, participation, and climate information across four river basins. *Regional Environmental Change*, v. 20, n. 2, 2020.
- LI, T.; DONG, Y.; LIU, Z. A review of social-ecological system resilience: mechanism, assessment and management. *Science of the Total Environment*, v. 723, p. 138, 2020.
- LI, X.; SUN, Y.; ZHOU, S.; YANG, B. Grey preference for analyzing the influence of externality within the graph model for conflict resolution. *Expert systems with applications*, v. 249, p. 123736–123736, 2024.
- LIMA, D. F. ROBUSTEZ DA GOVERNANÇA DA ÁGUA E EFETIVIDADE DAS NEGOCIAÇÕES E ACORDOS EM DISTINTAS ESCALAS. 2022. Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2022.
- LOURENÇO, R. F. *et al.* Actor-network Theory and cartography of controversies in Information Science. *Transinformação*, v. 30, n. 1, p. 121–140, 2018.
- MASCOPOL. Mapping controversies on science for politics. Disponível em: <https://cordis.europa.eu/project/id/217701/reporting>. Acesso em: 5 dez. 2024.
- MATOS, F.; DIAS, R.; SÉRGIO AYRIMORAES. Governance failures and knowledge asymmetries in the state river basin committees and their impacts on water resource management in Brazil. *Water International*, v. 47, n. 2, p. 223–237, 2022.
- MCILWAIN, L. *et al.* Power research in adaptive water governance and beyond: a review. *Ecology and Society*, v. 28, n. 2, p. art22, 2023.
- MEDEIROS, E. S. *et al.* Mapping rainfall variability in the São Francisco River Basin: Insights for water resource management. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 39, 2024.
- MELSEN, L. A.; VOS, J.; BOELENS, R. What is the role of the model in socio-hydrology? Discussion of “Prediction in a socio-hydrological world”. *Hydrological Sciences Journal*, v. 63, n. 9, p. 1435–1443, 4 jul. 2018.
- MENEZES, R. A.; SOUZA, J. A. Os reflexos da atual crise hídrica na Companhia de Água e Esgotos da Paraíba – CAGEPA: Ações para redução de perdas no Sistema de

Abastecimento de Campina Grande. In: SILVA, H. C. (Org.). Gestão de Recursos Hídricos e Sustentabilidade. Ponta Grossa: Atena Editora, 2019, p. 58-67.

MONITOR DE SECAS. 2024. Disponível em: <<https://monitordesecas.ana.gov.br/mapa?mes=9&ano=2024>>. Acesso em: 14 nov. 2024.

MUMBY, P. J. *et al.* Ecological resilience, robustness and vulnerability: How do these concepts benefit ecosystem management? *Current Opinion in Environmental Sustainability*, v. 7, p. 22-27, 2014

MUNEEPEERAKUL R.; ANDERIES, J. M. The emergence and resilience of self-organized governance in coupled infrastructure systems. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 117, n. 9, p. 4617–4622, 2020.

MURDOCH, J. Ecologising Sociology: Actor-Network Theory, Co-Construction and the Problem of Human Exemptionalism. *Sociology*, v. 35, n. 1, p. 111–133, 2001.

NAGENDRA, H.; OSTROM, E. Applying the social-ecological system framework to the diagnosis of urban lake commons in Bangalore, India. *Ecology and Society*, v. 19, n. 2, p. 1-18, 2014.

NATH, S.; VAN LAERHOVEN, F. Using power, mental model, and learning to analyze the evolution of water governance in Bangalore. *Environmental Policy and Governance*, v. 31, n. 4, p. 270–282, 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.

NETO, S. *et al.* OECD Principles on Water Governance in practice: an assessment of existing frameworks in Europe, Asia-Pacific, Africa and South America. *Water international*, v. 43, n. 1, p. 60–89, 2018.

NICOLLIER, V.; KIPERSTOK, A.; BERNARDES, M. E. C. A governança das águas no Brasil: qual o papel dos municípios? *Estudos Avançados*, v. 37, p. 279–302, 2023.

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 Sanitaria e Ambiental*, v. 26, n. 4, p. 627–637, 2021.

OBSERVATÓRIO DAS ÁGUAS – OGA. Protocolo de Monitoramento de Governança das Águas. OGA, 2019.

OHLSSON, L. The turning of a screw: social adaptation to water scarcity. In FALKENMARK, M.; LUNDQUIST, J.; OHLSSON, L. (eds.). *New Dimensions in Water Security*. Rome: FAO/AGLW, 2000. p. 47-95.

OLIVEIRA, P. A. *et al.* Gestão compartilhada de uma bacia hidrográfica no semiárido brasileiro: análise à luz dos sistemas socioecológicos e princípios institucionais. *Revista de Gestão de Água da América Latina*, v. 19, n. 1, p. 1-22, 2022.

OLSSON, P.; FOLKE, C.; BERKES, F. Adaptive Comanagement for Building Resilience in Social/Ecological Systems. *Environmental Management*, v. 34, n. 1, 2004.

ONDAS. O projeto de lei 4546/2021 e a criação da Política Nacional de Infraestrutura Hídrica: mais um capítulo da novela liberal do saneamento. 2022. Disponível em: <<https://ondasbrasil.org/o-projeto-de-lei-4546-2021-e-a-criacao-da-politica-nacional-de-infraestrutura-hidrica/>>. Acesso em: 12 nov. 2024.

ORGANIZAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO – OCDE. 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 University Press: Cambridge, 1990.

OSTROM, E. Reformulating the commons. *Ambiente & Sociedade*, n. 10, p. 5-25, 2002.

ÖZEROL, G.; KRUIJF, J. V.; BRISBOIS, M. C.; FLORES, C. C.; DEEKSHIT, P.; GIRARD, C.; KNIEPER, C.; MIRNEZAMI, S. J.; ORTEGA-REIG, M.; RANJAN, P. Comparative studies of water governance: a systematic review. *Ecology and Society*, v. 23, n. 4, p. 1-28, 2018.

PAHL-WOSTL, C. An Evolutionary Perspective on Water Governance: from understanding to transformation. *Water Resources Management*, v. 31, n. 10, p. 2917-2932, 2017.

PAHL-WOSTL, C. The role of governance modes and meta-governance in the transformation towards sustainable water governance. *Environmental Science and Policy*, v. 91, p. 6–16, 2019.

PAHL-WOSTL, C. *Water Governance - Concepts, Methods, and Practice*. Switzerland: Springer, 2015.

PAHL-WOSTL, C.; KNIEPER, C. The capacity of water governance to deal with the climate change adaptation challenge: Using fuzzy set Qualitative Comparative

Analysis to distinguish between polycentric, fragmented and centralized regimes. *Global Environmental Change*, v. 29, p. 139–154, 2014.

PALSSON, G. *et al.* Reconceptualizing the ‘Anthropos’ in the Anthropocene: Integrating the social sciences and humanities in global environmental change research. *Environmental Science & Policy*, v. 28, p. 3–13, 2013.

PALSSON, G. *et al.* Reconceptualizing the “Anthropos” in the Anthropocene: Integrating the social sciences and humanities in global environmental change research. *Environmental Science & Policy*, v. 28, p. 3–13, 2013.

PARAÍBA. Plano Estadual de Recursos Hídricos da Paraíba: relatório executivo/Governo do Estado da Paraíba. João Pessoa: Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba, 2022.

PEDROSA, V. A. Construindo pactos pelo uso da água. Brasília: ANA e UNESCO, 2020.

PEREIRA, M.; ORTIZ-GUERRERO, C. E. Dams as Hydrosocial Infrastructure: Attributes and Drawbacks from a Structural and Relational Perspective. *Water*, v. 17, n. 4, p. 519–519, 2025.

PINHEIRO, M. I. T.; CAMPOS, J. N. B.; STUDART, T. M. DE C. Conflitos por águas e alocação negociada: o caso do vale dos Carás no Ceará. *Revista de Administração Pública*, v. 45, n. 6, p. 1655–1672, 2011.

POLLARD, S. *et al.* Toward adaptive water governance: the role of systemic feedbacks for learning and adaptation in the eastern transboundary rivers of South Africa. *Ecology and Society*, v. 28, n. 1, 2023.

REDDY, V. R.; SYME, G. J. Social sciences and hydrology: An introduction. *Journal of Hydrology*, v. 518, p. 1–4, 2014.

RÊGO, J. C.; GALVÃO, C. O.; ALBUQUERQUE, J. P. T.; RIBEIRO, M. M. R.; NUNES, T. H. C. 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 [...]. Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2017. p. 1-8.

RÊGO, J. C.; GALVÃO, C. O.; RIBEIRO, M. M. R.; ALBUQUERQUE, J. P. T.; PEDROSA, R. N. O agravamento da crise hídrica no açude boqueirão: riscos qualitativos e de saúde pública. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 13., 2016, Aracaju. Anais [...]. Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2016. p. 1-10.

RÊGO, L. C.; VIEIRA, G. I. A. Matrix Representation of Solution Concepts in the Graph Model for Conflict Resolution with Probabilistic Preferences and Multiple Decision Makers. *Group decision and negotiation*, v. 30, n. 3, p. 697–717, 2021.

REINERT, P. M. Classification Descendante Hierarchique et Analvse Lexicale par Contexte - Application au Corpus des Poesies D'A. Rihbaud. *Bulletin of Sociological Methodology*, v. 13, n. 1, p. 53–90, 1987.

RIBEIRO, M. A. F. M.; VIEIRA, Z. M. C. L.; RIBEIRO, M. M. R. Participatory and decentralized water resources management: challenges and perspectives for the north paraíba river basin committee – Brazil. *Water Science And Technology*, v. 66, n. 9, p. 2007-2013, 2012.

RIBEIRO, N. B.; FORMIGA-JOHNSSON, R. M. Governança das águas: bases conceituais. In: SOUZA FILHO, F. A.; SILVA, S. M. O.; FORMIGA-JOHNSSON, R. M.; NELSON, D. R.; NAUDITT, A; RIBBE, L. (Org.). *Adapta: Gestão adaptativa do risco climático de seca*. Fortaleza: Expressão Gráfica, 2019, p. 315-326.

RIBEIRO, N. B.; JOHNSSON, R. M. F. Discussions on water governance: Patterns and common paths. *Ambiente & sociedade*, v. 21, n. 0, 2018.

ROMANO, O. Water for peace: how better governance can reduce conflict. COGITO, 2024. Disponível em: <<https://oecdcoigito.blog/2024/03/22/water-for-peace-how-better-governance-can-reduce-conflict/>>. Acesso em: 31 out. 2024.

ROMANO, O. Water for peace: how better governance can reduce conflict. COGITO. 2024. Disponível em: <<https://oecdcoigito.blog/2024/03/22/water-for-peace-how-better-governance-can-reduce-conflict/>>. Acesso em: 14 nov. 2024.

ROSS, A.; CHANG, H. Socio-hydrology with hydrosocial theory: two sides of the same coin? *Hydrological Sciences Journal*, v. 65, n. 9, p. 1443–1457, 2020.

ROWLAND, M. A Framework for Resolving the Transboundary Water Allocation Conflict Conundrum. *Ground Water*, v. 43, n. 5, p. 700–705, set. 2005.

RUFINO, A. C. S.; VIEIRA, Z. M. C. L.; RIBEIRO, M. M. R. Análise de conflito na definição da vazão de fronteira em bacia interestadual. *Revista de Gestão de Águas da América Latina*, v. 3, n. 1, p. 45-56, 2006.

SABINO, E. R. *et al.* A group decision model to support the water resources conflict resolution in Carás Valley, a northeast Brazilian region. *Environment, Development and Sustainability*, v. 26, n. 3, p. 8139–8157, 2023.

SANDSTRÖM, A.; SÖDERBERG, C.; NILSSON, J. Adaptive capacity in different multi-level governance models: a comparative analysis of Swedish water and large

carnivore management. *Journal of Environmental Management*, v. 270, p. 110890, 2020.

SARAIVA, H. I. B. et al. A proposal for a balanced scorecard for the water utilities sector to address the United Nations sustainable development goals. *Meditari accountancy research*, v. 32, n. 5, p. 1894–1930, 2024.

SEIDL, R.; BARTHEL, R. Linking scientific disciplines: Hydrology and social sciences. *Journal of hydrology*, v. 550, p. 441–452, 2017.

SHAHBAZNEZHADFARD, M.; YOUSEFI, S. Development of a dynamics-based model for analyzing strategic water–environmental conflicts: systems thinking instead of linear thinking. *Water Policy*, v. 24, n. 1, p. 83-100, 2021.

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, A. C. S.; GALVÃO, C. O.; RIBEIRO, M. M. R.; ANDRADE, T. S. Adaptation to climate change: institutional analysis. In: KOLOKYTHA, E.; OISHI, S.; TEEGAVARAPU, R. S. V. (Ed.). *Sustainable Water Resources Planning and Management Under Climate Change*. Singapore: Springer, 2017, p. 261-280.

SILVA, D. C.; AQUINO, S. H. S.; SILVA, S. M. O.; SOUZA FILHO, F. A. Diagnóstico institucional da alocação negociada de água no Estado do Ceará: aplicação do framework de Elinor Ostrom. In: SOUZA FILHO, F. A.; SILVA, S. M. O.; FORMIGA-JOHNSSON, R. M.; NELSON, D. R.; NAUDITT, A; RIBBE, L. (Org.). *Adapta: Gestão adaptativa do risco climático de seca*. Fortaleza: Expressão Gráfica, 2019, p. 315-326.

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.

SILVA, M. B. M.; AMORIM, A. L.; RIBEIRO, M. M. R. A atuação do sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos e do ministério público em conflitos pelo uso da água em uma bacia hidrográfica compartilhada. In: ALVAREZ, G.; PAZÓ, C. G.; OLIVEIRA, L. B. (Eds.). *Relações, conflitos socioambientais e respostas multidirecionais: contribuições interdisciplinares*. Porto Seguro: UFSB, 2024. p. 170–194.

- SILVA, M. B. M.; RIBEIRO, M. M. R. Alocação e governança da água como mecanismos de resolução de conflitos. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, v. 27, n. 3, p. 533-540, 2022.
- SILVA, M. B. M.; RIBEIRO, M. M. R. Caracterização de conflitos pelo uso da água: o caso do Reservatório Epitácio Pessoa. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 24., 2021, Belo Horizonte. Anais [...]. Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2021b. p. 1-10.
- 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, n. 1, p. 22– 0, 2021a.
- SILVA, T. A. Conceitos de estabilidade com horizonte variável no modelo de grafos para resolução de conflitos com preferências probabilísticas. Dissertação (Mestrado em Estatística) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2024.
- SIVAPALAN, M. Debates-Perspectives on socio-hydrology: Changing water systems and the “tyranny of small problems”-Socio-hydrology. *Water Resources Research*, v. 51, n. 6, p. 4795–4805, 2015.
- SIVAPALAN, M.; SAVENIJE, H. H. G.; BLÖSCHL, G. Socio-hydrology: A new science of people and water. *Hydrological Processes*, v. 26, n. 8, p. 1270–1276, 2012.
- SMITH, N. *Uneven Development: Nature, Capital, and the Production of Space*. 3. ed. Atenas e Georgia: The University of Georgia Press, 1984. v. 1.
- SOUZA FILHO, F. A. comissão Fortaleza: Akvos Editora, 2022a.
- SOUZA FILHO, F. A. Primeiro olhar sobre a alocação de água no Ceará: contexto, reforma e contrarreforma. Fortaleza: [s.n.], 2022b.
- SOUZA, M. A. R. et al. O uso do software IRAMUTEQ na análise de dados em pesquisas qualitativas. *Revista da Escola de Enfermagem da USP*, v. 52, 2018.
- STEIN, C.; ERNSTSON, H.; BARRON, J. A social network approach to analyzing water governance: the case of the Mkindo Catchment, Tanzania. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, v. 36, n. 14-15, p. 1085-1092, 2011.
- STUDART, T. M. C.; CAMPOS, J. N.; SOUZA FILHO, F. A.; PINHEIRO, M. I. T.; BARROS, L. S. Turbulent waters in Northeast Brazil: A typology of water governance-related conflicts. *Environmental Science & Policy*, v. 126, p. 99–110, 2021.

SU, Y. *et al.* The robustness mechanism of the rural social-ecological system in response to the impact of urbanization—Evidence from irrigation commons in China. *World development*, v. 178, n. 106565, p. 106565, 2024.

TEH, T.-H. *Hydro-urbanism: reconfiguring the urban water-cycle in the lower Lea river basin*, London - UCL Discovery. 2011.

UM SÓ PLANETA. Projeto 4546/2021: uma ameaça para a gestão da água no Brasil e para a luta contra a emergência climática. 2022. Disponível em: <<https://umsoplaneta.globo.com/opiniao/colunas-e-blogs/samuel-barreto/post/2022/12/projeto-45462021-uma-ameaca-para-a-gestao-da-agua-no-brasil-e-para-a-luta-contra-a-emergencia-climatica.ghtml>>. Acesso em: 12 nov. 2024.

URRUTY, N.; TAILLIEZ-LEFEBVRE, D.; HUYGHE, C. Stability, robustness, vulnerability and resilience of agricultural systems. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, v. 36, p. 1-15, 2016

VALLET, A. *et al.* Power asymmetries in social networks of ecosystem services governance. *Environmental Science and Policy*, v. 114, p. 329–340, 2020.

VAN HATEREN, T. C. *et al.* Where should hydrology go? An early-career perspective on the next IAHS Scientific Decade: 2023–2032. *Hydrological Sciences Journal*, v. 68, n. 4, p. 529–541, 2023.

VAN LANGEN, S. C. H. *et al.* Effect of a reservoir network on drought propagation in a semi-arid catchment in Brazil. *Hydrological Sciences Journal*, v. 66, n. 10, p. 1567–1583, 2021.

VANDA, S.; NIKOO, M. R.; BAKHTIARI, P. H.; AL-WARDY, M.; ADAMOWSKI, J. F.; HİMÖNEK, J.; GANDOMI, A. H. Reservoir operation under accidental MTBE pollution: a graph-based conflict resolution framework considering spatial-temporal-quantitative uncertainties. *Journal of Hydrology*, v. 605, p. 127313, 2022.

VASCONCELOS, V. V. *et al.* Public policies for negotiated water allocation: a dialogue between Thailand and Brazil. *Water policy*, v. 17, n. 5, p. 887–901, 2015.

VEIGA, M. E. B.; RIBEIRO, M. M. R. Modelo grafo para resolução de conflitos aplicado em área de preservação permanente na Bacia do Alto Curso do Rio Jaguaribe – PB. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 24., 2021, Belo Horizonte. Anais [...]. Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2021. p. 1-9.

VENTURINI, T. Diving in magma: how to explore controversies with actor-network theory. *Public Understanding of Science*, v. 19, n. 3, p. 258–273, 2010.

VENTURINI, T.; MUNK; A. K. *Controversy Mapping: a field guide*. John Wiley & Sons, 2021.

VIEIRA, Z. M. C. L.; RIBEIRO, M. M. R. A methodology for first- and second-order water conflicts analysis. *Water Policy*, v. 12, n. 6, p. 851-870, 2010.

VON NEUMANN, J.; MORGENSTERN, O. *Theory of Games and Economic Behavior*. Princeton: Princeton University Press, 1994, 2004.

VOOGD, R.; RUDBERG, P. M.; VRIES, J. R.; BEUNEN, R.; ESPIRITU, A. A.; METHNER, N.; LARSEN, R. K.; FEDREHEIM, G. E.; GOES, S.; KRUGER, E. A systematic review on the role of trust in the water governance literature. *Water Research X*, v. 16, p. 100147, 2022.

VOROSMARTY, C. J.; HOEKSTRA, A. Y.; BUNN, S. E.; CONWAY, D.; GUPTA, J. Fresh water goes global. *Science*, v. 349, n. 6247, p. 478-479, 2015.

WANG, D.; QIU, L.; WEN, X.; XU, Y. Conflict analysis of multiple decision-makers ecological environment governance of water resources based on graph model with heterogeneous preference in China's South-to-North water transfer project. *Journal of Cleaner Production*, v. 451, p. 142050–142050, 2024.

WHALEY, L. Water Governance Research in a Messy World: A Review. *Water Alternatives*, v. 15, n. 2, p. 218–250, 2022.

WIECHMAN, A. *et al.* Institutional dynamics impact the response of urban Socio-hydrologic systems to supply challenges. *Water resources research*, v. 60, n. 2, 2024.

WORLD WIDE FUND FOR NATURE – WWF. Cortes no orçamento da União atingem Unidades de Conservação e combate ao desmatamento. 2017. Disponível em: https://d3nehc6yl9qzo4.cloudfront.net/downloads/ploa_mma_definitivo_baixa.pdf. Acesso em: 20 de fevereiro de 2025.

WU, N.; XU, Y.; KILGOUR, D. M.; FANG, L. The graph model for composite decision makers and its application to a water resource conflict. *European Journal of Operational Research*, v. 306, n. 1, p. 308-321, abr. 2023.

WU, N.; XU, Y.; KILGOUR, D. Water allocation analysis of the Zhanghe River basin using the Graph Model for Conflict Resolution with incomplete fuzzy preferences. *Sustainability*, v. 11, n. 4, p. 1099, 2019.

WU, X. *et al.* Two-stage water resources allocation negotiation model for transboundary rivers under scarcity. *Frontiers in Environmental Science*, v. 10, 2022.

- YANG, B.; YIN, K.; LI, X.; LIU, Z. Graph model under grey and unknown preferences for resolving conflicts on discharging Fukushima nuclear wastewater into the ocean. *Journal of Cleaner Production*, v. 332, p. 130019, 2022.
- YANG, M.; YANG, K.; CHE, Y.; LU, S.; SUN, F.; CHEN, Y.; LI, M. Resolving Transboundary Water Conflicts: dynamic evolutionary analysis using an improved GMCR model. *Water Resources Management*, v. 35, n. 10, p. 3321-3338, 2021.
- YORK, A. M.; SULLIVAN, A.; BAUSCH, J. C. Cross-scale interactions of socio-hydrological subsystems: examining the frontier of common pool resource governance in Arizona. *Environmental Research Letters*, v. 14, n. 12, p. 125019, 23 dez. 2019.
- YOUNG, L.; ALFREY, L.; O'CONNOR, J. When teachers Google physical literacy: A cartography of controversies analysis. *European Physical Education Review*, 2021.
- YU, J.; DENG, X. The Graph Model under Intuitionistic Fuzzy Preference Considering Consensus and Attitudes. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, v. 32, n. 7, p. 3914–3927, 2024.
- YU, J.; KILGOUR, D. M.; HIPEL, K. W.; ZHAO, M. Power asymmetry in conflict resolution with application to a water pollution dispute in China. *Water Resources Research*, v. 51, n. 10, p. 8627-8645, 2015.
- ZHAO, R.; CHEN, Q.; KONG, D.; SONG, Y. Forest tourism development conflict analysis under carbon peak and neutrality goals—Based on graph model for conflict resolution. *Frontiers in Environmental Science*, v. 10, p. 609-616, 2022.

ANEXO I

VERBOS PARA CLASSIFICAR INTERAÇÕES

Tabela A1 – Verbos indicados por Anderies, Barreteau e Brady (2019) para representar as interações entre os componentes do Arcabouço de Robustez de Sistemas Socioecológicos. Os verbos estão organizados em classes e subclasses.

Classes	Subclasses	Verbos
Quantidade (20 verbos)	Positiva	Fornecer, enriquecer, financiar, informar, fornecer, investir, atrair
	Negativa	Extrair, roubar, pesquisar, aumentar, destruir, desperdiçar, competir, explorar, inundar
	Mudança nas Características	Concentrar, migrar, restringir, modificar
Qualidade (28 verbos)	Positiva	Cuidar, reparar, proteger, desfrutar, idealizar, revigorar, restaurar, coordenar, relaxar
	Negativa	Poluir, erodir, vandalizar, assustar, culpar, pressurizar, exigir, danificar
	Mudança nas Características	Manter, resistir, utilizar, preservar, adaptar, tomar posse, apropriado, vender, excluir, incluir, alterar
Capacidade de modificar (50 verbos)	Positiva de primeira ordem	Apoiar, auxiliar, ajudar, mitigar, ajustar, aconselhar, autorizar, nomear, conceder
	Positiva de segunda ordem	Fazer <i>lobby</i> , capacitar, responsabilizar, legitimar, valorizar, revigorar, educar, implementar, solicitar, estimular, esperar, envolver, consultar, incentivar, influenciar, fazer promessas para
	Negativa	Criticar, ignorar, distrair, restringir, limitar, tornar obsoleto, perturbar, subornar, reclamar, negar, sancionar, processar, protestar, desafiar
	Mudança nas Condições	Habilitar, moldar, regular, controlar, justificar, envolver, facilitar, redefinir, designar, priorizar, planejar

Fonte: Adaptada por Lima (2022) de Anderies, Barreteau e Brady (2019).

APÊNDICE I

INTERAÇÕES ENTRE OS ATORES DO SISTEMA EPITÁCIO PESSOA

A Tabela A2 apresenta de maneira resumida interações entre os atores identificados no Sistema Epitácio Pessoa.

Tabela A2. Interações entre atores.

Relação entre		Descrição
Epitácio Pessoa	Poções	O Reservatório Poções está a jusante e é receptor das águas do PISF. Assim, antes de chegar ao Reservatório Epitácio Pessoa essas águas passam pelo Poções e depende da infraestrutura desse reservatório.
Epitácio Pessoa	Camalaú	O Reservatório Camalaú está a jusante e é receptor das águas do PISF. Assim, antes de chegar ao Reservatório Epitácio Pessoa essas águas passam pelo Reservatório Camalaú e depende da infraestrutura desse reservatório. Também já houve preocupação da qualidade de água do Reservatório Camalaú afetar o volume de água armazenado no Reservatório Epitácio Pessoa.
Epitácio Pessoa	Rio Paraíba	O Rio Paraíba integra todos os corpos hídricos envolvidos no sistema.
Epitácio Pessoa	Acauã	O Reservatório Acauã, quando em situação de crise, demandou defluência de água do Reservatório Epitácio Pessoa. A dependência foi acentuada devido o local de captação de água da CAGEPA. A alteração desse local no espelho d'água do Acauã é um compromisso que a CAGEPA tem que assumir desde o início das alocações negociadas de água, mas até o momento não foi cumprido.
Epitácio Pessoa	Adutoras	É a partir das adutoras que as companhias de água retiram água dos reservatórios.
Epitácio Pessoa	PISF	Em 2017 o Reservatório Epitácio Pessoa só não colapsou devido a chegada das águas do PISF. Nas alocações negociadas de água o PISF tem apresentado um papel crucial na discussão sobre a quantidade de água a ser alocada.
Epitácio Pessoa	CBH-PB	O CBH-PB não se posiciona enquanto instituição para tomada de decisão durante as alocações negociadas de água e nas reuniões do próprio comitê, apesar de possuir atribuições legais para uma relevante atuação.
Epitácio Pessoa	ANA	A ANA é órgão gestor do Reservatório Epitácio Pessoa e é a mediadora das alocações negociadas de água.

Epitácio Pessoa	AESA	A AESA tem delegação da ANA para atuar no Reservatório Epitácio Pessoa nas questões de cobrança e em outras atividades de gestão, como ajudando na gestão de abertura e fechamento das comportas da barragem.
Epitácio Pessoa	DNOCS	DNOCS é órgão responsável pela operação do reservatório, pelas atividades de gerenciamento, como abrir e fechar as comportas da barragem.
Epitácio Pessoa	CAGEPA	A CAGEPA é o maior usuário de água do Reservatório Epitácio Pessoa.
Epitácio Pessoa	COMPESA	A COMPESA está em processo de finalizar a adutora que utilizará de água do Reservatório Epitácio Pessoa.
Epitácio Pessoa	Irrigantes	Há mais de 400 irrigantes que utilizam água do Reservatório Epitácio Pessoa.
Epitácio Pessoa	Municípios	Há 20 municípios que recebem água do Reservatório Epitácio Pessoa através das companhias de água.
Poções	Camalaú	O Reservatório Poções está a jusante do Reservatório Camalaú e é receptor das águas do PISF. Assim, antes de chegar ao Reservatório Camalaú essas águas passam pelo Reservatório Poções e depende da infraestrutura desse reservatório.
Poções	Rio Paraíba	O Rio Paraíba integra todos os corpos hídricos envolvidos no sistema.
Poções	Acauã	O Reservatório Acauã depende das águas do PISF para uma infraestrutura chamada canal Acauã-Araçagi, para fins de abastecimento de água e irrigação. Como o Reservatório Poções é o primeiro receptor das águas do PISF, há conexão entre os reservatórios.
Poções	Adutoras	É a partir das adutoras que as companhias de água retiram água dos reservatórios.
Poções	PISF	Desde 2017 o Reservatório Poções recebe água do PISF. Devido a isso, esse reservatório tem mantido uma condição confortável quanto a quantidade de águas acumuladas.
Poções	ANA	A ANA é órgão gestor do Reservatório Poções e é a mediadora das alocações negociadas de água.
Poções	AESA	No Reservatório Poções, a AESA tem atuado colaborando com algumas atividades de gestão, como ajudando na gestão de abertura e fechamento das comportas da barragem para defluência para outros reservatórios
Poções	DNOCS	DNOCS é órgão responsável pela operação do reservatório, pelas atividades de gerenciamento, como abrir e fechar as comportas da barragem.

Poções	CAGEPA	A CAGEPA é o maior usuário de água do Reservatório Poções.
Poções	Irrigantes	Não há informações de quantos irrigantes há no entorno do Reservatório Poções, mas há vazão alocada para esses usuários. Também há influência dos irrigantes no entorno do Reservatório Epitácio Pessoa com o Reservatório Poções pedindo liberação desse reservatório menor para melhorar a situação do Reservatório Epitácio Pessoa.
Camalaú	Rio Paraíba	O Rio Paraíba integra todos os corpos hídricos envolvidos no sistema.
Camalaú	Acauã	O Reservatório Acauã depende das águas do PISF para uma infraestrutura chamada canal Acauã-Araçagi, para fins de abastecimento de água e irrigação. Como o Reservatório Camalaú é receptor das águas do PISF, há conexão entre os reservatórios.
Camalaú	Adutoras	É a partir das adutoras que as companhias de água retiram água dos reservatórios.
Camalaú	PISF	Desde 2017 o Reservatório Camalaú recebe água do PISF. Devido a isso, esse reservatório tem mantido uma condição confortável quanto a quantidade de águas acumuladas.
Camalaú	ANA	A ANA é a mediadora das alocações negociadas de água do sistema hídrico do qual faz parte o Reservatório Poções. A ANA também emite boletins de acompanhamento que apresenta dados de monitoramento do Reservatório Camalaú.
Camalaú	AESA	A AESA é órgão gestor do Reservatório Camalaú.
Camalaú	DNOCS	O DNOCS realizou uma obra no barramento do Reservatório Camalaú e transferiu a operação dessa obra para a SEIRH-PB, por ser um reservatório de dominialidade estadual.
Camalaú	CAGEPA	A CAGEPA é o maior usuário de água do Reservatório Camalaú.
Camalaú	Irrigantes	Não há informações de quantos irrigantes há no entorno do Reservatório Camalaú, mas há vazão alocada para esses usuários. Também há influência dos irrigantes no entorno do Reservatório Epitácio Pessoa com o Reservatório Camalaú pedindo liberação desse reservatório menor para melhorar a situação do Reservatório Epitácio Pessoa.
Rio Paraíba	Acauã	O Reservatório Acauã depende das águas do PISF para uma infraestrutura chamada canal Acauã-Araçagi, para fins de abastecimento de água e irrigação. Também,

		em momentos de crise, depende da defluência das águas do Reservatório Epitácio Pessoa. Para esses aportes, o Rio Paraíba funciona como canal de ligação entre as infraestruturas.
Rio Paraíba	Adutoras	É a partir das adutoras que as companhias de água retiram água dos reservatórios. Há adutoras que retiram água do leito do rio, como a adutora que abastece o município Barra de Santana.
Rio Paraíba	PISF	O Rio Paraíba funciona como canal que guia as águas do PISF para os reservatórios.
Rio Paraíba	ANA	A gestão realizada pela ANA nos reservatórios de dominialidade da União (Poções e Epitácio Pessoa) afeta o Rio Paraíba, que acaba sendo perenizado durante alguns períodos em determinados trechos que conectam os reservatórios. Os trechos do Rio Paraíba que conectam o reservatório também podem ser impactados pela mediação que ANA faz nas alocações e pela coordenação com a AESA, órgão gestor estadual.
Rio Paraíba	AESA	A AESA é o órgão gestor estadual e nas reuniões de alocação cita preocupação quanto ao assoreamento do rio. Em outros momentos citam ações no leito do rio, como o reflorestamento das nascentes.
Rio Paraíba	DNOCS	A perenização de alguns trechos do Rio Paraíba depende da operação que o DNOCS faz das barragens.
Rio Paraíba	CAGEPA	A CAGEPA depende da água armazenada nos reservatórios e, portanto, o fato do Rio Paraíba servir como canal de ligação entre os reservatórios impacta a CAGEPA. Exemplo disso foi a defluência por muitos anos de Reservatório Epitácio Pessoa para o Reservatório de Acauã para que a CAGEPA pudesse captar água. Há também retirada de água direta do leito do rio, como para o abastecimento da cidade de Barra de Santana, que depende da defluência do Reservatório Epitácio Pessoa.
Rio Paraíba	COMPESA	Na reunião de alocação de 2024 a COMPESA deu a entender que a captação para a adutora em construção se dará no leito do Rio Paraíba, mas não há dados públicos informando o local exato de captação. O que se tem definido é que o volume de água captado pela COMPESA deve ser encomendado pelo PISF e tem o Reservatório Epitácio Pessoa como último intermediário.
Rio Paraíba	Irrigantes	Há irrigantes exatamente a jusante do Reservatório Epitácio Pessoa e que dependem da defluência desse reservatório. Além disso, há irrigantes nos trechos a

		montante (que interligam os reservatórios Poções, Camalaú e Epitácio Pessoa) e no trecho que interliga os Reservatórios Epitácio Pessoa e Acauã.
Rio Paraíba	Municípios	A principal preocupação que conecta os municípios ao Rio Paraíba é a sua função como canal de ligação entre os reservatórios e a possibilidade de perenização para garantir o uso dos irrigantes e do abastecimento de municípios como Barra de Santana.
Acauã	PISF	O Canal Acauã-Araçagi é uma grande infraestrutura de transposição de água que parte do Reservatório Acauã para outras cidades paraibanas. A expectativa é que a água para essa finalidade seja encomendada pelo Estado da Paraíba ao PISF. Isso interliga ainda mais os reservatórios e eixo leste do PISF, que transpõe água para a Bacia do Rio Paraíba.
Acauã	ANA	Em muitas reuniões de alocação a ANA considerou na cearização a defluência de água do Reservatório Epitácio Pessoa para o Reservatório Acauã.
Acauã	AESA	A AESA é o órgão gestor do Reservatório Acauã e era quem, principalmente, defendia e demandava água do Reservatório Epitácio Pessoa para o Reservatório Acauã.
Acauã	CAGEPA	A CAGEPA sempre apresentou dificuldade de captação de água no Reservatório Acauã devido a localização da estrutura de captação, não conseguindo retirar água quando o reservatório apresentava determinado volume. Por causa disso em muitos momentos houve necessidade de defluência do Reservatório Epitácio Pessoa para o Reservatório Acauã. Desde 2019 solicita-se a CAGEPA a alteração do local da estrutura de captação, mas até 2024 não houve ações da CAGEPA nesse sentido.
Acauã	Irrigantes	Muitos Irrigantes do Reservatório Epitácio Pessoa se preocupam com a defluência de água para o Reservatório Acauã, sendo um assunto que gera discussão nas alocações.
Acauã	Municípios	Houveram municípios defendendo os interesses que envolvem o Reservatório Acauã, como o município de Itabaiana.
Adutoras	ANA	A ANA busca informações sobre as adutoras em operação pois esse é um dado que influencia na cearização para alocação de água.
Adutoras	AESA	A AESA tenta passar informações sobre as adutoras em operação pois esse é um dado que influencia na cearização para alocação de água.

Adutoras	CAGEPA	É a partir das adutoras que a CAGEPA consegue fazer o abastecimento de água.
Adutoras	COMPESA	É a partir da adutora que a COMPESA conseguirá fazer o abastecimento de água.
Adutoras	Municípios	Os municípios dependem das adutoras para receber o abastecimento de água.
PISF	ANA	A ANA que passa informações sobre a operação do PISF durante as reuniões de alocação de água, sendo esta uma informação crucial para o planejamento do sistema.
PISF	AESA	A AESA passa informações sobre o PISF, como a situação da encomenda de água pelo Estado da Paraíba.
PISF	DNOCS	As operações do DNOCS nas barragens dos reservatórios permitem a defluência das águas do PISF para chegar nos pontos necessários.
PISF	CAGEPA	A CAGEPA já foi beneficiada pelo aporte de água do PISF ao sistema, pois isso permitiu que fosse defluída água para o Reservatório de Acauã, possibilitando a captação da CAGEPA.
PISF	COMPESA	O volume de água a ser captado pela COMPESA deve ser encomendada do PISF.
PISF	Irrigantes	Os irrigantes do Reservatório Eptácio Pessoa fazem demandas por mais água para suas atividades apoiados no aporte do PISF.
PISF	Municípios	Muitos representantes dos municípios se preocupam com a situação do PISF, isto é, quanto de água vai ser recebida desse aporte. Outros municípios a jusante do Reservatório Eptácio Pessoa demonstram interesse para que seja feito aporte para o Reservatório Acauã e permitir atividades como a agricultura.
ANA	AESA	A ANA e a AESA fazem uma gestão conjunta do sistema quando incluídos todos os corpos hídricos (Poções, Camalaú, Eptácio Pessoa e Rio Paraíba). No Reservatório Eptácio Pessoa a ANA também delega responsabilidades para a AESA, como a cobrança pelo uso da água. Há muita troca de informações entre as agências.
ANA	DNOCS	A ANA solicita ao DNOCS operações das barragens.
ANA	CAGEPA	A ANA solicita informações da CAGEPA, como o automonitoramento dos volumes captados de água. Além disso, a CAGEPA solicita outorga de uso de água à ANA.

ANA	COMPESA	A ANA cobra informações à COMPESA sobre a operação da sua adutora.
ANA	Irrigantes	A ANA executou mais de uma vez ações para cadastrar os irrigantes que captam água no espelho d'água do Reservatório Eptácio Pessoa. Além disso, é responsável por fiscalizar esses usuários.
ANA	Municípios	A relação da ANA com os municípios se dá no processo de mediação das reuniões de alocação.
AESA	DNOCS	A AESA depende de informações sobre a operação do DNOCS para atuar no planejamento de corpos hídricos que ela é responsável pela gestão, como Camalaú e Acauã.
AESA	CAGEPA	A CAGEPA deve solicitar outorga à AESA para captar água dos Reservatórios Camalaú e Acauã e do Rio Paraíba.
AESA	Irrigantes	Os irrigantes que captam água do leito do Rio Paraíba são cadastrados pela AESA. Esta agência já fez campanhas de cadastramento.
AESA	Municípios	Existe uma conexão da AESA com representantes de municípios quanto à capacitação e informações sobre recursos hídricos.
DNOCS	CAGEPA	A captação de água da CAGEPA depende, em certa medida, de operações realizadas pelo DNOCS.
DNOCS	Irrigantes	Muitos irrigantes no município de Boqueirão buscam informações, como sobre cadastramento, no DNOCS, por ser o órgão mais próximo deles fisicamente. O DNOCS ajudou nas campanhas de cadastramento de irrigantes do Reservatório Eptácio Pessoa.
SEIRH-PB	Rio Paraíba	Foi lembrado da atuação da SEIRH-PB na revitalização do leito do Rio Paraíba com a plantação de mudas de espécies locais.
SEIRH-PB	DNOCS	O DNOCS realizou uma obra no barramento do Reservatório Camalaú e transferiu a operação dessa obra para a SEIRH-PB, por ser um reservatório de dominialidade estadual.
SEIRH-PB	AESA	Foi destacada a possibilidade de a SEIRH-PB passar a operação do Reservatório Camalaú para a AESA, isto é, um órgão de gerenciamento passando uma de suas atribuições para um órgão de gestão.
SEIRH-PB	Camalaú	Foi lembrado que a SEIRH-PB faz a fiscalização do barramento do Reservatório Camalaú.
CAGEPA	Irrigantes	Os irrigantes cobram a presença da CAGEPA nas reuniões de alocação e se opõem ao aumento vazão permitida visto que não participam efetivamente.

CAGEPA	Municípios	A CAGEPA é responsável pelo abastecimento de água de muitos municípios paraibanos, seja através do Reservatório Epitácio Pessoa ou dos demais corpos hídricos.
Irrigantes	Municípios	Alguns representantes municipais também representavam seus interesses enquanto irrigantes. E outros representantes de municipais também assumem essa posição mesmo não sendo irrigantes.

As Figuras A1 até a Figura A16 possibilitam visualizar melhor as conexões que existem em cada ator.

Figura A1. Conexões entre o Reservatório Epitácio Pessoa e os outros atores

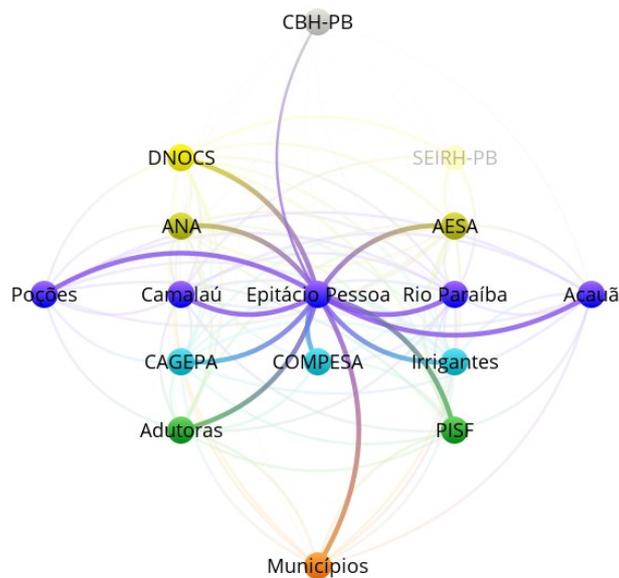


Figura A2. Conexões entre o Reservatório Poções e os outros atores

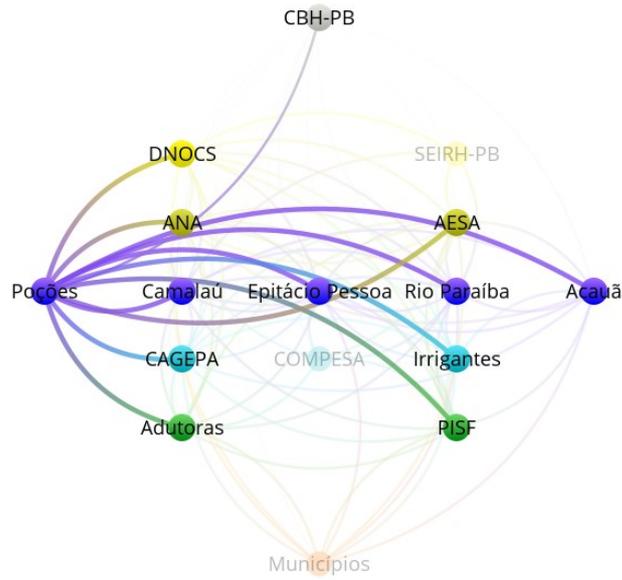


Figura A3. Conexões entre o Reservatório Camalaú e os outros atores

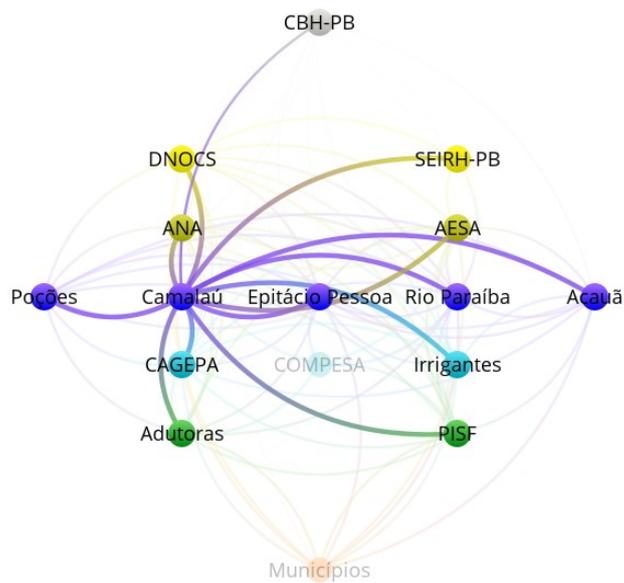


Figura A4. Conexões entre o Rio Paraíba e os outros atores

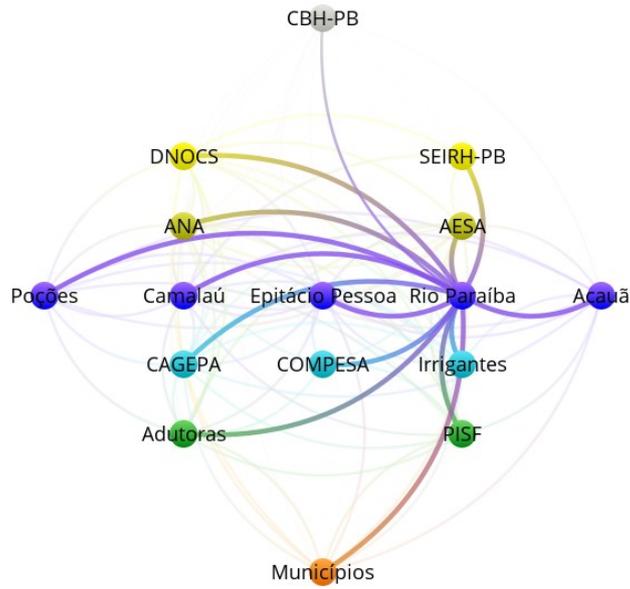


Figura A5. Conexões entre o Reservatório Acauã e os outros atores

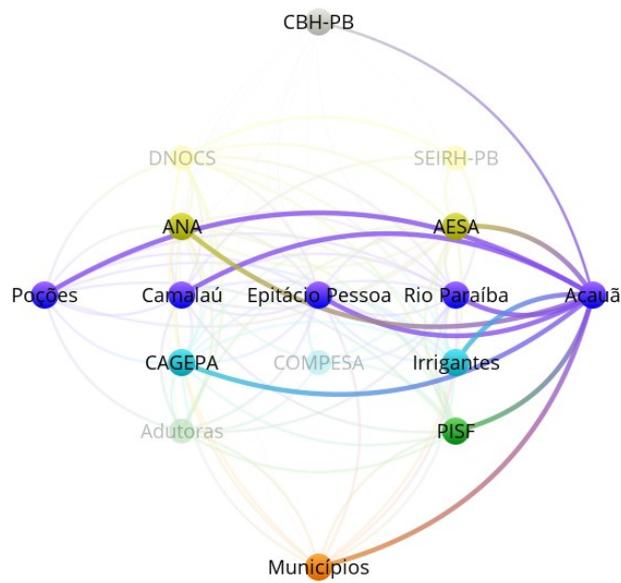


Figura A6. Conexões entre as adutoras e os outros atores

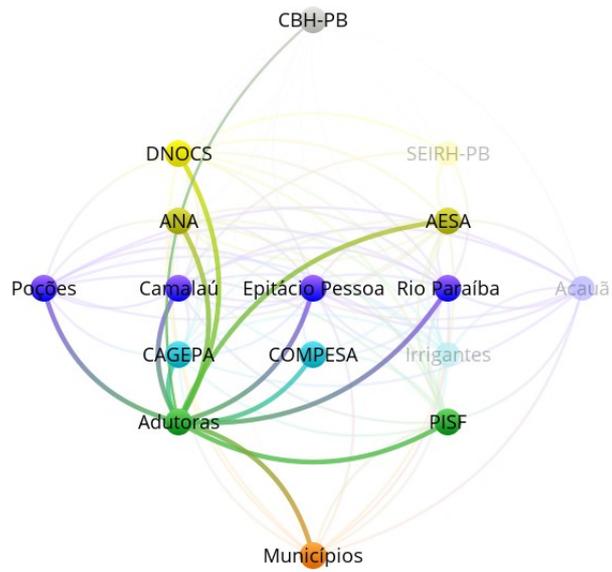


Figura A7. Conexões entre o Projeto de Integração do Rio São Francisco e os outros atores

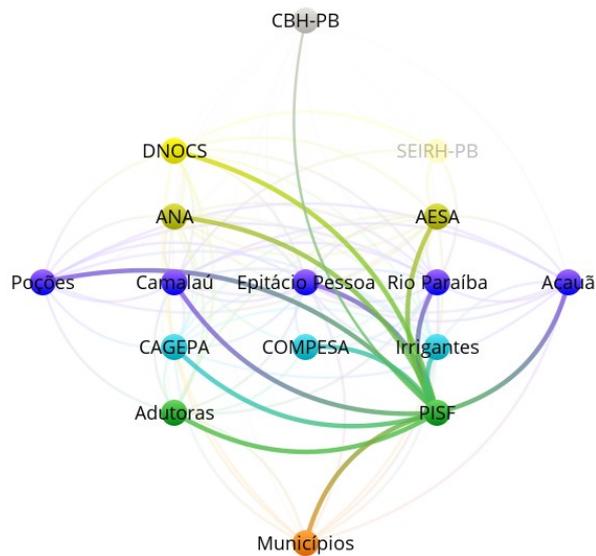


Figura A8. Conexões entre a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico e os outros atores

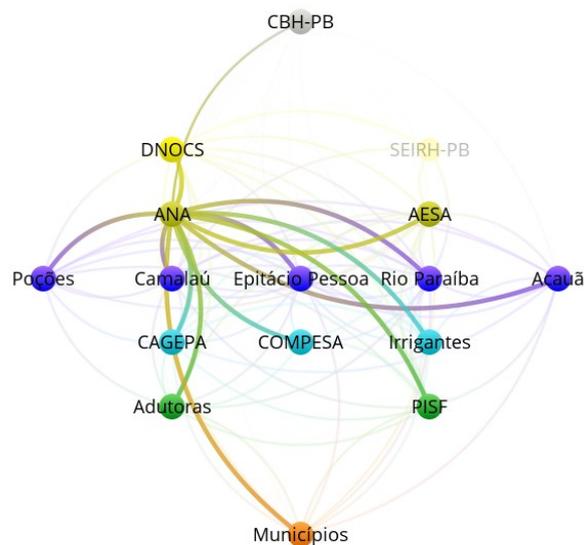


Figura A9. Conexões entre a Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba e os outros atores

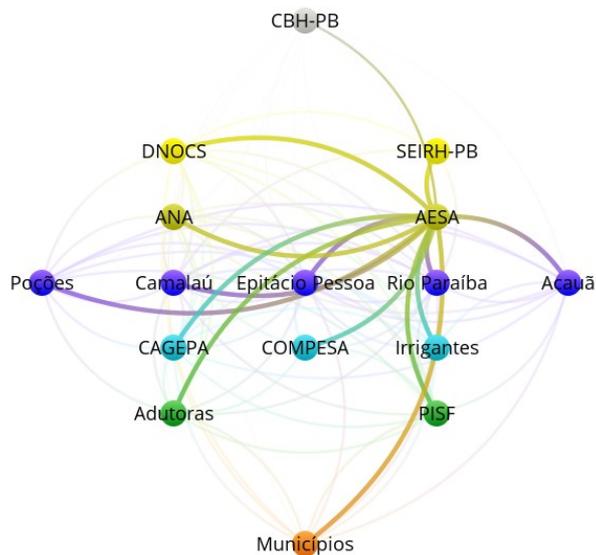


Figura A10. Conexões entre o Departamento Nacional de Obras Contra as Secas e os outros atores

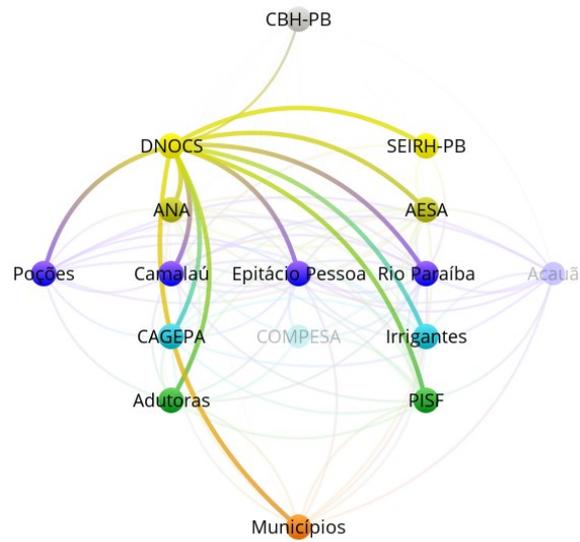


Figura A11. Conexões entre a Secretaria de Estado da Infraestrutura e dos Recursos Hídricos e os outros atores

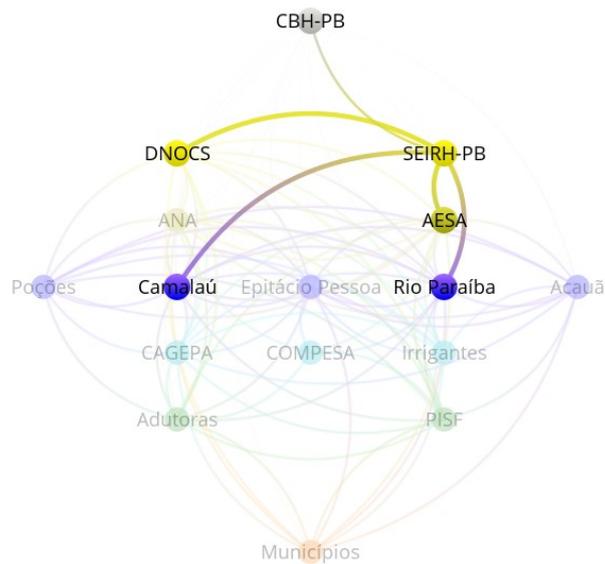


Figura A12. Conexões entre a Companhia de Água e Esgotos da Paraíba e os outros atores

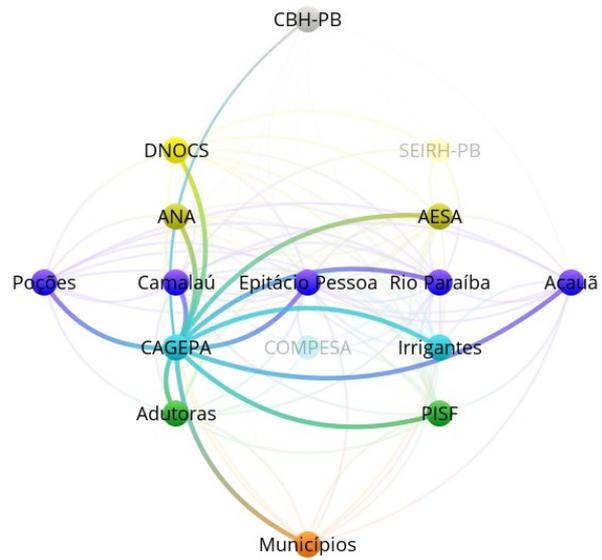


Figura A13. Conexões entre o Companhia Pernambucana de Saneamento e os outros atores

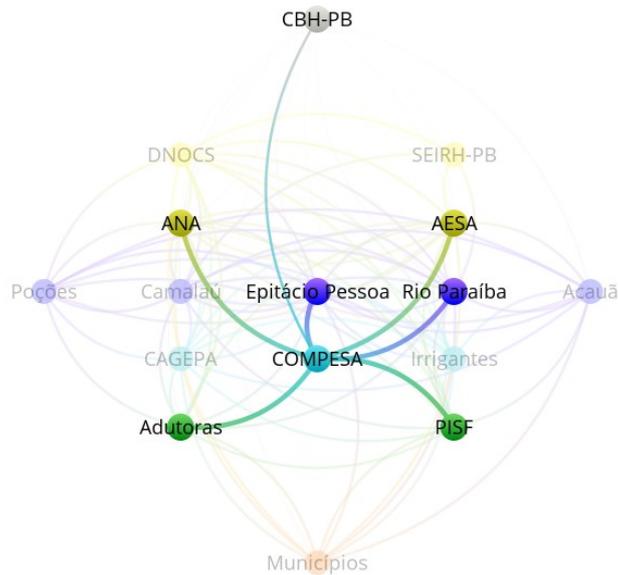


Figura A14. Conexões entre os irrigantes e os outros atores

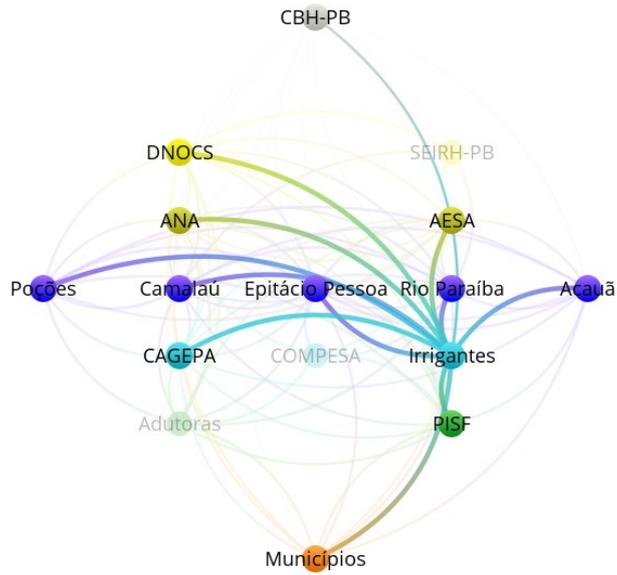


Figura A15. Conexões entre os municípios e os outros atores

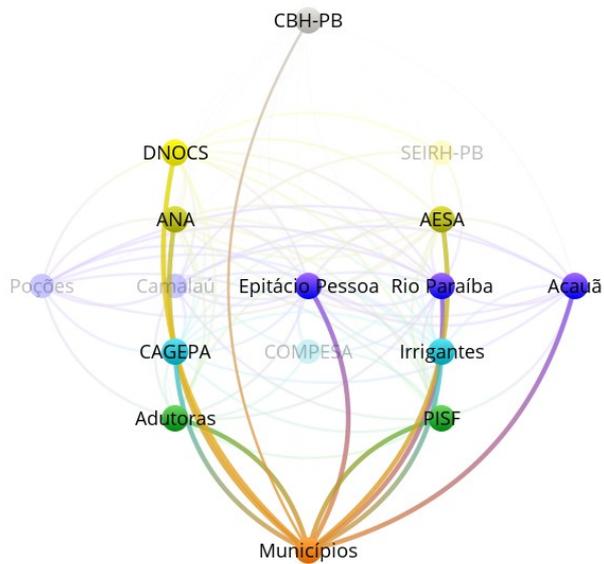
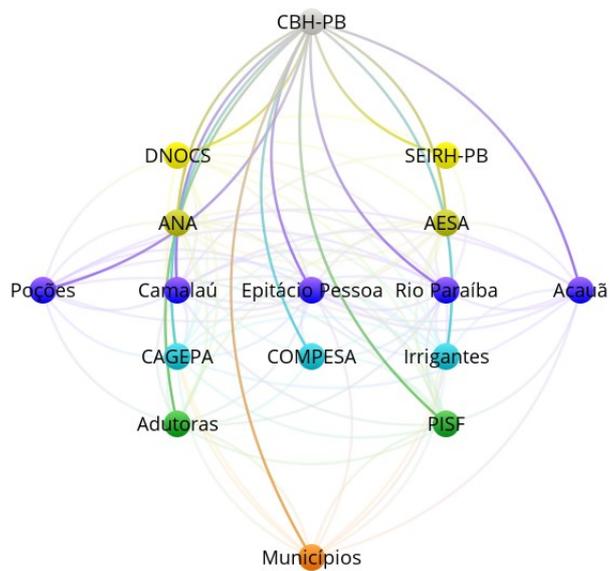


Figura A16. Conexões ausentes entre o Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba e os outros atores



APÊNDICE II

CONTEÚDO DAS REUNIÕES DO COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA (CBH-PB) SOBRE ALOCAÇÃO NEGOCIADA DE ÁGUA

A Tabela A3 apresenta as datas das reuniões do Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba que aconteceram a partir do ano que iniciou o processo de alocação negociada de água. Também mostra o número de menções sobre o tema alocação de água.

Tabela A3. Atas das reuniões analisadas

Data	Reunião	nº de menções
2019	1ª reunião ordinária, 14 de março de 2019	0
2019	2ª reunião ordinária, 4 de dezembro de 2019	1
2019	1ª reunião extraordinária, 23 de agosto de 2019	4
2019	2ª reunião extraordinária, 4 de outubro de 2019	0
2020	1ª reunião ordinária, 30 de julho de 2020	1
2020	2ª reunião ordinária, 17 de dezembro de 2020	0
2020	1ª reunião extraordinária, 28 de agosto de 2020	0
2021	1ª reunião ordinária, 7 de abril de 2021	0
2021	2ª reunião ordinária, 14 de dezembro de 2021	3
2021	1ª reunião extraordinária, 28 de agosto de 2020	0
2022	1ª reunião ordinária, 19 de março de 2022	2
2022	2ª reunião ordinária, 23 de dezembro de 2022	0
2022	1ª reunião extraordinária, 13 de maio de 2022	0
2022	2ª reunião extraordinária, 16 de agosto de 2022	1
2023	1ª reunião extraordinária, 13 de setembro de 2023	4
2024	1ª reunião ordinária, 22 de março de 2024	1

Reunião: 2ª reunião ordinária, 4 de dezembro de 2019

O vice-presidente do CBH-PB cita que o comitê participou das reuniões de alocação negociada de água.

Reunião: 1ª reunião extraordinária, 23 de agosto de 2019

O Diretor de Gestão e Apoio Estratégico da AESA e membro do CBH-PB cita que uma das obrigações da AESA e do CBH-PB é fazer parte das alocações negociadas de água. Fala também que no Reservatório Epitácio Pessoa foi realizada pela ANA, que o Termo de Alocação está no site da AESA e que ficou decidido que seria descarregado 7,72 hectômetros cúbicos para o Reservatório de Acauã.

Reunião: 1ª reunião ordinária, 30 de julho de 2020

O representante da cidade de Campina Grande informa que ele e o representante da AESA fazem parte da Comissão de Acompanhamento da Alocação Negociada de Água do Reservatório Epitácio Pessoa e que foi acordado uma vazão de defluência de 300 litros por segundo para os ribeirinhos do Rio Paraíba.

Reunião: 1ª reunião ordinária, 7 de abril de 2021

O representante da AESA fala que vai haver reunião de alocação negociada, mas para o Reservatório de Cordeiro, sob gestão da AESA.

Reunião: 2ª reunião ordinária, 14 de dezembro de 2021

Um membro do comitê e representante dos irrigantes fez um apelo para que o CBH-PB juntamente com a Comissão de Alocação Negociada de Água envie ofício a CAGEPA solicitando providência quanto à falta d'água constate na cidade de Boqueirão, a Sra. Fernanda disse que o reservatório abastece mais de meio milhão de pessoas e os moradores de Boqueirão onde está situado o reservatório, não tem acesso a essa água. O secretário do CBH-PB disse que este assunto já constava em pauta, e concorda que seja feito ofício ao Presidente da CAGEPA solicitando explicação sobre essa situação de falta d'água na cidade de Boqueirão. Foi colocado em votação e todos aprovaram esse encaminhamento. O representante da AESA disse que esse caso não é competência da AESA nem da Comissão de Acompanhamento da Alocação, mas que é sim competência do comitê.

Reunião: 1ª reunião ordinária, 19 de março de 2022

O representante da AESA fala que irá ser discutido um marco regulatório para o Sistema Poções-Epitácio Pessoa, que é importante que os representantes das prefeituras, CAGEPA e EMPAER enviem propostas para o marco regulatório. Diz ainda que o marco regulatório é como se fosse a alocação negociada de água, mas a alocação observa o sistema no momento, já o marco regulatório tem período de horizonte de dez anos.

Reunião: 2ª reunião extraordinária, 16 de agosto de 2022

O secretário do CBH-PB disse que participou da primeira reunião de alocação negociada de água de 2022 e que foram mostradas fotos do local de entrada do PISF

em monteiro e de como a estrutura está abandonada. Ainda disse que o CBH-PB iria enviar um ofício ao Ministério Público Federal para saber quem é o responsável pela estrutura.

Reunião: 1ª reunião extraordinária, 13 de setembro de 2023

O presidente da AESA falou que a CAGEPA, maior usuário em termo de abastecimento público, não pode faltar as reuniões de alocação de água. Diz também que a alocação deve ser convocada pelo comitê de bacia, que a AESA solicitou que o comitê de bacia faça a convocação. Por fim, o presidente da AESA fala que muitas pessoas que não vão às reuniões acionam o Ministério Público (PB) sobre questões hídricas. O MP procura a AESA e a AESA mostra o Termo de Alocação de Água e o MP rapidamente aceita porque foi decidido pela sociedade.

O presidente do comitê de bacia (Valdemir) cita a ausência da CAGEPA na reunião de alocação do Sistema Hídrico Poções-Epitácio Pessoa.

Todo o restante da discussão foi sobre a reunião de alocação de água que iria acontecer no Reservatório Acauã.

Reunião: 1ª reunião ordinária, 22 de março de 2024

O presidente do comitê falou que a CAGEPA não tem comparecido nem as reuniões do comitê e nem as reuniões de alocação do Epitácio Pessoa e do Acauã. Segundo ele isso demonstra falta de interesse da Empresa.

APÊNDICE III

PREFERÊNCIA DOS ATORES ENVOLVIDOS NO CONFLITO

A partir das reuniões de alocação negociada de água foram observadas as possíveis preferências dos três atores que tiveram suas opções modeladas, os órgãos gestores ANA e AESA formando uma coalização (Tabela A4), e a CAGEPA (Tabela A5) e o grupo de irrigantes (Tabela A6) enquanto usuários de água.

Tabela A4 – Preferências dos órgãos gestores

Ordem de preferência	Condição de preferência	Argumento
1	Y – Y –	Inicialmente, os órgãos gestores demonstram interesse que os compromissos sejam cumpridos.
2	Y Y Y N	Além de desejar que os compromissos sejam cumpridos, a AESA se posiciona favorável a aumentar o volume de água alocado para CAGEPA e a ANA com resistência a permitir o aumento do volume de água alocado para os irrigantes.
3	– Y – N	Quando os movimentos são apenas sobre o volume de água alocado, há a preferência por favorecer a CAGEPA em detrimento dos irrigantes.
4	– N – N	Aparenta ser mais preferível não aumentar o volume de água alocado para os usuários que aumentar para todos.
5	– Y – Y	-
Vetor de preferência: $s_6 < s_4 < s_{12} < s_{10} < [s_2 \sim s_5] < [s_1 \sim s_3] < [s_8 \sim s_{11}] < [s_7 \sim s_9]$		
Legenda: $s_x < s_y$: estado s_x preferível em relação ao estado s_y $s_x \sim s_y$: indiferente a preferência entre os estados s_x e s_y		

Tabela A5 – Preferências da CAGEPA

Ordem de preferência	Condição de preferência	Argumento
1	– Y N –	Nas alocações negociadas de água é evidente a solicitação da CAGEPA para aumentar o volume de água alocado e não necessidade de cumprimento dos acordos através da falta de ação e justificativa sobre a obra no Reservatório Acauã para diminuir a dependência da defluência do Reservatório Epitácio Pessoa em momentos de crise.

2	- Y Y -	Aparenta ser mais preferível cumprir os compromissos e aumentar o volume de água alocado do que a negativa para as duas opções.
3	- N N -	-
Vetor de preferência: $[s_2 \sim s_8] < [s_5 \sim s_6 \sim s_{11} \sim s_{12}] < [s_1 \sim s_7] < [s_3 \sim s_4 \sim s_9 \sim s_{10}]$		
Legenda: $s_x < s_y$: estado s_x preferível em relação ao estado s_y $s_x \sim s_y$: indiferente a preferência entre os estados s_x e s_y		

Tabela A6 – Preferências dos irrigantes

Ordem de preferência	Condição de preferência	Argumento
1	- - - Y	O principal interesse dos irrigantes é pelo aumento do volume de água alocado.
2	Y - Y Y	Em muitos momentos os irrigantes também se posicionam pelo cumprimento dos compromissos e cobram ações da CAGEPA.
3	- - Y Y	Mesmo não havendo a garantia de cumprimento dos compromissos por parte dos órgãos gestores, os irrigantes desejam o cumprimento por parte da CAGEPA e pleiteiam o volume de água alocado.
4	- N - N - Y - Y	Por fim, os irrigantes desejam uma certa proporcionalidade com a CAGEPA quanto ao aumento do volume de água alocado, isto é, deve aumentar o volume alocado para CAGEPA se, e somente se, aumentar para os irrigantes.
Vetor de preferência: $s_{12} < s_{10} < s_{11} < s_9 < s_8 < s_7 < [s_1 \sim s_3 \sim s_4] < [s_2 \sim s_5 \sim s_6]$		
Legenda: $s_x < s_y$: estado s_x preferível em relação ao estado s_y $s_x \sim s_y$: indiferente a preferência entre os estados s_x e s_y		