



Universidade Federal
de Campina Grande



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA E GESTÃO DE
RECURSOS NATURAIS**

**GESTÃO SUSTENTÁVEL DE ÁGUAS NO SEMIÁRIDO
BRASILEIRO: INTEGRAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO
RIO SÃO FRANCISCO (EIXO NORTE) COM A DO RIO PIANCÓ-
PIRANHAS-AÇU**

MARCOS MACRI OLIVERA

Campina Grande – PB
2024

MARCOS MACRI OLIVERA

**GESTÃO SUSTENTÁVEL DE ÁGUAS NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO:
INTEGRAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO
(EIXO NORTE) COM A DO RIO PIANCÓ-PIRANHAS-AÇU**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande – Doutorado – como requisito parcial para obtenção do título de doutor em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais.

Área de concentração: Gestão de Recursos Naturais

Orientador: Prof. Dr. Erivaldo Moreira Barbosa

Campina Grande – PB
2024

O48g

Olivera, Marcos Macri.

Gestão sustentável de águas no Semiárido brasileiro: integração da bacia hidrográfica do Rio São Francisco (Eixo Norte) com a do Rio Piancó-Piranhas-Açu / Marcos Macri Olivera. – Campina Grande, 2024.
263 f. : il. color.

Tese (Doutorado em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2024.

"Orientação: Prof. Dr. Erivaldo Moreira Barbosa".

Referências.

1. Gestão de Recursos Hídricos. 2. Governança Hídrica. 3. Projeto de Integração – Rio São Francisco. 4. Sustentabilidade. 5. Integração de Bacias Hidrográficas. 6. Rio São Francisco. 7. Rio Piancó-Piranhas-Açu. I. Barbosa, Erivaldo Moreira. II. Título.

CDU 556.5(043)



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
POS-GRADUACAO EM ENGENHARIA E GESTAO DE RECURSOS NATURAIS
Rua Aprigio Veloso, 882, - Bairro Universitario, Campina Grande/PB, CEP 58429-900

FOLHA DE ASSINATURA PARA TESES E DISSERTAÇÕES

Marcos Macri Olivera

**“GESTÃO DE ÁGUAS: INTEGRAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO (EIXO NORTE)
COM A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIANCÓ-PIRANHAS-AÇU.”**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais como pré-requisito para obtenção do título de Doutor Engenharia e Gestão de Recursos Naturais.

Aprovada em:27/11/2024

Dr.(a.) **Erivaldo Moreira Barbosa** (Orientador PPGEGRN).

Dr.(a.) **Viviane Farias Silva/PPGEGRN**(Examinador Interno).

Dr.(a.) **Kettrin Farias Bem Maracajá/PPGEGRN**(Examinador Interno).

Dr.(a.) **Valterlin da Silva Santos/UAC/UFCE** (Examinador Externo).

Dr.(a.) **Paulo Abrantes de Oliveira/UAD/UFCE** (Examinador Externo).



Documento assinado eletronicamente por **ERIVALDO MOREIRA BARBOSA, PROFESSOR(A) DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 08/12/2024, às 07:13, 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 **VIVIANE FARIAS SILVA, COORDENADORA DE PÓS GRADUAÇÃO**, em 09/12/2024, às 12:50, 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 **KETTRIN FARIAS BEM MARACAJA, PROFESSOR(A) DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 13/12/2024, às 11:13, 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 **VALTERLIN DA SILVA SANTOS, PROFESSOR(A) DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 16/12/2024, às 13:28, 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 **PAULO ABRANTES DE OLIVEIRA, PROFESSOR 3 GRAU**, em 17/12/2024, às 18:46, 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 **5049534** e o código CRC **6893C602**.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, pelo apoio inabalável e contínuo ao longo de toda a minha formação acadêmica, por acreditarem incondicionalmente em meus sonhos e me incentivarem a cada etapa desta trajetória. Sem o suporte inestimável de vocês, a realização dos meus objetivos teria sido muito mais difícil, senão impossível.

À minha esposa, pela paciência, compreensão e suporte incondicional durante a elaboração deste trabalho. A sua presença constante e o amor inabalável que me ofereceu foram elementos fundamentais para que eu pudesse enfrentar os inúmeros desafios encontrados ao longo deste percurso, superando as adversidades mesmo nos momentos de maior dificuldade. Agradeço profundamente por estar ao meu lado em todos os instantes.

Ao meu orientador, pela orientação perspicaz, paciência e comprometimento contínuo ao longo deste processo. As suas contribuições técnicas, o rigor acadêmico e as sugestões enriquecedoras foram fundamentais para a concepção e o aprimoramento desta tese, não apenas oferecendo direcionamento metodológico, mas também me inspirando com sua dedicação e visão crítica.

Aos membros da banca de avaliação, pelo tempo generosamente dedicado a este trabalho, pelas análises minuciosas e pelas sugestões construtivas que, sem dúvida, elevaram a qualidade deste estudo. A contribuição de cada um dos senhores e senhoras foi essencial para o aprimoramento e o rigor desta pesquisa, agregando novas perspectivas e reflexões que enriqueceram o debate acadêmico proposto.

Aos participantes da pesquisa, pela colaboração imprescindível, por disponibilizarem seu tempo valioso e por compartilharem suas experiências e perspectivas, que constituíram a base empírica para a materialização deste projeto. Sem a vossa participação, este trabalho não teria atingido a profundidade e abrangência necessárias para a sua concretização.

Aos amigos, colegas e professores que, de diferentes formas, contribuíram para esta jornada — seja através de palavras de incentivo, aconselhamentos, discussões acadêmicas ou momentos de descontração — expressei meus mais sinceros agradecimentos.

RESUMO

O presente estudo teve como objetivo analisar a gestão de águas na integração da bacia do Rio São Francisco (Eixo Norte) com a bacia do Rio Piancó-Piranhas-Açu, investigando possíveis relações ocorrentes entre arranjos normativos-institucionais, as ações governamentais e as inovações sociotécnicas implementadas. A pesquisa utilizou o método indutivo-sistêmico, configurando-se como um estudo de caso que envolveu análise documental e de conteúdo, abarcando a investigação de documentos oficiais e a realização de entrevistas com *stakeholders* diretamente envolvidos no objeto de estudo. A análise documental compreendeu um extenso conjunto de documentos provenientes de diferentes entidades envolvidas, enquanto a análise de conteúdo foi conduzida segundo o protocolo de Bardin, visando identificar e mapear categorias temáticas, além de explorar as inter-relações entre elas. Essa abordagem permitiu revelar padrões e conexões nos dados analisados. Os principais resultados indicam deficiências nos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) aplicados à integração da bacia do Rio São Francisco (Eixo Norte) com a bacia do Rio Piancó-Piranhas-Açu, evidenciando desconexão entre planejamento e execução, falta de coordenação entre instituições envolvidas e baixa participação social. Conclui-se que a sustentabilidade do Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF) requer uma gestão integrada e a adoção de inovações sociotécnicas. Reforçar a governança, capacitar os comitês de bacia e promover melhorias na infraestrutura são ações importantes para garantir acesso equitativo à água e fortalecer a participação social na gestão dos recursos hídricos.

Palavras-chave: Gestão de Recursos Hídricos; Governança Hídrica; Projeto de Integração do Rio São Francisco; Sustentabilidade; Integração de Bacias.

ABSTRACT

This study aimed to analyze water management in the integration of the São Francisco River Basin (North Axis) with the Piancó-Piranhas-Açu River Basin, investigating possible relationships among normative-institutional arrangements, governmental actions, and the socio-technical innovations implemented. The research employed the inductive-systemic method, constituting a case study that involved documentary and content analysis, encompassing the investigation of official documents and conducting interviews with stakeholders directly involved in the subject of the study. The documentary analysis comprised an extensive set of documents from various involved entities, while the content analysis was conducted according to Bardin's protocol, aiming to identify and map thematic categories, as well as explore the interrelationships among them. This approach enabled the revelation of patterns and connections within the analyzed data. The main results indicate deficiencies in the instruments of the National Water Resources Policy applied to the integration of the São Francisco River Basin (North Axis) with the Piancó-Piranhas-Açu River Basin, highlighting a disconnect between planning and execution, lack of coordination among the involved institutions, and limited social participation. It is concluded that the sustainability of the São Francisco River Integration Project requires integrated management and the adoption of socio-technical innovations. Strengthening governance, empowering basin committees, and promoting infrastructure improvements are important actions to ensure equitable access to water and to enhance social participation in water resources management.

Keywords: Water Resources Management; Water Governance; São Francisco River Integration Project; Sustainability; Basin Integration

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

- AESA - Agência Executiva de Gestão das Águas
- ANA - Agência Nacional de Águas
- ANT - *Actor-Network Theory*
- BHPPA – Bacia Hidrográfica do Rio Piancó-Piranhas-Açu
- CBHSF – Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco
- CBPPA - Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Piancó-Piranhas-Açu
- CGPISF - Conselho Gestor do PISF
- CNRH - Conselho Nacional de Recursos Hídricos
- CODEVASF - Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba
- COGERH - A Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos
- DNOCS - Departamento Nacional de Obras Contra as Secas
- GRH - Gestão de Recursos Hídricos
- IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
- IGARN - Instituto de Gestão das Águas do Estado do Rio Grande do Norte
- LHWP - *Lesotho Highlands Water Project*
- MDR - Ministério do Desenvolvimento Regional
- MLP - *Multi-Level Perspective*
- NCWCD - *Northern Colorado Water Conservancy District*
- OCDE - Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
- PGA - Plano de Gestão Anual
- PISF - Projeto de Integração do Rio São Francisco
- PNRH - Política Nacional de Recursos Hídricos
- SCOT - *Social Construction of Technology*
- SGIB - Sistema de Gestão do PISF com as bacias do Nordeste Setentrional
- SINDUSCON/SP - Sindicato da Indústria Civil do Estado de São Paulo
- SINGREH - Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
- SMHS - *Snowy Mountains Hydroelectric Scheme*
- SOHIDRA - Superintendência de Obras Hidráulicas
- SRH - Secretaria de Recursos Hídricos do Estado do Ceará
- WWTP - *Wanjiazhai Water Transfer Project*

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 11 |
| 1.1 Delimitação do Tema e da Problemática | 11 |
| 1.2 Objetivos | 13 |
| <i>1.2.1 Objetivo Geral</i> | <i>13</i> |
| <i>1.2.2 Objetivos Específicos</i> | <i>13</i> |
| 1.3 Justificativa | 13 |
| 1.4 Inovação e Ineditismo | 15 |
| 1.5 Aspectos Socioeconômicos e Ambientais | 16 |
| 1.6 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável | 16 |
| 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA | 18 |
| 2.1 Panorama Geral sobre Gestão de Recursos Hídricos | 18 |
| 2.2 Teorias de Gestão de Recursos Hídricos | 26 |
| 2.3 Gestão de Integração de Bacias Hidrográficas: exemplos internacionais | 31 |
| 2.4 Gestão de Integração de Bacias Hidrográficas no Brasil | 35 |
| 2.5 Gestão de Integração da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco e Bacia do Rio Piancó-Piranhas-Açu | 45 |
| 2.6 Teoria dos Stakeholders: aspectos gerais | 47 |
| <i>2.6.1 Teoria dos Stakeholders aplicada aos recursos hídricos</i> | <i>51</i> |
| 2.7 Teoria da Inovação Sociotécnica | 52 |
| <i>2.7.1 Teorias Fundamentais da Inovação Sociotécnica</i> | <i>55</i> |
| 2.8 Estudos Correlatos Recentes | 58 |
| 3 METODOLOGIA | 63 |
| 3.1 Caracterização da Área de Estudo | 63 |
| 3.2 Estrutura Metodológica da Pesquisa | 66 |
| 3.3 Método | 67 |
| 3.4 Procedimentos Metodológicos | 67 |
| <i>3.4.1 Análise Documental</i> | <i>68</i> |
| <i>3.4.2 Análise de Conteúdo</i> | <i>72</i> |
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 77 |
| 4.1 Documentos Normativos dos Arranjos Jurídicos-Institucionais | 77 |
| <i>4.1.1 Panorama Geral do Sistema de Gestão do PISF</i> | <i>77</i> |
| <i>4.1.2 Configuração dos Arranjos Jurídico-Institucionais</i> | <i>80</i> |

| | |
|--|------------|
| 4.2 Análise das Atas do Conselho Gestor do PISF e Comitês das Bacias | |
| Hidrográficas | 88 |
| <i>4.2.1 Análise das Deliberações do Conselho Gestor do PISF</i> | <i>88</i> |
| <i>4.2.2 Discussões dos Comitês de Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco e Piancó-Piranhas-Açu sobre a Implementação do PISF.....</i> | <i>97</i> |
| 4.3 Relatórios dos Entes Gestores do PISF: MDR, CODEVASF e ANA | 103 |
| <i>4.3.1 Operacionalização e Desafios da Gestão do PISF no Eixo Norte.....</i> | <i>103</i> |
| 4.4 Articulação entre Fundamentos Teóricos e Evidências Empíricas Sobre os Arranjos Normativos-Institucionais | 115 |
| 4.5 Medidas Conjunturais Governamentais na Gestão do PISF – Eixo Norte | 120 |
| <i>4.5.1 Medidas de Infraestrutura e Engenharia.....</i> | <i>120</i> |
| <i>4.5.2 Medidas de Planejamento e Alocação de Recursos Hídricos</i> | <i>122</i> |
| <i>4.5.3 Medidas de Monitoramento e Segurança</i> | <i>125</i> |
| <i>4.5.4 Medidas de Manutenção e Conservação</i> | <i>128</i> |
| <i>4.5.5 Medidas de Operação e Gestão de Recursos</i> | <i>130</i> |
| 4.6 Articulação entre Fundamentos Teóricos e Evidências Empíricas Sobre as Medidas Conjunturais Governamentais | 135 |
| 4.7 Explorando Potenciais Inovações Sociotécnicas no Contexto da Integração Rio São Francisco com a Bacia Piancó-Piranhas-Açu | 138 |
| <i>4.7.1 Inovações em Monitoramento e Controle Operacional.....</i> | <i>139</i> |
| <i>4.7.2 Inovações em Infraestrutura e Técnicas de Reforço</i> | <i>142</i> |
| 4.8 Articulação entre Fundamentos Teóricos e Evidências Empíricas Sobre as Potenciais Inovações Sociotécnicas | 147 |
| 4.9 Análise de Conteúdo da Percepção dos Stakeholders na Integração do Rio São Francisco com a Bacia de Piancó-Piranhas-Açu | 149 |
| <i>4.9.1 Sociedade Civil Organizada e Usuários.....</i> | <i>149</i> |
| <i>4.9.2 Poder Público e Gestão da Bacia Hidrográfica Piancó-Piranhas-Açu</i> | <i>162</i> |
| <i>4.9.3 Professores Especialistas da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)</i> | <i>171</i> |
| <i>4.9.4 Mapa de Rede de Categorias Temáticas Analisadas.....</i> | <i>184</i> |
| <i>4.9.5 Análise Crítica da Aplicação dos Instrumentos da PNRH no Contexto do PISF: Percepções dos Stakeholders.....</i> | <i>203</i> |
| 4.10 Perspectivas Documentais e de Stakeholders na Gestão do PISF – Eixo Norte: Uma Abordagem Integrativa..... | 219 |

| | |
|--|------------|
| 5 CONCLUSÕES..... | 227 |
| 5.1 Sugestões para Estudos Futuros..... | 230 |
| 5.2 Limitações da Pesquisa | 231 |
| REFERÊNCIAS | 233 |
| APÊNDICES | 255 |

1 INTRODUÇÃO

1.1 Delimitação do Tema e da Problemática

Este documento, intitulado "Gestão Sustentável de Águas no Semiárido Brasileiro: Integração da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco (Eixo Norte) com a do Rio Piancó-Piranhas-Açu", apresenta o estudo realizado, em nível de tese, fundamentado na relevância dos temas: essencialidade da água, Gestão de Recursos Hídricos (GRH) no Brasil e Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF) com as bacias do Nordeste Setentrional.

A água, de maneira primal, é essencial à vida. Sua presença é a força motriz da natureza e se caracteriza como a substância de maior quantidade do planeta em seu estado puro. Historicamente, ampara o processo de desenvolvimento das sociedades. Via de regra, esse desenvolvimento gera crescimento populacional, assim como ampliação das funcionalidades e de usos – o que aumenta a pressão por maiores demandas. Dessa maneira, o risco de escassez da água também é crescente e figura entre as principais preocupações de governos, acadêmicos e organizações privadas.

No Brasil, a água representa uma problemática de natureza complexa que reflete um desafio global amplamente reconhecido. O Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 6 (ODS 6), estabelecido pela ONU, destaca a necessidade de garantir a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos até 2030. Apesar de o Brasil possuir a maior reserva de água doce do planeta, sua distribuição geográfica não é proporcional à densidade populacional, resultando em desafios continentais de gestão e conflitos de uso que ecoam as metas do ODS 6.

De maneira técnica, o sistema de gestão de águas no Brasil é regido pela Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Com clara influência do ordenamento desenvolvido na França, o sistema brasileiro passou a integrar União e estados e criou instrumentos que orientam a gestão de águas no país. Nesse ponto, se deu a formalização das Bacias Hidrográficas (e seus Comitês) como elementos de notória relevância para a operacionalização do sistema, qualificando as bacias como a unidade territorial para a implementação da PNRH.

Ao todo, o Brasil possui doze regiões hidrográficas, possuindo a bacia hidrográfica de maior extensão do planeta: a bacia Amazônica, compreendendo sete estados brasileiros, além de alimentar seis países vizinhos. Contudo, a bacia Hidrográfica do São Francisco assoma-se com destaque neste projeto, tendo em vista a relação do Rio São Francisco com a problemática (e solução) da escassez de água no Nordeste brasileiro.

Região geograficamente afetada por extensas secas e conseqüente escassez de água, o Nordeste, principalmente o semiárido nordestino, historicamente encontrou na seca um poderoso entrave para seu desenvolvimento. Não foram (e ainda não são) poucas as propostas de solução idealizadas para o problema nordestino. Uma, em especial, de origem secular, encontra-se em fase final de implementação: o Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF) com as bacias hidrográficas do Nordeste Setentrional.

As obras do PISF foram iniciadas em 2007 e objetivaram integrar as águas do Rio São Francisco, segmentadas em dois sistemas adutores (Eixos Norte e Leste), com as bacias do semiárido nordestino, buscando garantir a segurança hídrica dessa região. O Eixo Norte conduzirá água para os sertões de Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte e Ceará, no tempo em que o Eixo Leste conduzirá para as regiões do Agreste de Pernambuco e da Paraíba – abrangendo uma área de impacto de, ao todo, 789 municípios.

Para tanto, o esforço de operacionalização do projeto em si, assim como do sistema de gestão de águas que colocará em funcionamento a integração demandará elevado esforço de gerenciamento, no qual se incluem ações de planejamento, coordenação, implementação e controle associados ao funcionamento do sistema como todo.

Dessa forma, **indaga-se**: no processo de gestão de águas na integração da bacia do Rio São Francisco (Eixo Norte) com a bacia do Rio Piancó-Piranhas-Açu, quais as possíveis relações ocorrentes entre os arranjos normativos-institucionais, as ações governamentais e as inovações sociotécnicas implementadas?

1.2 Objetivos

1.2.1 *Objetivo Geral*

Analisar a gestão de águas na integração da bacia do Rio São Francisco (Eixo Norte) com a bacia do Rio Piancó-Piranhas-Açu, investigando possíveis relações ocorrentes entre arranjos normativos-institucionais, as ações governamentais e as inovações sociotécnicas implementadas.

1.2.2 *Objetivos Específicos*

- a) Investigar a percepção do Poder Público, Sociedade Civil Organizada e Usuários (*stakeholders*) sobre a relação do Projeto de Integração do Rio São Francisco - PISF e os instrumentos de gestão da Política Nacional de Recursos Hídricos - PNRH aplicáveis à área de estudo;
- b) Descrever as potenciais inovações sociotécnicas implementadas no decorrer dos processos de gestão de águas na integração do Rio São Francisco com a bacia do Rio Piancó-Piranhas-Açu;
- c) Interpretar os arranjos normativos-institucionais relacionados a integração do Rio São Francisco ligados à implementação do Eixo Norte na área do estudo;
- d) Avaliar as medidas conjunturais governamentais na gestão da integração do Rio São Francisco ligadas ao Eixo Norte.

1.3 Justificativa

Em um sentido mais abrangente, pode-se afirmar que a relevância desta pesquisa reside em, ao assumir como premissa a importância do PISF, contribuir para avaliar se o aparato de gestão estabelecido é suficiente para assegurar a correta operacionalização da integração na região escolhida. Essa análise se faz necessária por dois motivos prementes: (1) a necessidade de garantir um retorno adequado do investimento público de grande magnitude e (2) a urgência de mitigar a insegurança hídrica das populações beneficiadas pela obra.

Ademais, considerando que a participação dos usuários e das comunidades constitui um dos pilares da PNRH, espera-se que o estudo forneça subsídios para embasar argumentações críticas desses atores sobre o processo de integração e sua gestão após a conclusão das obras e o início do funcionamento pleno, tornando-se um instrumento científico válido para avaliação. Tal perspectiva baseia-se na visão contemporânea de que a gestão de recursos hídricos vai além de um conjunto de mecanismos técnicos; ela requer uma compreensão socioambiental das comunidades envolvidas no uso da água e sua integração no processo de gestão.

Naturalmente, uma solução inovadora para um problema antigo, como é o caso do PISF em relação à escassez de água no Nordeste Setentrional, tende a gerar problemáticas inesperadas. Parece apropriado estimar que os resultados deste estudo trarão indícios de novas problemáticas com altas probabilidades de materialização, servindo, assim, como elemento de consulta para um diagnóstico preliminar e a busca de soluções práticas e concretas.

Em termos de contribuição ao campo de conhecimento que se posiciona como tema central deste estudo, vislumbra-se a possibilidade de preencher lacunas na literatura, particularmente no que diz respeito à integração de bacias hidrográficas no Brasil e sua relação com metas globais de sustentabilidade, como as definidas no ODS 6. A integração de bacias é um tema pouco explorado no contexto brasileiro, especialmente considerando os desafios únicos enfrentados em regiões semiáridas, como o Nordeste Setentrional. O caráter inédito do PISF, aliado à urgência de garantir a gestão sustentável da água e o cumprimento dos compromissos internacionais, oferece oportunidades para novas constatações empíricas que conectem práticas locais a um panorama global de sustentabilidade. Além disso, abre-se a possibilidade de aplicação do conhecimento emergente a um número maior de casos, considerando que o êxito na execução do PISF pode servir de motivação para iniciativas similares em outras regiões e em diferentes contextos climáticos e socioeconômicos.

Do ponto de vista hídrico-ambiental, sabe-se que o PISF acarreta uma elevada demanda por degradação ambiental e, embora não seja o objetivo principal deste estudo investigar a extensão e a natureza desses impactos, parece pertinente concluir que o objetivo aqui delineado poderá contribuir para uma avaliação exploratória sobre potenciais mecanismos de recuperação ambiental, bem como para a análise de iniciativas governamentais (ou da falta delas) que visem adequar a gestão da integração às diversidades físicas, bióticas, demográficas, econômicas, sociais e culturais das regiões impactadas pelo PISF, conforme orientações presentes na PNRH.

Além de sua contribuição científica, esta pesquisa apresenta potencial de relevância prática, especialmente ao propor reflexões e soluções aplicáveis aos desafios de gestão hídrica enfrentados por projetos de grande escala, como o PISF. No contexto acadêmico, a pesquisa pretende expandir os limites do conhecimento sobre integração de bacias hidrográficas, oferecendo perspectivas particulares sobre os mecanismos de governança e participação social que podem ser aplicados tanto no Brasil quanto em outros países com características hídricas e climáticas similares. Já no âmbito prático, o estudo pode subsidiar tomadores de decisão, gestores públicos e organizações não governamentais com diretrizes baseadas em evidências, capazes de otimizar a implementação de políticas de segurança hídrica, especialmente em regiões semiáridas.

1.4 Inovação e Ineditismo

Um dos aspectos que promove a originalidade desta pesquisa se concentra na análise de como inovações tecnológicas, normas e ações governamentais se conectam para enfrentar os desafios do semiárido nordestino. Ao integrar esses elementos, o estudo busca oferecer uma nova perspectiva sobre como melhorar a gestão hídrica na região, avaliando criticamente a eficácia dessa integração e contribuindo para a compreensão de melhores práticas em governança hídrica.

Outro ponto inovador é a adaptação das inovações sociotécnicas ao contexto regional do semiárido, uma área de alta vulnerabilidade. A pesquisa discute como as tecnologias precisam ser ajustadas às condições locais, considerando fatores ambientais, sociais e econômicos específicos, o que resulta em soluções personalizadas para os desafios de gestão hídrica enfrentados na região.

A pesquisa também é inovadora ao conectar os objetivos locais de gestão hídrica com as metas globais de sustentabilidade, como o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 6 (ODS 6). Essa conexão traz uma visão ampliada, mostrando como os esforços regionais podem contribuir para os compromissos internacionais. A relação entre os desafios do PISF e as metas globais de sustentabilidade é explorada de maneira crítica e prática, criando um vínculo direto entre soluções locais e o desenvolvimento sustentável em escala global.

Além disso, o estudo se destaca por considerar a replicabilidade das inovações do PISF em outras regiões semiáridas do mundo. O enfoque na integração de bacias em contextos de escassez é pouco explorado e, ao propor a aplicação dessas inovações em outros locais, a pesquisa amplia o potencial de impacto das soluções desenvolvidas. Isso reforça o caráter inovador do estudo, contribuindo para o debate internacional sobre segurança hídrica e gestão de recursos em áreas vulneráveis.

1.4 Aspectos Socioeconômicos e Ambientais

No âmbito socioeconômico, o estudo tem potencial para analisar como a transposição do Rio São Francisco pode contribuir para o desenvolvimento regional e melhorar a qualidade de vida das comunidades locais. O PISF tem motivação de garantir segurança hídrica, beneficiando populações vulneráveis e apoiando atividades econômicas, como a agricultura familiar. Dessa forma, a pesquisa espera examinar como as inovações propostas podem gerar benefícios diretos, criando novas oportunidades e ajudando a reduzir a pobreza na região.

Em relação aos aspectos ambientais, a pesquisa reconhece a importância de buscar um equilíbrio entre as intervenções humanas e a conservação dos ecossistemas locais. O PISF pode alterar os fluxos naturais de água, impactando a biodiversidade e os regimes hídricos da região. Embora não seja objetivo central deste, o estudo possibilita uma análise sobre possíveis efeitos e explorar medidas para minimizar danos à fauna e flora, além de contribuir para a proteção e recuperação dos recursos naturais.

A participação da comunidade local e outros interessados diretos é considerada um fator importante para a execução bem-sucedida do PISF. A pesquisa espera levar em conta as percepções das comunidades afetadas sobre as mudanças provocadas pelo projeto, garantindo que suas necessidades sejam consideradas. Isso pode resultar em uma execução mais adequada das intervenções, ajustada às realidades locais.

1.5 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável

A pesquisa se encontra alinhada com as temáticas apontadas por Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU, que são metas globais para promover um

desenvolvimento mais justo e sustentável. O principal ODS abordado pela pesquisa é o ODS 6: Água Potável e Saneamento, que busca garantir a disponibilidade e a gestão sustentável da água e saneamento para todos. O PISF visa integrar as águas do Rio São Francisco com as bacias do semiárido nordestino, aumentando a segurança hídrica em áreas vulneráveis. Isso significa garantir acesso à água para diversos usos, como consumo humano, agricultura e atividades econômicas. Ao executar seus objetivos, a pesquisa tende, indiretamente, a discorrer como essas metas podem ser atingidas de forma sustentável, minimizando impactos ambientais e incentivando a participação das comunidades locais na gestão e no uso da água.

Outro ODS relevante é o ODS 1: Erradicação da Pobreza, que busca acabar com a pobreza em todas as suas formas. Melhorar o acesso à água em comunidades rurais e vulneráveis pode promover o desenvolvimento econômico local, especialmente na agricultura familiar, que depende diretamente da água. A pesquisa explora como o PISF pode ser uma ferramenta para reduzir a pobreza, criando mais oportunidades econômicas e promovendo meios de subsistência mais seguros e sustentáveis.

A pesquisa também se alinha ao ODS 15: Vida Terrestre, que visa proteger e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres. Como o PISF altera os fluxos naturais de água, a pesquisa aborda a discussão sobre minimizar os impactos na biodiversidade das bacias afetadas. Isso inclui explorar medidas que garantam a conservação dos recursos naturais e a sustentabilidade dos ecossistemas locais, equilibrando o desenvolvimento humano com a preservação ambiental.

Além disso, o ODS 13: Ação Contra a Mudança Global do Clima é contemplado pela pesquisa, que procura entender como a gestão da água no PISF pode contribuir para aumentar a resiliência das comunidades locais diante das mudanças climáticas. A região do semiárido nordestino é particularmente vulnerável a mudanças climáticas, como secas prolongadas e aumento de temperatura, o que torna crucial adotar estratégias que ajudem as comunidades a se adaptar e usar a água de maneira mais eficiente.

Assim, os objetivos desta pesquisa estão alinhados a quatro ODS principais: ODS 6, ODS 1, ODS 15 e ODS 13. Os resultados da pesquisa incentivarão a promoção de soluções integradas que contemplem o desenvolvimento econômico, a inclusão social e a sustentabilidade ambiental, garantindo que o PISF não seja apenas uma obra de infraestrutura hídrica, mas também uma contribuição significativa para os compromissos globais de desenvolvimento sustentável.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Panorama Geral sobre Gestão de Recursos Hídricos

O temor global em torno de uma potencial crise de abastecimento hídrico atingiu seu auge na segunda metade da década de 2010. Conforme apontado pela *Global Risks Perception Survey*, uma crise hídrica em potencial foi identificada pela comunidade internacional como o maior risco global em termos de impacto, superando outras ameaças significativas, como a propagação de doenças infecciosas (ainda em um contexto pré-pandemia de Covid-19), o uso de armas de destruição em massa, conflitos interestatais, e a incapacidade de adaptação às mudanças climáticas, entre outros (*World Economic Forum*, 2015).

As razões para tamanha percepção quanto ao grau de importância se encontram vinculadas a diversos aspectos, em diferentes esferas. Do ponto de vista mais elementar, desde os primórdios da vida no planeta Terra e da história da espécie humana, a água, encontrada em maiores quantidades do que qualquer outra substância pura, sempre foi considerado um recurso essencial, dando sustentação à vida, sendo força motriz de toda a natureza, e suportando atividades econômicas e o desenvolvimento (Karr, 1991; Reichardt; Timm, 2016; Tundisi; Matsumura-Tundisi, 2014; Vecchia, 2014; Bhatti *et al*, 2019). Ocupando um papel insubstituível em diversas atividades humanas e mantendo o equilíbrio do meio ambiente, preservar a água é imperativo para uma vida sustentável das gerações futuras (Setti *et al*, 2001; Gupta; Kumar, 2018; Ahn *et al*, 2014).

Do ponto de vista prático, a água está intimamente ligada à saúde, agricultura, energia e biodiversidade (Kidd; Shaw, 2007), o que exige níveis crescentes de sua utilização. Nesse sentido, o conjunto de atividades humanas, cada vez mais diversificado, associado ao crescimento demográfico, vem exigindo atenção maior às necessidades de uso da água para as mais variadas finalidades (Mancuso; Santos, 2007) – o que torna a problemática de alocação e utilização dos recursos hídricos em uma questão crítica e desafiadora (Ni *et al*, 2014). Por outro lado, aspectos preocupantes não vinculados diretamente à sua utilidade também reforçam a necessidade de atenção ao seu gerenciamento. É o caso do desenvolvimento econômico acelerado, a variação dos padrões climáticos e a acentuada ocorrência de desastres naturais (Archibald; Marshall, 2018).

Apesar do exposto, a água foi, por muito tempo, considerada um recurso natural abundante e, por isso, sua preservação, com foco na disponibilidade de água potável, e correta utilização são preocupações relativamente recentes (basicamente, a partir do século XIX) (Santello, 2017; Andrade Santana *et al*, 2019). Essa mudança de postura, entre outros motivos, foi precipitada pela escassez desse recurso em muitas partes do mundo, devido ao aumento populacional, agricultura intensiva e rápido desenvolvimento industrial, exigindo uma melhor administração em termos de quantidade e qualidade, resultando talvez no maior desafio de gestão de recursos naturais do século XXI (Geng; Yi, 2006; Chen *et al*, 2017; Ludwig *et al*, 2014).

Como resultado, a gestão dos recursos hídricos atraiu uma atenção crescente de acadêmicos, profissionais da indústria e governos em geral e as pesquisas sobre o tema se estendem por uma escala que vai de fatores locais de consumo até pesquisas sobre mudanças climáticas e suas variações regionais, globais e seus impactos (Fang *et al*, 2014; Chen, 2007; Zhao *et al*, 2017). A partir desse ponto, tornou-se pacífico concluir que junto com a necessidade de suprimento de água segura, é necessário garantir que o suprimento seja acessível e que haja água suficiente disponível para proteger o ambiente natural – o que se convencionou chamar de “trilema da água” (Ives *et al*, 2018). Tal desafio se amplia ao se constatar que o gerenciamento cientificamente eficaz da água requer rica compreensão dos ciclos da mesma, assim como apurada integração com um sistema de técnicas de previsão (Fang *et al*, 2014).

Nessa linha, o aumento da escassez da água levou muitos países a desenvolver estratégias refinadas de administração, resultando na moderna Gestão de Recursos Hídricos (GRH) como uma resposta imperativa à degradação do ambiente e visando o uso sustentável da água (Soares, 2015; Butt *et al*, 2010). Ainda assim, o gerenciamento dos recursos hídricos é um domínio extraordinariamente desafiador, no qual devem ser considerados comportamentos complexos do ambiente natural e as crescentes interferências humanas, o que, dada a diversidade de usuários e partes interessadas, elevou o gerenciamento integrado ao patamar de paradigma (Araújo *et al*, 2015; Kim *et al*, 2015; Phan *et al*, 2016).

Os caminhos indicados pela GRH argumentam que os desafios referentes à escassez devem ser enfrentados com vigoroso gerenciamento do suprimento e da demanda, com a inclusão de novas fontes (como exploração sustentada dos aquíferos subterrâneos), reflorestamento intensivo (para proteger recargas e proteção dos solos), além de sua recuperação – até, porque, se estima que, atualmente, a Terra, em sua condição finita, precisaria

de um descanso total de um ano e meio a cada ano de consumo para recompor os recursos naturais (Tundisi; Matsumura-Tundisi, 2014; Vecchia, 2014).

Todavia, os desafios não se resumem a escalas técnicas ou operacionais. Cada vez mais tem se observado a necessidade de reconhecimento mais amplo das relações significativas entre o bem-estar das pessoas e a qualidade de seus arredores, incluindo fontes de águas e alimentos – ao mesmo tempo em que a saúde pública e os padrões de vida de parte significativa das pessoas não melhoraram, assim como o acesso à água e o saneamento permanece problemático (Horwitz; Finlayson, 2011). Importante observar que, em qualquer recorte espacial-temporal, os processos de gestão de recursos naturais (e não é diferente no caso da água) estão sempre confrontados aos desafios de acompanharem os novos contextos sociais, econômicos e ecológicos que se configuram ao longo do tempo (Magalhães JR, 2017; Beall *et al*, 2011). Isso tem, inclusive, derivado em uma série de implicações associadas à relação entre ética ambiental e GRH (Wet; Odume, 2019).

Fruto da mencionada complexidade intrínseca à natureza da GRH, múltiplas problemáticas se desenvolvem rapidamente à medida que ocorre o acentuamento das demandas por água. Para compreender com mais profundidade a questão, faz-se importante observar a multiplicidade de usos da água, conforme destacado no quadro 1, a seguir.

Quadro 1 - Usos múltiplos da água

| Área | Subáreas |
|---------------------------------|--|
| Abastecimento público | Usos domésticos |
| Agricultura | Irrigação e outras atividade relacionadas |
| Aquacultura | Cultivo de peixes, moluscos, crustáceos de água doce. Reserva de água doce para empreendimentos futuros. |
| Hidroeletricidade | |
| Mineração | |
| Pesca | Produção pesqueira comercial ou esportiva |
| Recreação | |
| Transporte e navegação | |
| Turismo | |
| Usos estéticos | Recreação, turismo e paisagem |
| Usos industriais diversificados | |

Fonte: Adaptado de Tundisi; Matsumura-Tundisi (2014)

É perceptível que a água se apresenta como elemento comum à realização de atividades de diversas naturezas e que uma crescente ampliação de suas funcionalidades, aliada ao aumento no volume da demanda, provocam um dos elementos centrais nas discussões

associadas à GRH: a escassez. Seja por déficit quantitativo ou degradação qualitativa, seja por falta de recursos econômicos e investimentos para explorar os recursos hídricos disponíveis, o atendimento às demandas está se tornando cada vez mais difícil, o que causa aumento na escassez de água em escala global e torna crucial analisar o desequilíbrio entre a demanda e o suprimento em vários cenários de mudanças climáticas e em várias escalas temporais e espaciais (Leenhardt *et al*, 2012; Setti *et al*, 2001; Alamanos *et al*, 2018; Bagatin *et al*, 2014; Nazemi; Wheeler, 2015).

Se for pacífico constatar a preocupação em torno da escassez como um tema latente associado à GRH, problemáticas decorrentes da escassez estão igualmente presentes nas discussões. Nesse sentido, se as funcionalidades da água e sua demanda aumentam em escalas preocupantes, os conflitos cada vez maiores entre seus usuários modelam campos de debate amplamente desenvolvidos (Kidd; Shaw, 2007; Kharrazi *et al*, 2016). A escassez, ainda, é tida como um dos principais fatores limitantes ao desenvolvimento, ocasionando redução de água para usos econômicos e se consolidando em um desafio relevante (Mancuso; Santos, 2007; Momblanch *et al*, 2014; Archibald; Marshall, 2018).

Partindo dessas problemáticas consolidadas, progressivamente se requer das sociedades humanas uma devoção cada vez maior para a proteção dos suprimentos hídricos, tornando a gestão sustentável da água em uma questão crítica (Karr, 1991; Bai; Imura, 2001). Alguns países, como México, Chile e Argentina, já implantaram mecanismos inovadores e criativos na gestão das águas, produzindo novos cenários e alternativas adequadas para uma gestão integrada, participativa, preditiva e descentralizada (Tundisi; Matsumura-Tundisi, 2014).

Todavia, qualquer inovação, incremental ou de ruptura, encontra resistência (natural) em seus ambientes de implementação. Também por isso, do ponto de vista do planejamento e gerenciamento, é fundamental considerar a mudança de paradigma entre um sistema setorial, local e de resposta a crises para um sistema integrado, preditivo e em nível de ecossistema (Tundisi; Matsumura-Tundisi, 2014) – o que tenderia a minimizar os impactos na implementação de refinados mecanismos de gestão e de novas políticas públicas.

Um passo coerente nesse sentido tem sido dado com uma aceitação crescente de que os seres humanos são componentes integrais de sistemas sócio ecológicos complexos, nos quais componentes sociais e naturais são interdependentes e firmemente acoplados (Wet; Odume, 2019). Ainda assim, não se trata de uma tarefa simples. Em parte, isso se dá pelo fato de os seres humanos atribuírem valor à natureza de diferentes maneiras e ter uma diversidade de

pontos de vista sobre a gestão dos recursos naturais (inclusive, os hídricos), em decorrência de que há uma série de maneiras pelas quais as sociedades e culturas humanas observam a relação entre os seres humanos e a natureza, além do lugar/papel dos seres humanos na natureza (Wet; Odume, 2019). Por razões óbvias, essa argumentação atribui complexidade ao desenvolvimento de mecanismos de GRH que possam garantir qualidade e quantidade em escala global, por exemplo.

A escala global, por sinal, também se posiciona como campo de interesse da GRH na medida em que outra problemática se localiza no centro das discussões: as mudanças climáticas. A comunidade científica apoia a conclusão de que as mudanças climáticas terão efeitos consideráveis nos recursos hídricos e que as alterações nas variáveis climáticas, como precipitação e temperatura, criarão impactos hidrológicos que influenciarão o gerenciamento da água (Minville *et al*, 2010; Ahn *et al*, 2014; OCDE, 2015). Além disso, dados hidroclimáticos observacionais e históricos são utilizados para planejar projetos de recursos hídricos, adotando uma suposição implícita chamada estacionaridade, considerando estatísticas invariantes nas séries temporais – suposição que pode não ser mais válida se o clima global mudar (Chen *et al*, 2007). Como fruto de tais dificuldades, é provável que a mudança climática aumente significativamente a exposição humana a secas e inundações, alterando padrões sazonais de disponibilidade de água e afetando sua qualidade (Miller; Belton, 2014).

Por tudo que se coloca, há uma crescente aceitação entre pesquisadores, gestores e consumidores de que as práticas atuais de gerenciamento de recursos hídricos são incapazes de atender não apenas às demandas de hoje, mas também às do futuro (Burgess *et al*, 2019). Há ainda que se considerar o agravante de que tais demandas não são iguais entre países e continentes, assim como a disponibilidade da água não é proporcional à área ou densidade populacional, por exemplo. Esse argumento é reforçado pelos dados observados na Tabela 1.

Tabela 1 - Distribuição do suprimento renovável de água por continente

| Região | Média Anual: drenagem (km ³) | Drenagem global (%) | População global (%) | Porcentagem estável |
|--------------------|---|------------------------|-------------------------|------------------------|
| África | 4225 | 11 | 11 | 45 |
| Ásia | 9865 | 26 | 58 | 30 |
| Europa | 2129 | 5 | 10 | 43 |
| América do Norte | 5960 | 15 | 8 | 40 |
| América do Sul | 10380 | 27 | 6 | 38 |
| Oceania | 1965 | 5 | 1 | 25 |
| Ex-União Soviética | 4350 | 11 | 6 | 30 |
| Mundo | 38874 | 100 | 100 | 36 |

Fonte: Adaptado de Tundisi; Matsumura-Tundisi (2014)

Constata-se que África, Ásia e Europa, que correspondem a 79% da população global, possuem apenas 42% da drenagem global. Por outro lado, a América do Sul, por exemplo, possui 27% da drenagem global e, apenas, 6% da população global – distorções que reforçam todas as problemáticas elencadas nesta seção.

Em uma escala local, o Brasil também possui distorções que representam desafios para a GRH nacional. Apesar de ser detentor do maior volume de água doce superficial do mundo – 12% do volume mundial de água doce (OCDE, 2015) – a má gestão dos recursos hídricos, a poluição dos rios, a falta de proteção das nascentes e o desperdício de água tratada provocam grave crise no abastecimento de água e de energia (Vecchia, 2014), além se configurar como um fator limitante para o desenvolvimento econômico, políticas de saúde pública e bem-estar da população (OCDE, 2015). Embora seja essa uma constatação de ordem geral, devido à dimensão territorial do país, distorções regionais também são comuns – o que nos encaminha diretamente para a problemática da seca no Nordeste.

De forma geral, a escassez de água devido à seca é um problema ambiental, econômico e social nas regiões semiáridas e áridas do mundo (Yang *et al*, 2012; Chen *et al*, 2017). Nesse sentido, a utilização e o gerenciamento eficientes da água são prioritárias nessas áreas, especialmente quando os problemas são agravados pelo aumento da população e pelo escasso suprimento de água (Yang *et al*, 2012).

Notadamente no caso brasileiro, os riscos de escassez qualitativa são maiores em áreas com crescimento urbano mais dinâmico, principalmente devido à expansão com pouca preocupação com o meio ambiente e, por suas características naturais, a escassez quantitativa de água tenderá a piorar no Nordeste do Brasil, visto que a chuva é a variável climática que

governa o ciclo hidrológico e a disponibilidade de recursos hídricos (Carvalho; Magrini; 2006; Barua *et al*, 2013).

A partir dessas observações, formular argumentos que reforcem a relevância da GRH é uma tarefa que nos remete, inicialmente, à essencialidade do elemento central da discussão: a água. Esta tem ligação direta com formação e caracterização dos ambientes e paisagens e, devido às suas diversas funções e utilizações, é elemento vital à qualidade ecológica dos sistemas ambientais, assim como um recurso e insumo dos mais relevantes para as atividades sociais e econômicas da humanidade (Soares, 2015; Magalhães Jr., 2017).

Todavia, tamanha diversidade de utilização fundamenta sua necessidade cada vez maior para atender as demandas diversas e, embora tenha havido muito progresso no desenho de estratégias eficazes para o gerenciamento de recursos hídricos, muitos desafios permanecem em evidência (Soares, 2015; Archibald; Marshall, 2018). São esses desafios que também justificam a necessidade de realização de estudos sobre a temática.

Dentre estes, cabe destacar a poluição, na forma de despejo de resíduos líquidos e sólidos nos rios, lagos e represas e a destruição de áreas alagadas e matas de galeria resultando em contínua e sistemática deterioração e perdas elevadas em quantidade e qualidade de água, comprometendo a usabilidade da mesma, ameaçando a saúde humana e o funcionamento dos ecossistemas (Tundisi; Matsumura-Tundisi, 2014; Kidd; Shaw, 2007). Isso somou-se às políticas de aumento de suprimento de água, que lhe davam um tratamento de recurso não esgotante, especialmente no setor agrícola, resultando em impactos ambientais significativos (Alamanos *et al*, 2018).

Além do campo ambiental, a universalização do acesso à água é um dos maiores desafios mundiais do século XXI (Ramadan *et al*, 2019). Embora as estimativas variem (entre 12 e 17%), uma parcela significativa da população mundial não possui acesso à água potável – sem mencionar o escasso acesso à saneamento básico (aproximadamente, mais de 70% das pessoas que carecem de saneamento vivem na Ásia) (Geissen *et al*, 2015; Vecchia, 2014; Ahn *et al*, 2014). Como agravante, a deficiência do acesso enfrenta risco de piora. Em virtude das mudanças climáticas, efeitos no abastecimento e na qualidade da água afetarão todos os setores da economia, impactando agricultura, indústria, transporte, suprimento de energia, entre outros, e atribuindo à variabilidade climática um papel cada vez mais relevante na GRH e na problemática da universalização do acesso (Olmstead, 2014; Carbone; Dow, 2005).

Nesse contexto, é necessário evoluir em termos de governança da água, assim como no seu impacto na implementação da GRH (Andrade Santana *et al*, 2019) – o que corrobora com a necessidade de estudos que desenvolvam os campos mencionados ou que se proponham a estudar problemáticas afetadas com mais ênfase pela escassez de água.

Nesse ponto, regiões que enfrentam escassez de água constataam o papel crítico desempenhado pelo acesso à água doce para a busca do desenvolvimento sustentável (Thomas *et al*, 2019; Tarebari *et al*, 2018). Por interesse desta pesquisa, cabe mencionar que este é o caso do Nordeste brasileiro – via de regra, afetado pela seca insistente enquanto não parece existir resposta definitiva se esta faz parte de um ciclo climático de curto prazo ou um declínio das chuvas de longo prazo causado pelas mudanças climáticas locais (Barua *et al*, 2013).

De forma ampla, trata-se de um problema complexo, visto que, em linhas gerais, o Brasil possui grande disponibilidade hídrica, todavia, distribuída de forma desigual em relação à sua densidade populacional (Tundisi; Matsumura-Tundisi; 2014). Em contraponto à escassez nordestina, por exemplo, recebe em seu território a Bacia Amazônica, maior do planeta, com uma área total de 6.110.000 km² (Soares, 2015). Uma observação mais aproximada pode ser realizada verificando a disponibilidade hídrica por regiões hidrográficas, conforme tabela 2.

Tabela 2 - Disponibilidade hídrica das regiões hidrográficas

| Região Hidrográfica | Vazão média (m³/s) | Disponibilidade hídrica Q⁹⁵ - m³/s |
|------------------------------|--------------------------------------|---|
| Amazônica | 132.145 | 73.748 |
| Tocantis-Araguaia | 13.799 | 5.447 |
| Atlântico Nordeste Ocidental | 2.608 | 320 |
| Parnaíba | 767 | 379 |
| Atlântico Nordeste Oriental | 774 | 91 |
| São Francisco | 2.846 | 1.886 |
| Atlântico Leste | 1.484 | 305 |
| Atlântico Sudeste | 3.162 | 1.109 |
| Atlântico Sul | 4.055 | 647 |
| Paraná | 11.414 | 5.792 |
| Uruguai | 4.103 | 565 |
| Paraguai | 2.359 | 782 |
| BRASIL | 179.516 | 91.071 |

Fonte: ANA (2010)

É possível observar na Tabela 2 que a região hidrográfica Amazônica, por exemplo, possui uma disponibilidade hídrica aproximadamente 180 vezes maior que as do Atlântico

Nordeste Ocidental e Oriental – o que evidencia a disparidade de acesso – enquanto que as demandas dessas regiões não possuem tamanho abismo de distância. Nesse cenário, somam-se as atuais questões de seca e escassez no Sudeste, as inundações no Norte e as secas no Nordeste, ilustrando os desafios potenciais que o país enfrenta, ao passo que o desenvolvimento econômico e as mudanças climáticas avançam e modificam o uso dos recursos naturais (OCDE, 2015).

2.2 Teorias de Gestão de Recursos Hídricos

Parece pertinente mencionar que na primeira metade do século 20, o conceito de hidrossolidariedade, por vezes expresso de outra forma, influenciou de forma palpável as abordagens internacionais para a realização de pesquisas ambientais e políticas públicas (Gerlak *et al*, 2011). Nesse cenário, com a necessidade de garantir acesso justo à água e mediar conflitos inerentes ao processo, o desenvolvimento conceitual da GRH, cuja maturação ainda não convém confirmar, atingiu seu estágio atual.

Partindo desse ponto, ainda cabe esclarecer que a gestão de águas – quando se tratar de águas em geral, incluindo aquelas que não devem ser usadas por questões ambientais – se refere a uma atividade analítica e criativa voltada à formulação de princípios e diretrizes, para o preparo de documentos orientadores e normativos, estruturação de sistemas gerenciais e tomada de decisões que têm por objetivo final promover o inventário, uso, controle e proteção dos recursos hídricos, fazendo uso de Políticas de Águas, Planos de Uso, Controle ou Proteção das Águas e Gerenciamento de Água (Setti *et al*, 2001).

Em um sentido lato, a GRH é a forma pela qual se pretende equacionar e resolver as questões de escassez dos recursos hídricos, bem como fazer o uso adequado, visando a otimização dos recursos em benefício da sociedade (Setti *et al*, 2001). Uma abordagem mais jurídica é proposta ao dimensionar a GRH como um conjunto de ações destinadas a regular o uso, o controle e a proteção da água em conformidade com a legislação e as normas pertinentes (Lima, 2015; Soares, 2015; Setti *et al*, 2001; Vecchia, 2014). Por outro lado, de forma mais ampla, também se associa a GRH ao planejamento hábil e eficiente dos recursos escassos de água doce disponível para o consumo de toda a população humana (Owusu *et al*, 2016).

Conforme se nota, a essência conceitual das definições de GRH se concentram em esclarecer seus princípios basilares e de que maneira estes deverão ser atendidos. Nesse sentido, o planejamento desponta como mecanismo que promove o delineamento de todo o processo de gestão, visando a avaliação prospectiva das demandas e das disponibilidades dos recursos hídricos e sua alocação entre os usos múltiplos, de forma a obter os máximos benefícios econômicos e sociais, com a mínima degradação ambiental (Setti *et al*, 2001).

A partir dessas premissas, os autores discorrem sobre princípios e aspectos que devem balizar a GRH. Tundisi e Matsumura-Tundisi (2014), por exemplo, sugerem que a GRH passe a assumir uma natureza integrada e contemplar os seguintes pontos:

- Bacia hidrográfica como unidade de gerenciamento, planejamento e ação;
- Água como fator econômico;
- Plano articulado com projetos sociais e econômicos;
- Participação da comunidade, usuários e organizações;
- Educação sanitária e ambiental da comunidade;
- Treinamento técnico;
- Monitoramento permanente, com a participação da comunidade;
- Integração entre engenharia, operação e gerenciamento de ecossistemas aquáticos;
- Permanente prospecção e avaliação de impactos e tendências;
- Implantação de sistemas de suporte à decisão.

Tal indicação, bastante sintonizada com a PNRH, apresenta um quadro bastante completo de premissas de ação que envolvem geografia, sociedade, educação e tecnologia como requisitos funcionais para uma gestão competente. Por sua vez, Setti *et al* (2001) indicam caminho similar (embora mais amplo em alguns pontos), ao definir quais devem ser os princípios fundamentais da GRH:

- Acesso a recursos hídricos deve ser um direito de todos;
- A água deve ser um bem econômico;
- A bacia hidrográfica deve ser adotada como unidade de planejamento;
- A disponibilidade de água deve ser distribuída segundo critérios sociais, econômicos e ambientais;
- Deve haver um sistema de planejamento e controle;
- A cooperação internacional deve visar o intercâmbio científico e tecnológico;
- O desenvolvimento tecnológico e de recursos humanos deve ser constante;
- Quando os rios atravessam ou servem de fronteiras entre países, a cooperação internacional é indispensável;
- Os usuários devem participar da administração da água;
- A avaliação sistemática dos recursos hídricos de um país é uma responsabilidade nacional e recursos financeiros devem ser assegurados para isso; e
- A educação ambiental deve estar presente em toda ação programada.

Conforme se vê, existe praticamente uma concordância integral entre as abordagens (embora Setti *et al* adicionem elementos de gestão internacional das águas não contemplados

por Tundisi e Matsumura-Tundisi). Também é possível constatar um posicionamento preponderante sobre a interdisciplinaridade de uma gestão dessa natureza. Evidencia-se a necessidade de abranger uma gama de informações de várias fontes e áreas de conhecimento, incluindo informações técnicas, jurídicas e institucionais que têm seus aspectos conceituais, ideológicos, éticos e novos modelos administrativos, além de novos fenômenos, como crises econômicas, mudanças climáticas e atividades antropogênicas que modificam constantemente o ambiente (Araújo *et al*, 2015).

Analisando além da perspectiva nacional, importantes posicionamentos teóricos bloqueados, principalmente na Europa (continente de referência na GRH) impactam a formulação de políticas e regulamentações nacionais. É o caso, por exemplo, da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), que, ciente da necessidade e importância de atribuir esmerado esforço para a boa gestão dos recursos hídricos, delimita um regramento geral indicando quais princípios devem ser contemplados pelos países membros, a saber:

1. Atribuir com clareza e de forma distinta os papéis e responsabilidades na formulação de políticas da água, na sua implementação, na gestão operacional e na regulação, e promover a coordenação entre as várias atividades responsáveis.
2. Gerir a água na escala apropriada no âmbito de sistemas de governança de bacia, de forma a refletir as condições locais, procurando a coordenação entre as diferentes escalas.
3. Encorajar a coerência das políticas através de uma efetiva coordenação entre setores, especialmente entre as políticas de água e do meio ambiente, saúde, energia, agricultura, indústria, planejamento territorial e uso do solo.
4. Adaptar o nível de capacitação das autoridades responsáveis à complexidade do desafio que têm de ser enfrentados no domínio da água e ao conjunto de competências que são necessárias para o desempenho das suas obrigações.
5. Produzir, atualizar e partilhar em tempo útil dados e informação consistentes, comparáveis e politicamente relevantes para as políticas das águas e com ela relacionados (...).
6. Assegurar que os sistemas de governança ajudem a mobilizar financiamento para a água e atribuam os recursos financeiros de forma eficiente, transparente e em tempo útil.
7. Assegurar que os quadros regulatórios sólidos para a gestão da água sejam efetivamente implementados e o seu cumprimento garantido tendo em vista o interesse público.
8. Promover a adoção e implementação de práticas inovadoras de governança da água por todas as autoridades responsáveis, níveis de governo e partes interessadas.
9. Generalizar práticas integridade e transparência em todas as políticas, instituições e quadros de governança de água de forma a melhorar a responsabilização e aumentar a confiança nos processos de decisão.
10. Promover o comprometimento das partes interessadas de forma a obter contribuições informadas e orientadas para os resultados na formulação e implementação das políticas da água.
11. Encorajar quadros de governança da água que ajudem a gerir compromissos equilibrados entre os múltiplos usos da água, entre áreas urbanas e rurais e entre diferentes gerações.

12. Promover uma adequada e regular monitorização e avaliação das políticas e da governança da água, partilhando os resultados com o público e fazendo ajustamentos quando necessário. (OCDE, 2015).

Os princípios propostos se encontram enraizados em bases mais amplas de boa governança como legitimidade, transparência, responsabilidade, direitos humanos, regra de lei e inclusão, considerando que os sistemas de governança das águas – sejam eles mais ou menos formais, complexos ou dispendiosos – devem ser desenhados de acordo com os desafios que esses sistemas são demandados a responder (Ribeiro; Johnsson, 2019).

Tomando por base a Europa, de forma geral, as diretrizes da União Europeia referentes aos usos, à gestão e à legislação sobre recursos hídricos assentam as seguintes premissas: (a) os Estados membros deverão identificar as bacias hidrográficas de seu território e colocá-las em distritos individuais de bacias; (b) os Estados membros deverão proteger e restaurar seus ecossistemas aquáticos com o objetivo de proporcionar água de boa qualidade até 15 anos após a emissão das diretrizes; (c) até 2010, o princípio de recuperação dos custos dos serviços de água, incluindo custos ambientais, deve estar implementado em todos os Estados membros, utilizando o princípio do “poluidor-pagador”; (d) os Estados membros devem encorajar a participação ativa das partes interessadas; (e) a integração da proteção e do gerenciamento sustentável da água deve considerar as interseções entre as várias políticas de gerenciamento de águas para a comunidade; (f) o Parlamento Europeu e o Conselho dos Estados Membros devem assegurar a adoção de medidas específicas para conter poluentes em grupos de poluentes que apresentam risco para substâncias tóxicas (Tundisi; Matsumura-Tundisi, 2014).

Ciente da complexidade agregada ao processo de gestão pela urgência de multidisciplinaridade pode-se afirmar que os principais objetivos da GRH são:

- Fornecer água adequada e com qualidade e quantidade suficientes para o uso doméstico, industrial e na agricultura;
- Promover e proporcionar suprimentos adequados a todos;
- Gerenciar adequadamente a água, seu uso e seu suprimento;
- Proteger a periódica capacidade de renovação das águas superficiais e subterrâneas;
- Conservar a biodiversidade dos sistemas aquáticos;
- Reduzir conflitos internacionais, locais e regionais sobre o uso das águas;
- Proteger comunidade rurais e urbanas de enchentes;
- Purificar e tratar a água de esgoto e efluentes;
- Proteger os mananciais

(Tundisi; Matsumura-Tundisi, 2014)

Todo o arcabouço conceitual elencado atribui ao Estado um papel central. Parece correto concluir que o atendimento às premissas e objetivos mencionados exige o desenvolvimento de políticas públicas claras e consistentes, bem como perfeita compreensão da legislação correspondente (Mancuso; Santos, 2007; Zhao *et al*, 2017) – o que, por si só, colocam a atuação governamental como um dos eixos basilares do sucesso da gestão. O sucesso destacado é aqui, minimamente, compreendido como um equilíbrio satisfatório entre as necessidades de uma ampla gama de usuários com as do meio ambiente (Rees *et al*, 2006), priorizando, se possível, a proteção de mananciais e tratamento de esgotos, preservação e aumento da disponibilidade de água nas áreas críticas, adequado controle de enchentes urbanas e conservação do solo rural (Tucci, 2001).

Como se percebe, a GRH possui características cuja magnitude chega a patamares extremamente complexos. Note-se que, por exemplo, a grande escala e importância dos projetos hídricos, os investimentos necessários, a dificuldade de prever resultados e o caráter irreversível das decisões torna a tomada de decisão em um complexo processo científico, em que as medidas de resultados se apresentam em unidades financeiras e não financeiras (Alamanos *et al*, 2018; Hajkowicz; Higgins, 2008). Ainda assim, um importante elemento acentua a dificuldade de otimização da GRH: a incerteza.

A incerteza é um fator em quase todos os aspectos do gerenciamento de recursos hídricos e é necessário um entendimento adequado desta e de seus efeitos para realizar uma administração e planejamento de recursos hídricos com confiabilidade (Ajami *et al*, 2008; Archibald; Marshall, 2018). Dentre todos esses aspectos, a incerteza espacial e temporal da disponibilidade de água se configura como um dos principais desafios, em que os padrões de entendimento e a identificação de tendências na precipitação devem fundamentar decisões sobre a operação de sistemas de reservatórios polivalentes em face das mudanças nas condições climáticas (Silva; Hornberger, 2019).

Outro fator relevante no cenário estabelecido da GRH é a participação pública. A participação da sociedade na GRH é considerada crucial para o desenvolvimento das comunidades e sustentabilidade desses recursos, visto que as regulações locais, estaduais e federais existentes exigem cada vez mais que os cidadãos sejam envolvidos em decisões que possam afetá-los (Mashazi *et al*, 2019; Larson; Lach, 2008; Giordano *et al*, 2007). Vale salientar que os valores sociais estão recebendo maior atenção nas políticas e práticas de gestão de recursos naturais, agregando uma perspectiva de valores culturais, principalmente em relação aos recursos hídricos (Jackson, 2006).

De certa maneira, a participação pública como premissa de boa GRH se configura como um desafio para o Brasil. Países em desenvolvimento como o Brasil, com histórico limitado de lidar com conflitos ambientais de forma participativa ou cujas estruturas legais que estabelecem práticas de gerenciamento de recursos hídricos foram introduzidas apenas recentemente, precisam de mecanismos que simplifiquem e fortaleçam os processos democráticos de negociação e decisão (Carvalho; Magrini, 2006).

Não menos importante é comentar que, de acordo com Setti *et al* (2001), a GRH como parte da questão ambiental, exige esforços de coordenação multidisciplinar e intersetorial, como consequência dos atributos e das peculiaridades do recurso que se pretende gerir, sendo este um aspecto fundamental à gestão do recurso hídrico, incontornável, e que independe das normas jurídicas e das instituições que possam existir.

2.3 Gestão de Integração de Bacias Hidrográficas: exemplos internacionais

Conceitualmente, bacias hidrográficas são áreas delimitadas nas quais ocorre a captação de água, ou seja, são localidades na superfície terrestre separadas topograficamente entre si e que funcionam como receptores naturais das águas das chuvas provenientes das áreas mais altas para as mais baixas, seguindo uma hierarquia fluvial, até se concentrarem em um único ponto, formando um rio principal com seus afluentes e subafluentes (Soares, 2015).

A importância lógica da bacia hidrográfica reside no fato de esta ser considerada a unidade fundamental para a gestão, o planejamento e a formulação de políticas de recursos hídricos, o que lhe confere um papel central e estratégico nas discussões sobre a gestão de recursos hídricos (GRH).

Isso se dá pelo fato de que a água é o recurso mais importante para sustentar a vida e, ao mesmo tempo, um meio de transporte de vetores e poluição, o que resultaria, em caso de planejamentos em escalas menores, em conflitos entre diferentes grupos com relação ao seu uso e os planos se tornariam inexecutáveis (Strauch, 2017). Como fator complicador, se evidencia que as bacias de todo o mundo enfrentam questões semelhantes de escassez de água, infraestrutura deficiente e disparidades na disponibilidade de água entre regiões ou países (Miraji *et al*, 2019), aumentando o nível de urgência no desenvolvimento de refinados mecanismos de gestão das mesmas. Nesse sentido, a análise das bacias hidrográficas, enquanto

grandes sistemas ambientais, vem sendo utilizada como subsídio para o zoneamento e ordenamento físico-territorial dessas áreas naturais (Abrão; Bacani, 2018).

Cabe complementar que desde a publicação da Agenda 21, os esforços internacionais para promover o desenvolvimento sustentável se tornaram cada vez mais focados no desenvolvimento e disseminação de tecnologias governamentais que visam melhorar a forma como as bacias hidrográficas são gerenciadas (Ward, 2013). Com base nessa argumentação, tornou-se pacífico concluir que o desenvolvimento de políticas de gestão de recursos hídricos precisa permitir uma análise holística e transparente das prováveis consequências das ações de políticas para a ampla variedade de usos e usuários da água e dos serviços ecossistêmicos associados a qualquer bacia hidrográfica (Miller; Belton, 2014).

Tomando por base a essencialidade das bacias hidrográficas para a GRH, a necessidade proeminente de gerenciamento moderno e seu papel central na problemática da escassez de água, uma ação de gestão utilizada por governos de diferentes épocas e regiões é a importação de água por meio da transferência dentro de uma mesma bacia ou entre bacias hidrográficas diferentes (Azevedo *et al*, 2005). Nas últimas décadas, inúmeros projetos de transferência entre bacias foram implementados em todo o mundo, com mais de 160 execuções concluídas (We *et al*, 2019; Rodrigues, 2020) e 76 megaprojetos de transferência de água estão em construção ou em fase de planejamento – a maioria na América do Norte e na Ásia (Shumilova *et al*, 2018). Ainda, atualmente, menos de 40% dos rios mundiais com extensão superior a 1.000 km fluem livremente sem intervenção de esquemas de transposição ou desvios (Assis, 2015). São diversos os casos de integração de bacias que exigiriam elevados esforços de engenharia, investimento e tempo, como pode ser observado no Quadro 2.

Quadro 2 - Projetos Internacionais de Integração de Bacias

| Projeto | País da Obra | Tempo de Duração |
|--|-------------------------|-------------------------|
| Projeto Colorado-Big Thompson | EUA | 1938 a 1959 |
| Sistema Hidrelétrico das Montanhas Snowy | Austrália | 1949 a 1974 |
| Projeto de Transferência de Água de Wanjiashai | China | 2001 a 2011 |
| Projeto Hídrico das Montanhas do Lesotho | Lesotho e África do Sul | 1983 a 2002 |
| Transposição Tejo-Segura | Espanha | 1933 a 1973 |
| Projeto Especial Chavimochic | Peru | 1986 a 1996 |

Fonte: Adaptado de Ministério de Desenvolvimento Regional (2019)

No quadro 2, observam-se projetos em praticamente todos os continentes do planeta, da mesma maneira em que se percebe repetição da solução proposta desde a década de 1930 até os dias atuais. Cada projeto se destaca por características próprias e particularidades associadas ao seu contexto geográfico, econômico e social, além dos formatos dos arranjos legais que configuram o sistema de gestão de recursos hídricos de cada país.

Nos Estados Unidos foi realizado o Projeto *Colorado Big Thompson*, incluindo um conjunto de 12 reservatórios, 56 km de túneis, 153 km de canais e transpõe as águas do Rio Colorado a oeste das Montanhas Rochosas, por meio da divisa continental norte-americana, para sua vertente leste em direção ao Rio *Big Thompson*, tendo como objetivo estabilizar as economias industriais e agrícolas do nordeste do Colorado, passando a funcionar, posteriormente, para abastecimento urbano, recreação e geração de energia elétrica (Azevedo *et al*, 2005; Rodrigues, 2020). O projeto, de acordo com Azevedo *et al* (2005), é gerenciado pela *Northern Colorado Water Conservancy District* (NCWCD), uma entidade pública regional que pode adquirir direitos de água, efetuar contratos com a União, emitir títulos no mercado para execução de novas obras hidráulicas em sua jurisdição, além de possuir autoridade para taxar os usuários, no sentido de obter recursos para sua operação, manutenção e reaver os investimentos realizados (Azevedo *et al*, 2005).

Na Austrália foi construído o *Snowy Mountains Hydroelectric Scheme* (SMHS), projeto que coleta e armazena água que normalmente fluiria do Leste para o litoral (sendo desviada do rio *Snowy*) e a encaminha para os rios *Murray* e *Murrumbidgee*, objetivando irrigação, geração de energia e o abastecimento urbano do sudeste australiano (Azevedo *et al*, 2005). De acordo com Assis (2015), a experiência australiana foi iniciada em 1949 e seu projeto contava com 16 barragens, 7 estações hidrelétricas, 145 km de túneis e 80 km de aquedutos, com um custo inicial de US\$ 630 milhões. O SMHS foi aprovado em uma época em que havia pouco interesse por questões ambientais, sendo construído sem a elaboração de um estudo e relatório de impactos ambientais, o que levou a uma série de questões ambientais, como a redução do fluxo natural do rio na bacia doadora, abundância de espécies e biodiversidade, estendeu a intrusão salina e, na bacia receptora, resultou no acréscimo de vazão, provocando a desestabilização e erosão das margens dos rios e aumento da quantidade lançada de efluentes urbanos, industriais e agrícolas (Azevedo *et al*, 2005).

Por sua vez, na China, o *Wanjiashai Water Transfer Project* (WWTP) está localizado na região noroeste da Província de Shanxi e possui 3 eixos distintos: principal, sul e norte, e foi realizado com o objetivo de melhorar o abastecimento e a qualidade da água, reduzir o consumo

de água subterrânea, controlar a intrusão salina nas cidades litorâneas, aumentar o desenvolvimento econômico, atenuar a pobreza e aliviar a escassez de áreas industriais (Azevedo *et al*, 2005). Ainda, de acordo com Azevedo *et al* (2005), os benefícios atribuídos ao projeto foram considerados superiores que os custos ambientais e sociais, cujos principais desafios compreenderam o reassentamento, perda de terras e aumento no fluxo de efluentes proveniente do grande fluxo de água transportada.

O *Lesotho Highlands Water Project* (LHWP), fruto de um acordo binacional entre os governos de Lesotho e da África do Sul, em 1986, foi realizado com o objetivo de exportar água do rio Senqu em Lesotho, para a bacia do rio Vaal, localizada na província industrial de Gauteng, na África do Sul, caracterizando-se como um projeto inovador na criação de um fundo denominado “*Lesotho Highlands Water Revenue Fund*”, em que, inicialmente, toda a arrecadação proveniente dos *royalties* recebidos era destinada ao fundo que financiava projetos de desenvolvimento e combate à pobreza nas áreas afetadas (Azevedo *et al*, 2005). De acordo com Azevedo *et al* (2005), os principais objetivos do projeto foram proporcionar à Lesotho a capacidade física e gerencial de transformar seu principal e abundante recurso natural em receitas de exportação a serem aplicadas na redução da pobreza, estabilidade econômica e auxiliar a África do Sul no desenvolvimento da alternativa de menor custo em termos de abastecimento de água para a região de Gauteng.

Na Espanha, a Transposição Tajo-Segura teve como objetivo transferir água da bacia do rio Tajo, localizado na vertente do oceano Atlântico da península Ibérica, para a bacia do rio Segura, uma região seca situada no sul da Espanha, ao largo do mar Mediterrâneo, em que a água parte de um conjunto de grandes reservatórios (Entrepenas, Buendia e Bolarque) e é transferida a uma distância de 286 km, por meio de um sistema composto por rios, canais e reservatórios (Rodrigues, 2020; Azevedo *et al*, 2005). O projeto, desenhado como um programa de desenvolvimento regional, mostrou-se bastante ineficiente e gerou aspectos negativos, como: destruição de milhares de hectares de vegetação nativa; decréscimo na vazão ecológica; degradação da qualidade da água do rio Tajo, proveniente de lançamentos de efluentes na cidade de Madri; vegetação ribeirinha profundamente afetada pela poluição e destruição de flora e fauna aquática; facilidade na passagem de espécies de uma bacia para outra, o que conduziu à extinção de espécies endêmicos na região (Azevedo *et al*, 2005).

No Peru, o Projeto Chamivochic capta as águas do rio Santa e as conduz para os vales dos rios Chao, Virú, Moche, Chicama, por meio de túneis, canais abertos, adutoras enterradas e sifões, de forma a irrigar uma área total de 143.000 ha, sendo 78.000 ha compostos por terras

onde já havia aproveitamento agrícola antes do projeto, e 65.000 ha de terras improdutivas localizadas nas áreas mais altas dos vales, almejando, ainda, a instalação de agroindústrias destinadas ao mercado de exportação, abastecimento de água para uso doméstico e industrial na cidade de Trujillo e a geração de energia elétrica mediante a construção de pequenas centrais hidrelétricas (Assis, 2015; Azevedo *et al*, 2005). De acordo com o mesmo autor, desde agosto de 2003, Chamivochic é administrado por um órgão executivo desvinculado do governo regional de *La Libertad* e conta com autonomia técnica, econômica, financeira e administrativa, possuindo, ainda, participação de investidores privados que ocupam uma área total de aproximadamente 27.000 ha irrigados.

Apesar da relevância dos projetos mencionados, em termos de extensão e investimento, se encontra em curso um projeto de integração de águas sem precedentes: o projeto de transferência de água Sul-Norte, na China. Trata-se do maior sistema de transferência de água entre bacias do mundo, canalizando grandes quantidades de água doce do rio Yangtze, no sul da China, para o norte mais árido e industrializado, configurando-se como uma resposta à distribuição desigual dos recursos hídricos nesse país, em que as regiões do Sul possuem abundância de água, enquanto o norte enfrenta problemas de escassez (Wang; Li, 2019).

Não obstante a frequência de realização de transferência de águas entre bacias, sua utilização como solução definitiva não é unanimidade na comunidade científica. Além dos elevados recursos econômicos que demandam, o “custo” ambiental (normalmente concretizado em degradação) e o custo social resultantes das intervenções necessárias para a movimentação de significativos montantes de águas provocam questionamentos sobre sua efetividade. Além disso, observa-se que, para a integração de rios ocorrer sob uma plataforma sustentável se faz necessária a mudança de paradigmas na gestão de águas, especialmente no que concerne à inclusão explícita do meio ambiente em objetivos de gerenciamento, abordagens de gestão descentralizadas, mais flexíveis e gestão participativa, tomada de decisões colaborativas, fontes de informação abertas e compartilhadas (Pahl-Wostl, 2015).

2.4 Gestão de Integração de Bacias Hidrográficas no Brasil

Apesar do projeto de transferência de águas do Rio São Francisco possuir um viés alternativo para a melhoria da garantia hídrica especulada desde o século XIX (Ferreira, 2019; Henkes, 2014; Loureiro *et al*, 2013; Castro, 2011), sua efetiva execução veio precedida de casos

menores. Dessa maneira, no Brasil, existem diversos exemplos de transferência de água entre bacias (Ferreira, 2019; Azevedo *et al*, 2005), conforme quadro 3.

Quadro 3 - Exemplos de projetos de transferências de águas no Brasil

| Projeto | Características do Projeto | Período |
|-------------------------------|---|---------|
| Alto Tietê – Baixada Santista | <ul style="list-style-type: none"> • Teve como motivação inicial problemas de suprimento de energia. • A Companhia Light desenvolveu um projeto para reverter as águas do rio Tietê para a vertente marítima da Serra do Mar. • O sistema envolvia a elevação da barragem de Parnaíba e, por sucessivos bombeamentos através de usinas elevatórias, armazenar água no reservatório de <i>Billings</i> e, então, pelo reservatório de Pedras, transpor a bacia do Tietê para a bacia do rio Cubatão. | 1927 |
| Piracicaba – Alto Tietê | <ul style="list-style-type: none"> • Objetivou a transferência de água dos rios formadores do Rio Piracicaba para a bacia do Alto Tietê. • Envolveu a construção de um conjunto de reservatórios localizados nos rios Jaguari, Jacaré, Cachoeira e Atibaína, além do reservatório Paiva Castro, no rio Juqueri. • Além do abastecimento urbano, o projeto teve como objetivo controlar as cheias na bacia do rio Piracicaba e regularizar vazões para os rios Jaguari e Atibaia. | 1966 |
| Coremas – Mãe d'Água | <ul style="list-style-type: none"> • O projeto foi dividido em duas etapas: 1) construção de canal condutor; 2) implantação dos lotes de irrigação. • O sistema de reservatórios interligado é abastecido pelos rios Piancó, Emas e Aguiar. • O Canal da Redenção inicia-se na tomada de água no reservatório Mãe d'Água, no município de Coremas, e chega até as proximidades de Aparecida, percorrendo 37 km. Deste ponto, a água é bombeada por um reservatório elevado e conduzida por 20 km de adutora até as áreas de irrigação. | 1988 |
| Paraíba do Sul | <ul style="list-style-type: none"> • O Complexo Hidrelétrico de Lajes é responsável pela retirada de uma vazão de até 180 m³/s da bacia do rio Paraíba do Sul, transpondo o volume para a bacia do Rio Guandu. • Deste valor, 160 m³/s correspondem à captação do rio Paraíba do Sul, através da Estação Elevatória de Santa Cecília e os 20 m³/s restantes, às captações do Rio Piraí, por meio da Elevatória do Vigário. • Esse esquema de transposições de vazões viabiliza a geração de energia elétrica por intermédio de uma série de usinas hidrelétricas, assim como a implantação, na bacia do rio Guandu, de outros empreendimentos econômicos. | 1990 |
| Rio Jaguaribe | <ul style="list-style-type: none"> • O sistema integrado de abastecimento de água da Região Metropolitana de Fortaleza (RMF) é formado por uma rede de cinco açudes, interligados entre si por adutoras. • Em anos críticos de seca, o sistema é complementado pelo Canal do Trabalhador, que transpõe águas do baixo Jaguaribe para a RMF. • O sistema concebido, chamado de Eixo de Integração Castanhão – RMF, capta no açude Castanhão e, por meio de um único bombeamento nas proximidades do açude, segue por gravidade entre canais e adutoras por cerca de 250 km até a RMF. | 1993 |
| Rio Paraguaçu | <ul style="list-style-type: none"> • Envolve sistemas de transposição de águas entre bacias, entre os quais o da bacia Paraguaçu a partir da barragem de Pedra do Cavalo. • O projeto contempla também a utilização da barragem para a geração de energia elétrica. | 1985 |

Fonte: Elaborado a partir de Azevedo *et al* (2005) e Pires (2019)

Parece pertinente observar a diversidade de localidades, motivações e técnicas (ou tecnologias) empregadas nos exemplos elencados, o que evidencia que a solução representada

pela transferência de águas costuma exigir complexo planejamento, elevado investimento econômico e, costumeiramente, degradação ou problemáticas ambientais consideráveis. Apesar disso, os exemplos de transposição se encontram nas mais diversas regiões do país, em áreas urbanas e não-urbanas, assim como priorizando o abastecimento humano ou a geração de energia elétrica – para apontar apenas algumas das diferenças entre os projetos. Todavia, cabe mencionar que, além destes casos de transposição realizadas, além de propostas em via de realização, outros tantos desvios de águas poderiam ser citados no Brasil, embora nenhum comparado com a magnitude do PISF (Assis, 2015).

A dispersão das características dos projetos encontra ressonância na variedade de formatos de gestão que foram (e são) adotados nos mesmos, evocando um elevado grau de dificuldade em sua investigação e estudo. Para ilustrar, a inversão do curso do rio do Alto Tietê foi executada pela antiga Companhia *Light*, assim como a transposição do rio Paraíba do Sul; a transposição das águas das cabeceiras do rio Piracicaba foi executada pelo antigo Comitê de Meio Ambiente, Segurança e Produtividade do SINDUSCON/SP (Sindicato da Indústria Civil do Estado de São Paulo); o sistema Coremas – Mãe d'Água (na Paraíba) foi implantado pelo governo do Estado, em parceria com o Governo Federal; e a transposição das águas da bacia do rio Jaguaribe foi executada pelo estado do Ceará, por meio da Secretaria de Recursos Hídricos do Estado do Ceará/Superintendência de Obras Hidráulicas (SRH/SOHIDRA) (Azevedo *et al*, 2005) – a diversidade da natureza dos entes responsáveis pela gestão dos projetos é forte indício da variação de modelos aplicados.

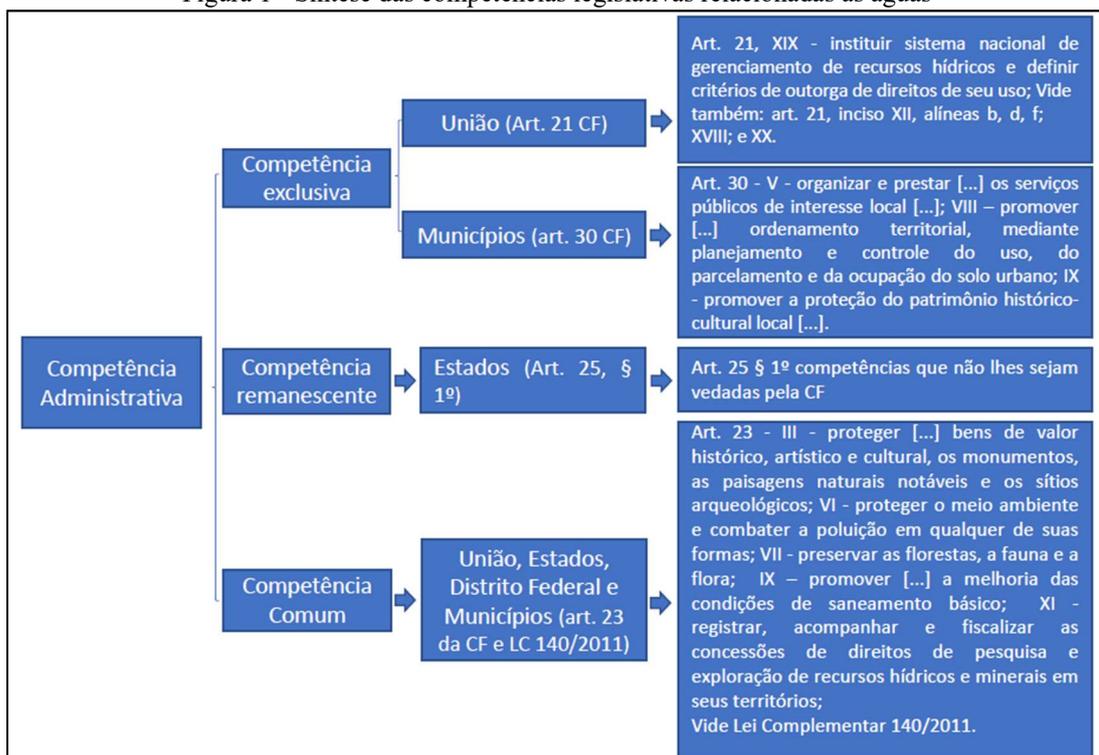
Ampliando o escopo da problemática, a qualificação intrincada se aplica não somente aos arranjos organizacionais dos projetos de transferência de águas, mas também aos arranjos de gestão nos quais estes se inserem, enquanto partícipes de uma conjuntura hídrica nacional. Nesse ponto, a gestão de recursos hídricos se assoma como arcabouço responsável por contemplar a governança dos projetos implementados, o que clareia a necessidade de mapear a própria gestão de recursos hídricos. Importante ressaltar que, via de regra, a gestão de recursos hídricos, em um plano legal, é comumente vinculada às Políticas de Recursos Hídricos (nacional e/ou estaduais), a exemplo dos trabalhos de Galindo (2009), Simplicio (2015), Arcila (2014), Theodoro (2017) e Cirilo (2019). Dessa forma, faz-se necessário evidenciar os aspectos elementares da gestão de recursos hídricos brasileira, em sua forma de Política Nacional de Recursos Hídricos.

O arranjo atual da PNRH foi inaugurado com a Lei 9.433/1997, que instituiu a Política Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, criou o Sistema Nacional de Gerenciamento

de Recursos Hídricos, e estabeleceu os fundamentos, objetivos, diretrizes gerais de ação e os instrumentos da Política (Arcila, 2014; Pompeu, 2010). Como norma geral, a lei prevê que a gestão da água não deve dissociar aspectos de quantidade de qualidade, deve considerar a diversidade geográfica e socioeconômica das diferentes regiões do país, o planejamento de setores usuários e os planejamentos regionais, estaduais e nacional, além da integração com a gestão ambiental, do uso do solo, sistemas estuarinos e zonas costeiras (ANA, 2020). Em termos amplos, o gerenciamento de recursos hídricos no Brasil possui um aparato institucional dos mais avançados do mundo, alcançando progressos notáveis em gestão desde a adoção da Lei da Política de Recursos Hídricos em 1997, visto que esta, em conjunto com a criação da Agência Nacional de Águas (ANA) em 2000, definiu as bases de uma governança multinível, integrada e localizada dos recursos hídricos (OCDE, 2015; Braga *et al*, 2006; Lima; Soares, 2015).

O antecedente nacional mais remoto da PNRH remete à preocupação com a proteção das águas presente no Código Penal de 1890, que estabelecia prisão celular de um a três anos para aquele que corrompesse ou conspurcasse a água potável de uso comum ou particular, tornando-a impossível de beber ou nociva à saúde (Braga *et al*, 2006). A partir desse ponto, o aparato legal para o gerenciamento de recursos hídricos foi sendo desenvolvido até resultar em sua configuração presente. Nesta, a competência administrativa sobre os recursos hídricos é compartilhada pelos diversos entes da Administração Pública, conforme sintetiza a figura 1.

Figura 1 - Síntese das competências legislativas relacionadas às águas



Fonte: Villar e Granziera (2019)

Conforme se observa com clareza, União e Estados possuem atribuições administrativas concretas associadas diretamente aos recursos hídricos (estabelecidos, essencialmente, pela Constituição Federal de 1988), o que fortalece a percepção comum de que o sistema gerencial brasileiro é integrado, participativo e descentralizado (ANA, 2013; Lima; Soares, 2015; Morais *et al*, 2018; Theodoro, 2017). Todavia, o documento jurídico (de natureza política) que determinou os nortes da gestão das águas foi a Lei Federal nº 9.433/1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e nasceu com o objetivo de regulamentar o artigo 21, XIX, da Constituição Federal, estabelecendo o novo regime jurídico dos recursos hídricos no Brasil (Villar; Granziera, 2019). Os pressupostos fundamentais da Política de Recursos Hídricos (Brasil, 1997) encontram-se espelhados em seu artigo 1º:

- I – a água é um bem de domínio público;
- II – a água é um recurso limitado, dotado de valor econômico;
- III – em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais;
- IV – a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas;
- V – a bacia hidrográfica é a unidade territorial para a implementação da Política Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos;
- VI – a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades.

Uma análise breve dos fundamentos permite concluir que estes delimitam, com clareza, bases éticas e técnicas para a PNRH, atribuindo uma natureza pública e econômica à água e indicando sua prioridade de uso em situações extremas, assim como esclarecendo aspectos operacionais de gestão ao garantir o uso múltiplo das águas e reconhecer a bacia hidrográfica como unidade central da gestão. Ainda, de forma prática, os fundamentos servem como balizadores que devem sedimentar o percurso para o alcance dos objetivos maiores da PNRH. Nesse sentido, os objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos estão expostos no artigo 2º da Lei nº 9.433/1977:

- I – assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos;
- II – a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, incluindo o transporte aquaviário, com vistas ao desenvolvimento sustentável;
- III – a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes de uso inadequado dos recursos naturais.

Por questões óbvias, o intento primeiro da PNRH é a segurança hídrica da geração atual e das futuras. Parece pertinente afirmar que é esse o objetivo fortemente justificador da realização do PISF (objeto de estudo da presente proposta de pesquisa). Em relação aos demais objetivos, se constata um certo alinhamento da PNRH com as bases da moderna governança de

recursos hídricos, principalmente retratado na utilização de termos como “utilização racional e integrada”, “desenvolvimento sustentável” e “prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos”. Em continuidade, como forma de orientar a gestão das águas, de maneira integrada e sistêmica, a Lei (artigo 3º) estabelece as seguintes Diretrizes Gerais de Ação para a implementação da PNRH:

- I – a gestão sistêmica dos recursos hídricos, sem dissociação dos aspectos de quantidade e qualidade;
- II – a adequação da gestão de recursos hídricos às diversidades físicas, bióticas, demográficas, econômicas, sociais e culturais das diversas regiões do País;
- III – a integração da gestão de recursos hídricos com a gestão ambiental;
- IV – a articulação do planejamento de recursos hídricos com o dos setores usuários e com os planejamentos regional, estadual e nacional;
- V – a articulação da gestão de recursos hídricos com a do uso do solo;
- VI – a integração da gestão das bacias hidrográficas com a dos sistemas estuarinos e zonas costeiras.

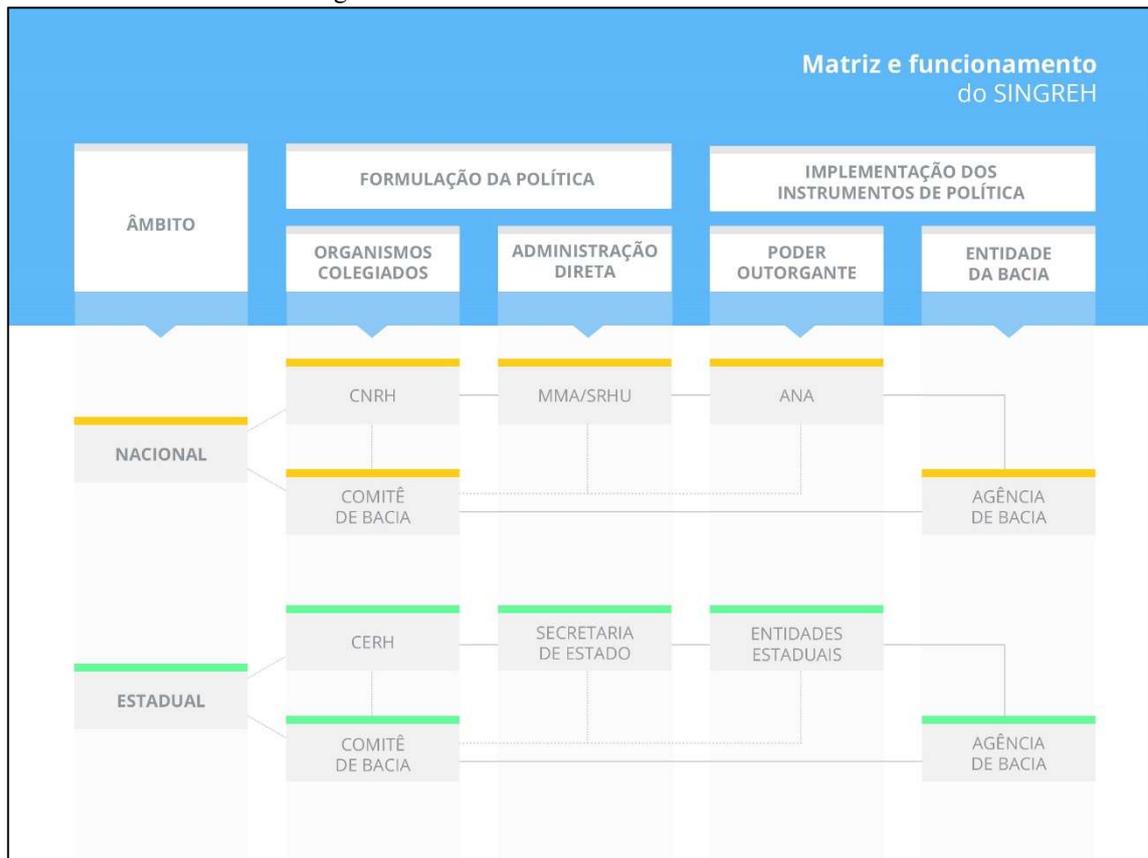
Vale reforçar que a redação das diretrizes enfatiza fortemente a necessidade de integração e articulação dos elementos gerenciais de recursos hídricos com outras áreas de gestão, partes interessadas e setores associados que, direta ou indiretamente, podem impactar a eficiência da aplicação da PNRH. Com a explicitação das diretrizes, a PNRH termina de estabelecer seu alicerce, apresentando bases (Fundamentos), pontos desejáveis de chegada (Objetivos) e caminhos a trilhar (Diretrizes). Nesse ponto, urge a necessidade de apresentar o quadro de responsabilidades pela prática operacional da PNRH (ANA, 2014), ou seja, o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH). De acordo com o artigo 32º da Lei nº 9.433/1997, o SINGREH possui os seguintes objetivos:

- coordenar a gestão integrada das águas;
- arbitrar administrativamente os conflitos relacionados com os recursos hídricos;
- implementar a Política Nacional de Recursos Hídricos;
- planejar, regular e controlar o uso, a preservação e a recuperação dos recursos hídricos;
- promover a cobrança pelo uso de recursos hídricos.

Para o cumprimento dos objetivos, foram criados órgãos e entidades da Administração Pública com hierarquias e atribuições específicas dentro do SINGREH, subdividindo-se em três categorias: a) Órgãos colegiados: Conselho Nacional de Recursos Hídricos, Conselhos de Recursos Hídricos dos Estados e do Distrito Federal e Comitês de Bacias Hidrográficas; b) Órgãos e entidades de gestão e controle: Agência Nacional de Águas, Agências de Água, órgãos e entidades dos poderes públicos federal, estadual, do Distrito Federal e municipais; c) Organização civis de recursos hídricos: consórcios e associações intermunicipais de bacias hidrográficas, associações regionais, locais ou setoriais de usuários de recursos hídricos,

organizações técnicas e de ensino e pesquisa com interesse na área de recursos hídricos, organizações não governamentais com objetivos de defesa de interesses difusos e coletivos da sociedade, e outras organizações reconhecidas pelo Conselho Nacional ou pelos Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos (Villar; Granziera, 2019; Ana, 2013; Morais *et al*, 2018). Esse conjunto multidisciplinar de órgãos e entidades estruturam uma rede que abarca a questão hídrica nacional e se relaciona da seguinte maneira (Figura 2).

Figura 2 - Matriz e Funcionamento do SINGREH



Fonte: Ministério do Desenvolvimento Regional (2021)

Dessa maneira, os entes se encontram distribuídos em função de suas competências e áreas de atuação – assemelhado com o modelo francês (Lima; Soares, 2015; Theodoro *et al*, 2016; Arcila, 2014; Cirilo, 2019) – seja em nível nacional, estadual ou de bacia hidrográfica. A interpretação da estrutura do SINGREH se dá da seguinte forma: na vertical é possível verificar o âmbito de atuação dos entes, além de seu posicionamento em relação à formulação de políticas e sua implementação, via aplicação dos instrumentos. Cada ente possui natureza jurídica e atribuições específicas, de acordo com sua função no sistema. Destarte, o formato do SINGREH condiciona seu funcionamento satisfatório à cooperação entre os órgãos e entidades da administração pública das esferas federal e estadual, bem como da sociedade civil (via

organizações civis), exigindo gestão articulada e permanente esforço de todos os integrantes (Brito *et al*, 2018; Villar; Granziera, 2019).

Definida a base e orientação da PNRH (fundamentos, objetivos e diretrizes), qual a estrutura responsável pela gestão, arbitragem de conflitos e implementação da PNRH (SINGREH), resta conhecer as “ferramentas” que a PNRH possui para viabilizar a concretização dos objetivos, ou seja, os instrumentos de gestão. Nesse sentido, os instrumentos de gestão são os meios que os órgãos e entidades dispõem para implementar os objetivos e diretrizes das políticas de águas, em atendimento aos fundamentos e princípios, e, tendo em vista que cada instrumento especificamente trata de um assunto distinto, mas complementar aos demais, a proteção da qualidade e quantidade das águas depende essencialmente de um concreto esforço político-técnico-administrativo (Villar; Granziera, 2019; Arcila, 2014; Cirilo, 2019).

De acordo com a Lei nº 9.433/1997 (artigo 5º), são instrumentos da PNRH: (I) os Planos de Recursos Hídricos; (II) o enquadramento dos corpos de água em classes; (III) a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos; (IV) a cobrança pelo uso de recursos hídricos; e (V) o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos. As principais definições e abrangências dos instrumentos de gestão da PNRH estão descritos no Quadro 4.

Quadro 4 - Definições e abrangências dos instrumentos de gestão da PNRH

| Instrumentos de Gestão | Principais Definições e Abrangências |
|--|--|
| Planos de Recursos Hídricos | <ul style="list-style-type: none"> • São planos diretores que visam a fundamentar e orientar a implementação da PNRH e o gerenciamento. • São de longo prazo, com horizonte de planejamento compatível com o período de implementação de seus programas e projetos. • Devem ser elaborados por bacia hidrográfica, por Estado e para o país. |
| Enquadramento dos corpos de água em classes | <ul style="list-style-type: none"> • As classes de corpos de água serão estabelecidas pela legislação ambiental. • Visa assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas e diminuir os custos de combate à poluição das águas, mediante ações preventivas permanentes. |
| Outorga de direitos de uso dos recursos hídricos | <ul style="list-style-type: none"> • Tem como objetivos assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso à água. • Toda outorga estará condicionada às prioridades estabelecidas nos Planos de Recursos Hídricos e deverá respeitar a classe em que o corpo de água estiver enquadrado. • Deverá preservar o uso múltiplo dos recursos hídricos. • Efetivar-se-á por ato de autoridade competente do Poder Executivo Federal, dos Estados ou do Distrito Federal. • A outorga não implica a alienação parcial das águas, mas o simples direito de seu uso. |
| Cobrança do uso de recursos hídricos | <ul style="list-style-type: none"> • Objetiva reconhecer a água como um bem econômico e dar ao usuário uma indicação de seu real valor, incentivar a racionalização do uso da água, obter recursos para o financiamento dos programas e intervenções contemplados nos planos de recursos hídricos. • Serão cobrados os usos de recursos hídricos sujeitos a outorga. • A arrecadação pela cobrança serão aplicados prioritariamente na bacia hidrográfica em que foram gerados. |
| Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos | <ul style="list-style-type: none"> • Trata-se de um sistema de coleta, tratamento, armazenamento e recuperação de informações sobre recursos hídricos e fatores intervenientes em sua gestão. • São princípios básicos para seu funcionamento a descentralização da obtenção e produção de dados e informações, a coordenação unificada do sistema e o acesso de dados e informações garantido à toda a sociedade. |

Fonte: Autoria própria (2021), a partir da Lei nº 9.433/1997

Se os instrumentos de gestão se configuram como os meios de atuação dos entes participantes do SINGREH e estes possuem naturezas e esforços de diversificados, parece coerente compreender que os instrumentos vivenciam diferentes fases de implementação, principalmente em função do sutil e complexo entrelaçamento dos entes, suas funções deliberativas/técnicas e os instrumentos de gestão – o que torna a operacionalização do sistema um desafio considerável. O quadro 5 resume a problemática mencionada.

Quadro 5 - Relação entre organismos do SINGREH e os instrumentos da PNRH

| Organismos do SINGREH | Planos de Recursos Hídricos da Bacia | Enquadramento | Outorga de Direitos de Uso | Cobrança pelo uso | Sistema de Informações Sobre Recursos Hídricos |
|--------------------------------|--|--|---|--|---|
| Comitê de Bacia Hidrográfica | Aprova e acompanha a execução. | Seleciona alternativa. | Estabelece prioridades de uso e aprova proposta de usos não outorgáveis. | Propõe mecanismos e valores e define plano de aplicação dos recursos arrecadados. | - |
| Regulador / Outorgante | Na ausência de agência de água, 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 de conselhos, arrecada e aplica os recursos, podendo transferi-los à agência de água. | Implanta e gere sistemas estaduais e nacional. |
| Agência de Águas | 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. | Propõe valores e mecanismos, arrecada, aplica e gere os recursos. | Implanta e gere sistema de bacia. |
| Conselhos de Recursos Hídricos | Regulamenta diretrizes gerais. | Aprova alternativa. | Regulamenta diretrizes gerais e aprova usos não outorgáveis. | Aprova. | - |

Fonte: ANA (2014)

Embora, como se vê, o arranjo organizacional e a definição de funções esteja modernamente delineada, ainda existem assimetrias na implementação da PNRH (Morais *et al*, 2018), o que provoca, nos mais diferentes níveis, oportunidades de melhoria do sistema como um todo. Obviamente, faz-se necessário compreender que para cada política pública há um contexto, uma situação de origem e de execução da mesma e até quando não é totalmente concretizada, uma política pública diz muito sobre sua conjuntura histórica e institucional de existência (Theodoro, 2017).

Ainda assim, é possível constatar a existência de lacunas de governança: (a) os diversos planos de recursos hídricos em níveis nacional, estadual, local e de bacia são mal coordenados e não chegam a ser colocados em prática; (b) a incompatibilidade entre as fronteiras administrativas municipais, estaduais e federais e os limites hidrológicos levanta a questão da escala adequada; (c) o isolamento setorial dos ministérios e órgãos públicos ainda dificulta a coerência política entre os setores de recursos hídricos, agricultura, energia, licenciamento ambiental, saneamento e uso do solo; (d) onde existem, as cobranças pelo uso da água são baixas e raramente se baseiam em estudos de acessibilidade ou em avaliação de impacto; (e) a disponibilidade de dados e informações sobre recursos hídricos acessíveis e de boa qualidade

varia entre os estados; (f) os comitês de bacias hidrográficas possuem poderes deliberativos fortes, mas têm limitada capacidade de implementação (OCDE, 2015).

2.5 Gestão de Integração da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco e Bacia do Rio Piancó-Piranhas-Açu

O Projeto de Integração da bacia do Rio São Francisco com as bacias hidrográficas do Nordeste Setentrional consiste, essencialmente, na transferência de águas do referido rio para os rios das bacias receptoras, abordagem já definida por Azevedo *et al* (2005). Dessa maneira, o rio doador assume um papel central na discussão sobre suas potencialidades e possíveis impactos gerados a partir da realização da integração. Os elementos essenciais sobre a caracterização da Bacia do Rio São Francisco e seu rio principal, assim como os aspectos técnicos do PISF são abordados em subseção posterior neste Tese, mais adiante.

Quanto à gestão do PISF em si, é pertinente observar que sua operacionalização de construção e funcionamento da integração (quando de seu início) foi regulamentada pelo Decreto Federal nº 5.995/2006 e, posteriormente, alterado pelo Decreto nº 8.207/2014. O delineamento do sistema mencionado almeja promover a sustentabilidade da operação referente à infraestrutura hídrica implantada e coordenar a execução do PISF, entre outros objetivos (Brasil, 2006). Os referidos Decretos também instituíram a configuração que deve possuir a estrutura do Sistema de Gestão do PISF com as bacias do Nordeste Setentrional, assim como o contexto regulatório em que devem atuar os entes envolvidos na execução do projeto e na manutenção das estruturas implementadas (Brasil, 2006).

Dessa maneira, aqui se concentram esforços, a partir desse ponto, em discutir elementos considerados pertinentes sobre a área/objeto de estudo e interesse deste projeto e que conecta o PISF com o contexto sertanejo do Estado da Paraíba: a Bacia Hidrográfica do Rio Piancó-Piranhas-Açu (BHPPA).

Tão somente para fins de caracterização, a BHPPA se encontra totalmente inserida no semiárido nordestino, possuindo 60% da área no Estado da Paraíba e 40% no Estado do Rio Grande do Norte, contemplando 147 municípios, uma população total de mais de 1,3 milhões de habitantes e tendo como principal rio da bacia o Piranhas-Açu, de domínio federal, que nasce no município de Bonito de Santa Fé (Paraíba) e desagua no Oceano Atlântico, na Costa Potiguar

(AESA, 2021). Também se caracteriza pela intermitência natural de seus rios e demais corpos d'água, cuja perenização ocorre nos trechos situados à jusante das barragens Curema Mãe D'água e Armando Ribeiro Gonçalves, reservatórios estratégicos construídos pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS), com capacidade de regularização interanual de vazões (Oliveira, 2013).

A BHPPA é estratégica para a região, visto que possui as duas principais fontes hídricas que se responsabilizam pelo atendimento de demandas de água interna e externa da bacia, além de se qualificar como bacia receptora do PISF (Amorim, 2016). Por outro lado, apresenta altas taxas de evaporação, que acarreta em perdas significativas de água, contribuindo com o déficit hídrico da bacia, enfrentando periodicamente o fenômeno da seca e seus efeitos, tanto naturais quando sociais e econômicos (Moreira, 2017). Ainda, a elevada variabilidade pluviométrica da região, somada a alta densidade populacional e o predomínio de práticas de agricultura irrigada, apresentam-se como um desafio constante para sua gestão (Oliveira, 2019).

A gestão da BHPPA é compartilhada entre a União (ANA) e os Estados da Paraíba (SEMARHCT – Secretaria do Estado de Recursos Hídricos, do Meio Ambiente e da Ciência e Tecnologia e AESA – Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba) e Rio Grande do Norte (SEMARH – Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos e IGARN – Instituto de Gestão das Águas do Rio Grande do Norte), o Conselho Nacional de Recursos Hídricos, o Comitê da Bacia Hidrográfica Piancó-Piranhas-Açu, (Oliveira, 2013; Amorim *et al.*, 2016). Quanto aos recursos hídricos, sua gestão, dentro da BHPPA, é fundamentada no modelo de gestão por “manejo adaptativo”, sistema no qual as decisões provisórias e as medidas são tomadas com base em evidências científicas e consulta às partes interessadas – todavia, os principais desafios encontrados na implementação da gestão hídrica diz respeito à dupla dominialidade dos recursos hídricos, o que provoca dificuldades na execução de atribuições, prevalecendo uma atuação desarticulada dos entes participantes (Oliveira, 2019).

Sua condição de essencialidade para o atendimento das demandas hídricas da região, de acordo com Oliveira (2013), implica na ocorrência de conflitos de naturezas diversas, dentre os quais é possível destacar: insuficiência hídrica para atender às demandas existentes, notadamente a irrigação; incapacidade, em vários trechos da bacia, de assimilação dos esgotos domésticos lançados devido à baixa disponibilidade hídrica superficial; e existência de projetos de irrigação, públicos e privados, que não têm cumprido a legislação ambiental, acarretando na poluição dos recursos hídricos em função do uso indiscriminado de agrotóxicos e assoreamento

dos mananciais em decorrência do uso inadequado do solo. Ainda no aspecto ambiental, a ausência de zoneamento ecológico-econômico e da implementação de políticas de uso e ocupação de solos na bacia explica a ocorrência de diversos problemas, tais como a perda de biodiversidade, perda de solo, assoreamento de reservatórios, contaminação dos solos e dos mananciais com efluentes domésticos e industriais, e com fertilizantes e agrotóxicos (Oliveira, 2013).

Tamanhas problemáticas indicam a necessidade latente de superar desafios e aproveitar a redução de incertezas que se avizinha com a concretização do PISF. Nesse ponto, o caminho a seguir deve residir em: promover a eficiência do uso da água; definir mecanismos de solidariedade que viabilizem investimentos para um desenvolvimento mais sustentável; investir em monitoramento e modelagem (para apoiar reduções escaladas de captação); diferenciar direitos de água do nível de segurança; e educar e conscientizar (OCDE, 2017).

2.6 Teoria dos *Stakeholders*: aspectos gerais

Partindo da premissa que foi possível evidenciar a relevância da atuação das partes interessadas para as temáticas destacadas nesta Tese, assim como sua participação no processo de investigação que fundamentará os resultados, viu-se necessidade de apresentar a Teoria dos *Stakeholders*, de maneira a elucidar o conjunto de aspectos que qualificam os atores elencados no aspecto metodológico.

Freeman apresenta, em sua essência, o pensamento sobre a supremacia dos proprietários como o principal intensificador do Modelo financeiro na Governança Corporativa. A teoria dos *stakeholders* possui raízes, principalmente, nas ciências da sociologia, no comportamento organizacional e na política de interesses de grupos específicos, podendo ser definida, segundo Freeman e Mcvea (2000), como a criação e implementação, pelos gestores de atividades, de processos que alcancem a satisfação de todos os grupos que tenham interesses em jogo na organização. O principal objetivo nesse processo seria gerenciar e integrar os relacionamentos e os interesses de acionistas, funcionários, clientes, fornecedores, comunidades e outros grupos, de modo a assegurar o sucesso da empresa a longo prazo.

Freeman (1984) apresenta a definição do termo *stakeholder* como qualquer grupo ou indivíduo que afeta ou é afetado pelo alcance dos objetivos da empresa, definição bem

consolidada. Jensen (2001) parece discordar ao argumentar que, sob o impacto de tal interpretação, seria necessário considerar o meio ambiente, terroristas e criminosos como *stakeholders*, por estes poderem substancialmente afetar ou serem afetados pelo bem-estar da empresa.

O pensamento de Freeman vem sendo questionado por diversos estudiosos ao longo do tempo. Max. B. E. Clarkson no artigo *A stakeholder framework for analyzing and evaluating corporate performance*, publicado no ano de 1995, defendendo que os gestores organizacionais de qualquer natureza, não devem mais escolher como prioridade a maximização de retorno para os acionistas, com o sacrifício de outros públicos também relevantes.

Clarkson (1995) divide os *stakeholders* em categorias, iniciando pelos primários, que se caracterizam como aqueles sem os quais a organização não consegue sobreviver (acionistas, investidores, colaboradores, clientes e fornecedores), juntamente com os *stakeholders* públicos, como os governos e a comunidade, que ofertam a infraestrutura, os modelos de mercado, as leis e regulamentos que, necessariamente, devem ser obedecidas.

Outra categoria destacada por Clarkson é a dos *stakeholders* secundários, definidos como aqueles que afetam e são afetados pelas organizações, que influenciam e são influenciados por elas, embora não estejam diretamente envolvidos nos processos e transações realizadas, nem sejam considerados essenciais para a sua sobrevivência. Ainda que sua ligação não seja direta, isso não elimina a possibilidade de se estabelecer uma relação duradoura e de longo prazo com esses atores.

Clarkson aborda a necessidade imperativa de o gestor enfrentar e resolver os conflitos inevitáveis que surgem entre os diferentes grupos, particularmente no que concerne à distribuição de riquezas e do valor gerado pela organização. Além disso, Clarkson estabelece sete princípios fundamentais para a Governança Corporativa: reconhecer e monitorar ativamente os interesses de todos os *stakeholders*, enfatizando a tomada de decisão e os processos organizacionais; engajar-se em escuta aberta dos *stakeholders*, identificando interesses e possíveis contribuições; implementar processos e medidas que considerem e atendam aos interesses dos *stakeholders* e suas especificidades; compreender a interdependência entre os esforços e recompensas dos *stakeholders*, assegurando uma distribuição justa dos benefícios, considerando os riscos e vulnerabilidades inerentes; colaborar de forma cooperativa com outras entidades, sejam públicas ou privadas, com o objetivo de mitigar danos corporativos; evitar práticas que desrespeitem os direitos humanos invioláveis ou

que representem riscos inaceitáveis para os *stakeholders*; e, finalmente, reconhecer potenciais conflitos entre *stakeholders*, utilizando a comunicação aberta e apropriada para transformar tais conflitos em oportunidades de melhoria e crescimento (Clarkson, 1995).

Atkinson e Waterhouse (1997) apresentam uma perspectiva na qual a importância dos *stakeholders* é determinada pelo grau de envolvimento e impacto que exercem na performance organizacional. Assim, uma condição essencial para que a organização possa lidar eficazmente com os *stakeholders* é a elaboração de um planejamento estratégico e a condução de uma análise aprofundada do público interessado, empregando como método a análise racional. Este método visa compreender a lógica subjacente aos comportamentos dos *stakeholders*, promovendo uma postura organizacional empática e responsiva. Por outro lado, Mitchell *et al.* (1997) argumentam que a organização pode identificar seus *stakeholders* com base em três atributos centrais: poder, legitimidade e urgência.

De acordo com esses autores, o poder deve ser entendido como uma estratégia de influência, refletindo o grau em que indivíduos envolvidos em um determinado processo podem influenciar ou ser influenciados. A legitimidade, por sua vez, relaciona-se ao impacto dentro das relações organizacionais, enquanto a urgência refere-se à reivindicação de atenção imediata por parte dos *stakeholders*.

Mitchell, Agle e Wood (1997) classificam os *stakeholders* em diferentes categorias com base na combinação desses três atributos: o *stakeholder* discricionário possui poder; o adormecido possui legitimidade; o exigente tem urgência; o perigoso detém tanto poder quanto urgência; o dependente apresenta legitimidade e urgência; o dominante possui poder e legitimidade; e, finalmente, o *stakeholder* definitivo reúne os três atributos de poder, legitimidade e urgência.

Dada a diversidade de conceitos propostos para o termo *stakeholders*, alguns estudiosos se dedicaram a investigar as diferentes vertentes conceituais da teoria. A seguir, destacam-se as análises teóricas de Donaldson e Preston (1995), Greenwold (2001), Gibson (2000), Friedman e Miles (2006).

Donaldson e Preston (1995) afirmam que a teoria dos *stakeholders* pode ser compreendida a partir de três dimensões: descritiva, instrumental e normativa. Embora interligadas no contexto de sua teoria, cada uma dessas dimensões possui características distintas que envolvem diferentes alegações e pressupostos, oferecendo uma visão abrangente das interações entre os *stakeholders* e a organização.

Segundo Vieira (2010), a perspectiva empírica visa descrever e elucidar características e comportamentos inerentes às organizações. Neste contexto, a organização é concebida como um conglomerado de interesses coletivos que tanto cooperam quanto competem. A teoria dos *stakeholders*, nesse sentido, é aplicada para descrever características estruturais e funcionais da organização, incluindo a estratégia geral, os objetivos primários, a concepção de gestão e as particularidades dos membros. De acordo com Donaldson e Preston (2010), essa perspectiva também é fundamental para buscar um entendimento profundo sobre as dinâmicas de gestão intrínsecas às organizações.

No que se refere à perspectiva instrumental, observa-se que, além de interpretar dados descritivos e empíricos das organizações, a teoria dos *stakeholders* busca estabelecer uma base sólida de avaliação e ligação entre as práticas de gestão e os objetivos organizacionais. Essa perspectiva frequentemente envolve o uso de ferramentas analíticas e estatísticas para compreender as implicações das práticas de gestão, enquanto outros estudiosos aplicam observações diretas para compreender os impactos práticos da teoria dos *stakeholders* em contextos organizacionais específicos (Vieira, 2010).

Ainda segundo Vieira (2010), a perspectiva normativa se preocupa com a interpretação das funções das organizações, com o objetivo de identificar as diretrizes morais e filosóficas que orientam a gestão. Esta abordagem é categórica e visa definir claramente o que é considerado moralmente correto ou incorreto, baseando-se no pressuposto de que os *stakeholders* são indivíduos ou grupos que possuem interesses intrínsecos legítimos em relação à organização. Essa perspectiva enfatiza que os interesses de todos os *stakeholders* têm valor e que cada grupo merece consideração e atenção na tomada de decisão organizacional.

Torres (2013) argumenta que, embora diversos autores, incluindo Freeman, adotem uma abordagem pragmática e não busquem definir exhaustivamente o termo *stakeholders*, Phillips aprofunda o princípio da equidade aplicado aos *stakeholders*. Nesta perspectiva, os *stakeholders* são definidos como aqueles que mantêm uma relação competitiva com a organização, gerando obrigações morais para ambas as partes envolvidas. Aqueles que participam diretamente desse processo competitivo são classificados como *stakeholders* normativos, enquanto os que estão fora dessa dinâmica, mas que podem impactar a organização, são denominados *stakeholders* derivativos.

Torres (2013) também explora a visão de Phillips, destacando que organizações diferem de indivíduos em termos e contextos morais. Phillips retoma a perspectiva de Freeman e outros

teóricos sobre a falsa dicotomia entre ética e práticas organizacionais, e sugere que a teoria dos *stakeholders* proporciona um espaço para o desenvolvimento de uma teoria ética organizacional, articulada com teorias políticas e morais, que se baseia no princípio da equidade dos *stakeholders*.

O princípio da equidade sugere que os deveres e obrigações dos *stakeholders* devem ser compreendidos pela organização, pautando-se pelo princípio do *fair play*. De acordo com Torres (2013), o *fair play* implica que, mesmo quando não é necessário que um indivíduo execute uma determinada ação em conjunto com outro, ele deve fazê-lo porque é moralmente correto. Esse princípio se fundamenta em seis qualificações, dentre as quais se destacam o benefício mútuo e a justiça.

A integração dos pensamentos apresentados pelos autores contribui para compreender a aplicação da teoria dos *stakeholders* no contexto organizacional. Dialogando com diferentes áreas do conhecimento, a teoria pode ser utilizada em qualquer realidade ou dinâmica que envolva o equilíbrio entre os interesses de indivíduos ou grupos distintos, promovendo uma gestão que seja ética e inclusiva.

2.6.1 Teoria dos Stakeholders aplicada aos recursos hídricos

Tendo como base a Teoria dos *Stakeholders*, parece adequado interpretar à luz da referida, quais grupos de interessados impactam e/ou são impactados pelo objeto desta investigação, exigindo uma atenção especial do procedimento metodológico. Essa análise cuidadosa possibilita uma melhor compreensão das interações entre os diferentes grupos de *stakeholders* e os recursos hídricos, destacando a complexidade das relações envolvidas e a necessidade de uma abordagem sistêmica e integrada na gestão desses recursos. Com isso, é possível garantir que as decisões tomadas estejam alinhadas com os interesses e necessidades de todos os atores envolvidos, promovendo uma gestão mais justa e eficaz.

Para tanto, cabe destacar que, dentro do grupo de *stakeholders* mais relevantes da gestão de águas, o Plano Nacional de Recursos Hídricos identifica os seguintes atores: concessionárias de saneamento; geradoras de energia elétrica; empresários da agroindústria, em especial com cultivos irrigados; indústrias impactantes sobre os recursos hídricos; formuladores de políticas públicas; agências reguladoras e executivas; municípios com rebatimentos sobre políticas de

uso e ocupação do solo; organizações não governamentais ambientalistas; organismos externos de fomento (Simplício, 2015).

Esses atores representam interesses variados e, muitas vezes, conflitantes, que precisam ser equilibrados dentro do contexto da gestão de recursos hídricos. Observa-se que cada ente descrito desempenha um papel de relevância, direta ou indiretamente, alinhando-se com as argumentações de Vieira (2010) e Torres (2013), o que os qualificou para receber um olhar mais atento da presente pesquisa. Além disso, cada um desses *stakeholders* tem demandas específicas que devem ser levadas em consideração durante o processo de planejamento e execução de políticas públicas relacionadas aos recursos hídricos, exigindo uma abordagem diferenciada e criteriosa que leve em conta as particularidades de cada grupo.

Dessa maneira, à luz do procedimento desenvolvido por Simplício (2015), para favorecer a análise dos dados e respeitar a classificação presente nas políticas de recursos hídricos, nesta proposta de pesquisa os *stakeholders* foram divididos em três grandes grupos: Poder Público; Usuários de Recursos Hídricos; e Sociedade Civil Organizada. Essa divisão permite uma análise mais detalhada e estruturada dos interesses e das interações entre os diferentes grupos, facilitando a identificação de pontos de convergência e divergência entre eles.

2.7 Teoria da Inovação Sociotécnica

A Teoria da Inovação Sociotécnica é fundamental para a compreensão das mudanças tecnológicas e institucionais que caracterizam os processos de gestão de recursos hídricos, particularmente no contexto da integração das bacias do Rio São Francisco com a Bacia do Rio Piancó-Piranhas-Açu. Esta abordagem transcende as visões tradicionais de inovação tecnológica, ao incorporar elementos sociais, institucionais e culturais que são cruciais para alcançar uma gestão mais integrada e sustentável dos recursos hídricos. Dessa forma, a Teoria da Inovação Sociotécnica proporciona uma estrutura analítica robusta para avaliar as inovações implementadas no Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF), investigando como estas potenciais inovações interagem e são moldadas pelas estruturas sociais, arranjos institucionais e pela participação ativa dos *stakeholders*.

A inovação sociotécnica emerge da compreensão de que os sistemas técnicos e sociais estão profundamente interligados e coevoluem em uma relação de interdependência. Esta visão busca integrar tanto elementos técnicos (máquinas, ferramentas, infraestruturas) quanto componentes sociais (atores humanos, estruturas organizacionais, normas e práticas), criando sistemas em que a inovação depende da interação contínua entre esses domínios (Pasmore *et al.*, 1982).

Esse conceito foi originalmente desenvolvido por Eric Trist e Fred Emery, que estabeleceram a Teoria dos Sistemas Sociotécnicos para melhorar a eficácia organizacional, promovendo a otimização conjunta dos componentes sociais e técnicos em sistemas de trabalho (Trist; Bamforth, 1951). Ao tratar as organizações como sistemas abertos, Trist e Emery afirmam que as inovações tecnológicas só podem ser bem-sucedidas se ocorrerem em harmonia com mudanças sociais, introduzindo a necessidade de adaptações simultâneas nos dois níveis (Walker *et al.*, 2007).

Tais argumentos foram posteriormente expandidos para além do local de trabalho e aplicadas em escalas mais amplas, como sistemas de infraestrutura e redes interorganizacionais. Fred Emery continuou a explorar as interações entre componentes sociais e técnicos, argumentando que as organizações devem ser vistas como ecossistemas interativos, onde as mudanças tecnológicas afetam diretamente as dinâmicas sociais e vice-versa (Emery, 1978). Esse alinhamento entre aspectos técnicos e sociais é essencial para a implementação de inovações de maneira eficaz e sustentável (Boonstra; Vink, 1996).

Nesse sentido, a inovação tecnológica não ocorre de forma isolada; pelo contrário, ela está intrinsecamente ligada às dinâmicas sociais, culturais e institucionais. Bijker, Hughes e Pinch (1987), em sua teoria da Construção Social da Tecnologia (SCOT), argumentam que os desenvolvimentos tecnológicos são moldados pelas disputas sociais e pelo contexto cultural no qual estão inseridos. Afirmam que as tecnologias são construções sociais e, como tal, refletem os interesses, valores e prioridades dos grupos sociais que as promovem (Bijker; Hughes; Pinch, 1987). A SCOT contraria o determinismo tecnológico, propondo que os caminhos de desenvolvimento das tecnologias são negociados e não predeterminados, envolvendo múltiplos atores sociais (Pinch; Bijker, 1984). Além disso, Hughes (1987) enfatiza que grandes sistemas tecnológicos, como redes elétricas e ferroviárias, são co-construídos por meio de interações entre engenheiros, políticos e consumidores, que constantemente moldam o rumo da inovação.

O conceito de que a tecnologia é moldada socialmente é amplamente reforçado por Callon e Latour, que na Teoria Ator-Rede (ANT) argumentam que as inovações tecnológicas são o resultado de redes complexas de atores humanos e não humanos, onde nenhum dos elementos possui predominância sobre o outro (Latour, 1987). Essas redes sociotécnicas, ao integrar artefatos tecnológicos e práticas sociais, demonstram que a inovação é, em grande medida, um processo de negociação e construção coletiva (Callon, 1986). Assim, as tecnologias não são produtos finais estáticos, mas sim produtos dinâmicos e em constante transformação, de acordo com as interações entre seus usuários e desenvolvedores.

Posto isso, parece oportuno argumentar que os desafios que o mundo contemporâneo enfrenta, como as mudanças climáticas e a transição para energias renováveis, requerem uma abordagem integrada que considere tanto os aspectos sociais quanto os tecnológicos de um sistema. Frank Geels (2002) oferece uma contribuição vital nesse campo com sua Perspectiva Multinível (MLP), que explica como as inovações tecnológicas emergem e se consolidam através de um processo de interação entre três níveis: o nicho (onde as inovações surgem), o regime (as normas e regras estabelecidas) e o cenário mais amplo (tendências macroeconômicas e sociais). De acordo com Geels, inovações que surgem em nichos protegidos podem eventualmente desafiar e transformar o regime sociotécnico dominante, particularmente quando o cenário externo está em transformação, como no caso de pressões regulatórias ou econômicas para descarbonização (Geels, 2002).

Essas transições não são apenas tecnológicas; envolvem mudanças significativas em práticas sociais e culturais. Rip e Kemp (1998) também argumentam que a coevolução de tecnologia e sociedade é crucial para entender transições de longo prazo, como as observadas no setor de energia, onde tecnologias renováveis como a energia solar enfrentam resistências estruturais de regimes baseados em combustíveis fósseis (Rip; Kemp, 1998). Da mesma forma, Hofman e Elzen (2010) utilizam cenários sociotécnicos para demonstrar como as transições para sistemas de energia de baixo carbono requerem uma transformação simultânea em aspectos tecnológicos, sociais e institucionais (Hofman; Elzen, 2010).

Portanto, superar os desafios da inovação sociotécnica exige um alinhamento entre diversos níveis de governança, inovação tecnológica e mudança social. Isso inclui a transformação de práticas sociais profundamente enraizadas, como o consumo de energia, o transporte e as normas regulatórias. Em cenários de transição, a criação de nichos protegidos para o desenvolvimento de novas tecnologias é essencial para testar e refinar inovações antes

que elas possam desafiar os sistemas dominantes (Smith; Stirling; Berkhout, 2005). Dessa forma, a inovação sociotécnica pode abrir caminho para a transformação sistêmica necessária para enfrentar os desafios globais contemporâneos.

2.7.1 Teorias Fundamentais da Inovação Sociotécnica

A Teoria dos Sistemas Sociotécnicos, formulada por Eric Trist e Fred Emery nas décadas de 1950 e 1960, é uma das principais contribuições para o estudo das interações entre aspectos sociais e técnicos nas organizações. Essa teoria propõe que a otimização conjunta dos sistemas sociais (relacionados a pessoas, cultura e processos) e dos sistemas técnicos (referentes a ferramentas, tecnologias e infraestrutura) é essencial para alcançar a eficácia organizacional. Ao contrário de abordagens anteriores que tratavam esses domínios de forma separada, Trist e Emery sugeriram que as inovações tecnológicas só são eficazes quando implementadas em sintonia com mudanças sociais, promovendo um ambiente de trabalho mais adaptável e participativo (Pasmore *et al*, 1982).

O conceito de co-otimização é central nessa abordagem. Este defende que, ao alinhar os componentes sociais e técnicos, é possível não apenas melhorar a eficiência e produtividade organizacional, mas também aumentar a qualidade de vida no trabalho, tornando o ambiente de trabalho mais inclusivo e flexível (Boonstra; Vink, 1996). Ainda, Walker *et al* (2007) argumentam que a aplicação da teoria dos sistemas sociotécnicos permite às organizações criar estruturas mais resilientes, capazes de se adaptar rapidamente a mudanças tecnológicas e sociais, aumentando sua capacidade de inovação (Walker *et al*, 2007).

A aplicação prática da teoria pode ser observada em vários setores, desde indústrias de manufatura até sistemas de saúde, onde as inovações são frequentemente acompanhadas de mudanças organizacionais para garantir sua eficácia. Trist e Bamforth (1951) já haviam demonstrado, em seus estudos sobre as minas de carvão britânicas, que a organização do trabalho deveria ser desenhada de forma a permitir uma interação equilibrada entre fatores técnicos e humanos, o que resultou em melhorias na produtividade e no bem-estar dos trabalhadores.

Por sua vez, a Perspectiva Multinível (MLP), desenvolvida por Frank W. Geels, propõe um modelo para explicar como as inovações surgem em nichos, desafiam regimes estabelecidos e eventualmente transformam sistemas sociotécnicos em larga escala. A MLP distingue três níveis interconectados de análise: os nichos de inovação, onde as novas tecnologias e ideias emergem; os regimes sociotécnicos, que representam as práticas e normas dominantes em um setor; e o cenário sociotécnico, que envolve as tendências mais amplas, como fatores econômicos, culturais e políticos (Geels, 2002).

O modelo é particularmente útil para entender as transições tecnológicas que envolvem sistemas complexos, como os de energia e transporte. Geels (2002) argumenta que as inovações surgem em nichos protegidos, onde são testadas e desenvolvidas longe das pressões dos regimes dominantes. À medida que essas inovações evoluem e ganham força, podem desafiar o regime estabelecido, desde que as condições no cenário sociotécnico sejam favoráveis, como mudanças nas políticas governamentais ou pressões econômicas e ambientais (Geels, 2002). Hofman e Elzen (2010) reforçam essa perspectiva ao argumentar que as transições para sistemas de baixo carbono, como energias renováveis, exigem uma mudança não apenas nas tecnologias, mas também nas práticas sociais, regulamentações e infraestrutura industrial.

Tal perspectiva tem sido aplicada no estudo de transições sustentáveis. Rip e Kemp (1998) discutem como a interação entre nichos, regimes e cenários é fundamental para a coevolução de tecnologias e sociedades. Argumentam que as inovações tecnológicas que desafiam o status quo devem, ao longo do tempo, adaptar-se às condições do regime, ao mesmo tempo que o regime precisa flexibilizar suas normas e padrões para absorver essas inovações (Rip; Kemp, 1998). Esse processo, que pode durar décadas, depende de políticas públicas adequadas, bem como do apoio de atores chave para fomentar e escalar as inovações emergentes.

Já a Teoria Ator-Rede (ANT), desenvolvida por Michel Callon e Bruno Latour, oferece uma abordagem distinta para entender as inovações sociotécnicas ao focar nas redes de interações entre atores humanos e não humanos. De acordo com a ANT, a inovação é o produto de um complexo conjunto de interações entre diferentes atores, incluindo máquinas, instituições, normas sociais e indivíduos, onde nenhum ator, humano ou técnico, possui maior protagonismo sobre o outro (Latour, 1987). Essa teoria desafia a divisão tradicional entre o social e o técnico, propondo que todos os elementos envolvidos em uma inovação — sejam eles

tecnologias, seres humanos ou organizações — desempenham papéis igualmente importantes no desenvolvimento e na disseminação dessa inovação (Callon, 1986).

A ANT é útil para estudar como as inovações emergem e se estabilizam dentro de redes sociotécnicas complexas. Em vez de enxergar a tecnologia como um artefato estático, Latour (1987) argumenta que as inovações são construídas através de interações contínuas, onde os atores ajustam e transformam seus comportamentos e papéis de acordo com as pressões e incentivos dentro da rede (Latour, 1987). Callon (1986) reforça esse ponto ao estudar o desenvolvimento de tecnologias como um processo de tradução, no qual diferentes atores negociam seus interesses e, assim, constroem alianças que permitem a estabilização da inovação (Callon, 1986).

Estudos recentes que aplicam a ANT demonstram como essa teoria pode ser utilizada para entender fenômenos complexos, como a implementação de tecnologias de informação em sistemas de saúde. Callen, Georgiou e Westbrook (2012) aplicam a ANT para analisar a implementação de sistemas de informação clínica, mostrando como o sucesso ou fracasso de uma inovação depende da capacidade de formar redes sólidas entre atores técnicos e sociais, ajustando continuamente as expectativas e os papéis de cada um na rede.

Por fim, a Teoria das Práticas Sociais, formulada por Elizabeth Shove, oferece uma perspectiva sobre como as inovações tecnológicas estão enraizadas em práticas cotidianas e rotinas sociais. Diferentemente de teorias que focam apenas nas tecnologias ou nos indivíduos como agentes de mudança, Shove argumenta que a inovação ocorre por meio de transformações nas práticas sociais que combinam materiais, competências e significados. Ou seja, mudanças tecnológicas só se tornam efetivas quando se alinham com as práticas cotidianas dos usuários e são absorvidas nas rotinas diárias (Shove, 2003).

Segundo Shove (2010), as práticas sociais são compostas de três elementos principais: materiais (ferramentas, objetos, tecnologias), competências (habilidades e conhecimento) e significados (valores, normas, cultura). A inovação ocorre quando esses três elementos são rearranjados ou substituídos, resultando em novas formas de prática. Por exemplo, o uso de energias renováveis no dia a dia só se tornará predominante quando os materiais (painéis solares), as competências (instalação e manutenção) e os significados (cultura de sustentabilidade) forem integrados de maneira coesa nas rotinas sociais (Shove, 2010).

Essa abordagem se alinha com a possibilidade de estudar mudanças em larga escala em relação ao consumo de recursos e comportamentos sustentáveis. Hargreaves, Longhurst e Seyfang (2013) aplicam a Teoria das Práticas Sociais para entender as transições para a sustentabilidade, mostrando que mudanças tecnológicas bem-sucedidas dependem da reconfiguração das práticas sociais que sustentam os padrões de consumo e produção atuais.

2.8 Estudos Correlatos Recentes

A inclusão de estudos correlatos neste capítulo faz-se importante para ampliar a compreensão do tema central da tese, permitindo o estabelecimento de conexões entre o objeto de estudo e abordagens já consolidadas em diferentes contextos. Essa seção desempenha um papel de fornecer subsídios teóricos e empíricos que sustentam as discussões, além de fortalecer a base científica para a análise dos dados e das proposições apresentadas. No contexto desta pesquisa, o levantamento de estudos correlatos contribui para o embasamento metodológico e a identificação de lacunas ou oportunidades, oferecendo um panorama abrangente que auxilia na consolidação dos argumentos e na formulação de alternativas alinhadas aos princípios do desenvolvimento sustentável e da gestão integrada de recursos.

a) Reservoir operation in the context of inter-basin water transfer

O objetivo principal do estudo realizado por Câmara, Medeiros e Maia (2022) foi desenvolver critérios técnicos para operar reservatórios de forma eficiente em projetos de transferência de água entre bacias hidrográficas. A pesquisa focou no reservatório Armando Ribeiro Gonçalves (ARG), localizado no estado do Rio Grande do Norte, Brasil, que recebe água do Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF). O estudo buscou otimizar o uso de recursos hídricos em contextos de transferência entre bacias, minimizando os custos operacionais e maximizando os benefícios em termos de gestão sustentável da água.

Os métodos aplicados incluíram análises das condições hidrológicas da região, considerando fatores como volumes transferidos, capacidade do reservatório e demandas hídricas locais. Por meio de simulações operacionais, foi possível determinar momentos ideais para transferir água e a quantidade adequada a ser transferida. Os principais resultados mostraram que a definição precisa das condições hidrológicas foi essencial para aumentar a eficiência do reservatório, reduzindo significativamente o volume de água transferido. Isso, por

sua vez, resultou em cortes expressivos nos custos operacionais, destacando a importância de uma gestão baseada em dados técnicos e cenários simulados.

b) A new framework for integrated, holistic, and transparent evaluation of inter-basin water transfer schemes

O estudo realizado por Sinha, Rollason, Bracken, Wainwright e Reaney (2020) teve como objetivo principal propor uma nova estrutura metodológica para avaliar de forma integrada, holística e transparente os projetos de transferência de água entre bacias hidrográficas. A abordagem foi aplicada ao Projeto de Interligação de Rios no norte da Índia, buscando superar as limitações das avaliações tradicionais, que frequentemente negligenciam a complexidade dos impactos sociais, econômicos e ambientais desses projetos. A pesquisa também visou aumentar a acessibilidade pública dos dados de análise, promovendo maior transparência nos processos de decisão.

Os métodos incluíram o desenvolvimento de uma metodologia experimental multidisciplinar baseada em dados públicos, com foco em variabilidades espaciais e temporais na disponibilidade e demanda hídrica. Comparando os resultados da abordagem experimental com as análises oficiais do governo de Jharkhand, os pesquisadores demonstraram que o método proposto permitiu uma avaliação mais detalhada e precisa, considerando cenários futuros. Os principais resultados evidenciaram que o novo modelo ofereceu insights mais robustos sobre os impactos do projeto, contribuindo para decisões mais sustentáveis e embasadas. A metodologia proposta pode ser adaptada para outros projetos globais, reforçando a importância de avaliações abrangentes e integradas.

c) Inter-basin water transfer planning with grey COPRAS and fuzzy COPRAS techniques

O estudo realizado por Roozbahani, Ghased e Shahedany (2020) teve como objetivo avaliar cenários de transferência de água entre bacias no Irã, utilizando o método COPRAS (*Complex Proportional Assessment*) nas variantes convencional, fuzzy e grey. O foco foi o planejamento de transferência de água do *Great Karoon Basin* para o Planalto Central Iraniano, visando atender à crescente escassez hídrica para consumo humano e outras demandas críticas. A pesquisa buscou priorizar os cenários com base em critérios técnicos, ambientais, políticos e econômicos, conforme padrões estabelecidos pela UNESCO.

Os métodos envolveram a identificação de oito cenários de transferência de água, avaliados por meio de quatro critérios principais: riscos técnicos, dificuldades de execução, problemas político-sociais e custos por metro cúbico de água. Para calcular os pesos dos critérios, os pesquisadores aplicaram os métodos AHP (Análise Hierárquica de Processos), DEMATEL e *Shannon Entropy*, com o COPRAS sendo usado para priorização final. Os resultados indicaram que os riscos técnicos e os custos por metro cúbico foram os critérios mais importantes. Entre os cenários avaliados, o que envolvia a transferência das bacias Behesht-Abad e Kharsan para as províncias de Isfahan, Yazd e Kerman foi classificado como o mais eficiente e viável, destacando seu menor impacto e maior custo-benefício.

d) Impacts of Inter-Basin Water Transfer Projects on Optimal Water Resources Allocation in the Hanjiang River Basin, China

O estudo realizado por Tian, Liu, Guo, Pan e Hong (2019) teve como objetivo avaliar os impactos dos projetos de transferência de água entre bacias na alocação ideal de recursos hídricos na bacia do rio Hanjiang, China. O trabalho desenvolveu uma estrutura integrada de gestão de recursos hídricos para analisar a confiabilidade, resiliência e vulnerabilidade do sistema doador e receptor sob diferentes cenários de transferência de água, abordando os desafios do equilíbrio entre oferta e demanda hídrica.

Os métodos envolveram a criação de um modelo de alocação de recursos hídricos com múltiplos objetivos, utilizando o algoritmo genético de classificação não dominada (NSGA-II). Foram analisados cenários futuros de demandas hídricas e os impactos nos indicadores de confiabilidade, resiliência e vulnerabilidade do sistema hídrico. Os principais resultados indicaram que a expansão dos projetos de transferência reduziu gradualmente a confiabilidade e resiliência do sistema doador, aumentando sua vulnerabilidade. Além disso, os riscos de escassez hídrica aumentaram em regiões específicas, especialmente nas áreas receptoras e de fronteira. Os autores sugerem medidas adicionais de compensação e alocação para mitigar os impactos adversos.

e) Towards a resilient water future via inter-basin water transfer: climate impact assessment and feasibility study

O estudo realizado por Khadem, Dawson e Walsh (2020) teve como objetivo principal avaliar a viabilidade de projetos de transferência de água entre bacias no Reino Unido como

estratégia para enfrentar a escassez hídrica e os impactos das mudanças climáticas. O caso analisado envolveu a transferência de água do norte rico em recursos hídricos para o sudeste mais seco da Inglaterra, utilizando infraestruturas já existentes, buscando minimizar custos e impactos ambientais.

Os métodos aplicados incluíram a construção de um modelo de recursos hídricos que avaliou riscos hidrológicos e ambientais sob 1200 cenários climáticos futuros com alta resolução espacial e temporal. Foram considerados dois cenários de transferência de água, e o modelo calculou fatores como o risco de seca hidrológica e impactos nos habitats aquáticos. Os principais resultados mostraram que a transferência de água na estação chuvosa não apenas aumentou a resiliência hídrica no Sudeste, mas também ajudou a mitigar riscos de inundações no Norte. A pesquisa concluiu que o projeto poderia ser uma solução viável para melhorar a segurança hídrica em Londres, desde que alinhado a requisitos ambientais e climáticos.

f) Distribution of Benefits and Risks in Inter-Basin Water Transfers: The Case Study of NCT I from Upper Tana Basin to Nairobi City

O estudo realizado por Nyingi, Mwangi, Karimi e Kiptala (2023) teve como objetivo analisar a distribuição dos benefícios e riscos associados ao projeto de transferência de água *Northern Collector Tunnel Phase I* (NCT I), que transfere água da bacia do rio Tana para a cidade de Nairóbi, no Quênia. O foco esteve em identificar os impactos sociais, ecológicos e econômicos dessa transferência e em como esses impactos são distribuídos entre os diferentes grupos de stakeholders envolvidos.

Os métodos aplicados incluíram uma análise de stakeholders, que identificou as principais partes interessadas e suas relações com o projeto. O estudo avaliou os riscos, como a redução do fluxo dos rios e a perda de acesso a recursos hídricos pelas comunidades locais, além dos benefícios, como o aumento no fornecimento de água para Nairóbi. Os resultados destacaram que, embora a cidade de Nairóbi tenha se beneficiado significativamente do aumento na disponibilidade hídrica, as comunidades da bacia doadora enfrentaram impactos negativos, como secas locais e desafios ecológicos. O estudo recomendou a implementação de políticas de compensação, como taxas de água para apoiar a conservação ambiental e financiar programas de conservação nas áreas afetadas.

g) Evaluating Spatiotemporal Variations in the Impact of Inter-basin Water Transfer Projects in Water-receiving Basin

O estudo realizado por Jiao, Liu, Wang, Li e Cao (2021) teve como objetivo avaliar as variações espaciais e temporais nos impactos de projetos de transferência de água entre bacias na bacia receptora do rio Fenhe, na China. A pesquisa focou em como essas transferências afetam o fluxo médio mensal e a capacidade ambiental de suporte em diferentes condições sazonais e de canais na bacia receptora.

Os métodos utilizados incluíram o modelo SWAT (*Soil and Water Assessment Tool*) para simular e quantificar o fluxo e a capacidade ambiental, considerando cenários com e sem os projetos de transferência de água. Os principais resultados indicaram que as transferências melhoraram significativamente o fluxo em 63% dos canais analisados, com um impacto mais pronunciado durante a estação seca (80% de aumento no fluxo) em comparação à estação chuvosa (20%). Além disso, as mudanças na capacidade ambiental foram variáveis: enquanto o suporte ambiental para nitrogênio total diminuiu ligeiramente na estação seca, o suporte para fósforo total aumentou significativamente.

3 METODOLOGIA

A presente seção indica a matriz metodológica do estudo (desenho da pesquisa), tendo em vista esclarecer, detalhadamente, todo o processo metodológico que foi realizado na execução da pesquisa, assim como princípios teóricos e/ou técnicos que balizaram a redação do relatório final de pesquisa.

3.1 Caracterização da Área de Estudo

Apesar do início das obras ter ocorrido em 2007, a transposição do Rio São Francisco vinha sendo vislumbrada desde 1818, quando, no governo de dom João VI, José Raimundo de Passos Barbosa, primeiro ouvidor do Crato (CE), sugeriu levar água do Rio São Francisco até o Rio Jaguaribe (no Ceará) e, posteriormente, em 1847, durante o Império de Dom Pedro II, quando estudiosos da época concluíram que a integração de águas seria a única forma de resolver o problema da escassez no Nordeste do país (Ferreira, 2019; Henkes, 2014; IFPB, 2017; Loureiro *et al*, 2013; Castro, 2011). Enquanto obra de engenharia que interliga bacias hidrográficas, o PISF possui duas importantes referências de observação: a bacia doadora e as bacias receptoras.

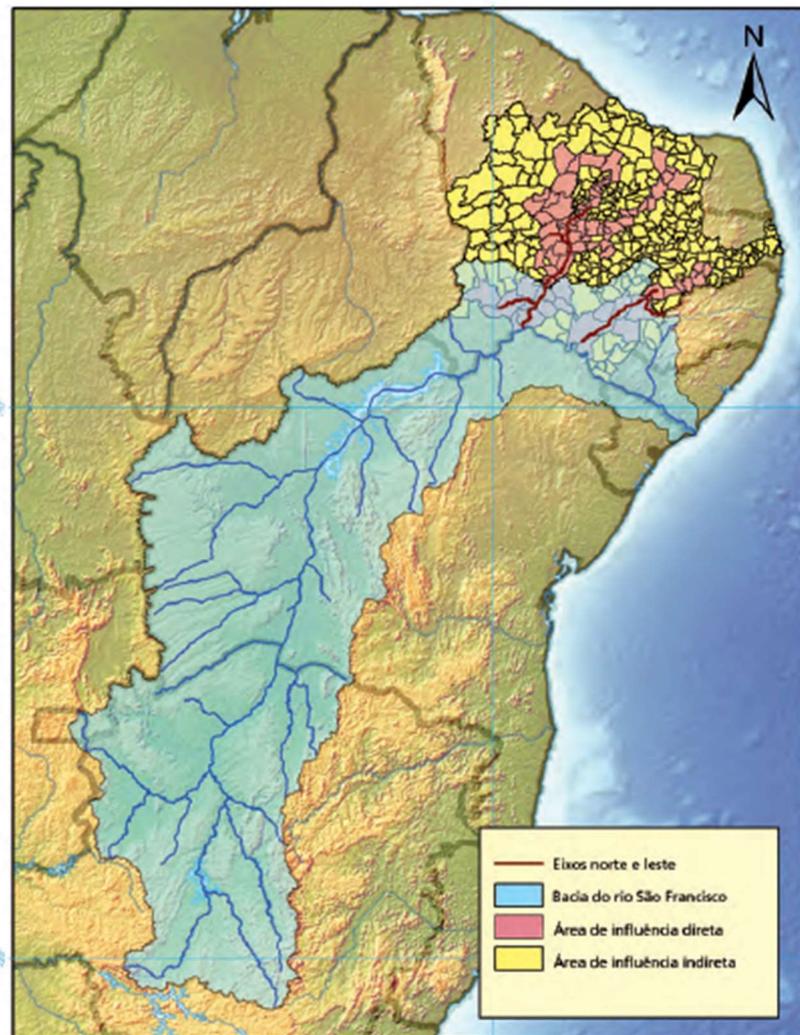
A bacia hidrográfica doadora é a São Francisco. Esta abrange seis estados da federação, além do Distrito Federal, e uma importante rede de tributários de domínio da União e dos diferentes estados, em que convivem grandes empreendimentos de geração de energia elétrica, extensas áreas agrícolas sujeitas à irrigação de responsabilidade da iniciativa privada e pública, atividades de extração e transformação de minério, núcleos urbanos de grande e médio porte, práticas agrícolas de sequeiro e áreas sujeitas a inundações, silvicultura e pesca continental e estuarina (Molinas, 2019). Corresponde a 8% do território nacional, constituindo uma das 12 regiões hidrográficas brasileiras, possuindo uma extensão de 2.863 km e uma área de drenagem de mais de 639.219 km², nascendo na Serra da Canastra (Minas Gerais) e desaguando no Oceano Atlântico, na divisa dos estados de Alagoas e Sergipe (Comitê Da Bacia Hidrográfica Do Rio São Francisco, 2016).

O principal elemento hídrico da bacia é o Rio São Francisco. Seu destaque na geografia nacional não é recente, visto que já a partir do final do século XVII, o Rio São Francisco

adquiriria importância na geopolítica nacional com base em sua utilização como estrada fluvial de grande magnitude na circulação de matérias primas e pessoas, pela fertilidade dos seus vales e da riqueza mineira das serras circundantes (Ferreira, 2019).

Por outro lado, as bacias receptoras se localizam no Nordeste Setentrional. Com a retirada contínua de 26,4 m³/s de água, no trecho do rio onde se dará a captação, estima-se que o PISF beneficiará 391 municípios do Agreste e do Sertão através da construção de dois canais: o Eixo Norte que levará água para os sertões de Pernambuco, Paraíba, Ceará e Rio Grande do Norte, e o Eixo Leste, que beneficiará parte do Sertão e região Agreste de Pernambuco e Paraíba (Castro, 2011). A configuração territorial, a bacia do Rio São Francisco e as áreas de influência direta e indireta do PISF estão ilustradas na figura 3.

Figura 3 - Bacia do rio São Francisco e as áreas de influência direta e indireta do PISF

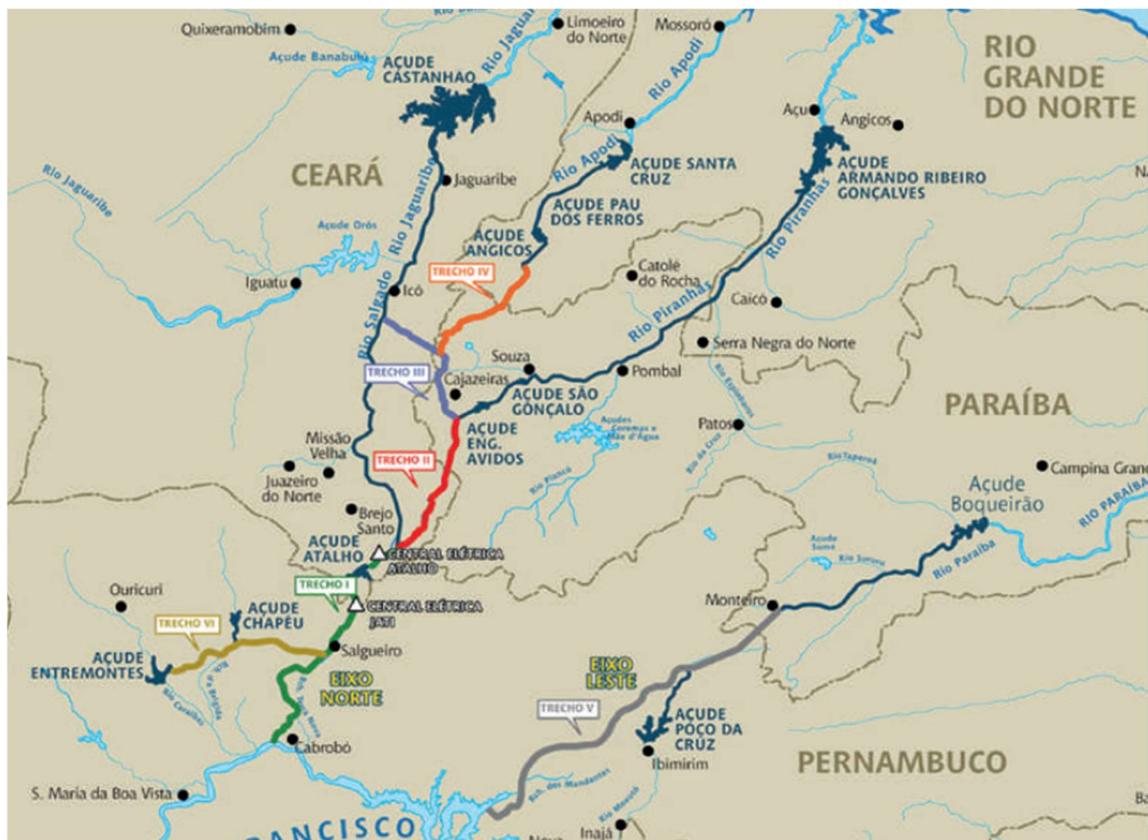


Fonte: Viana (2014)

Observa-se que o Eixo Norte, a partir da captação próximo à cidade de Cabrobó – PE, conduzirá água aos rios Salgado e Jaguaribe, no Ceará; Apodi, no Rio Grande do Norte; e

Piranhas-Açu, na Paraíba e Rio Grande do Norte; enquanto o Eixo Leste terá sua captação no lago da barragem de Itaparica, no município de Floresta – PE, se desenvolverá por um caminhamento de 220 km até o rio Paraíba – PB, após deixar parte da vazão transferida nas bacias de Pajeú, do Moxotó e da região Agreste de Pernambuco (Castro, 2011). Com relação ao detalhamento da estrutura projetada do PISF, etapas e trechos de construção, verifica-se o entrelaçamento dos eixos com as estruturas hídricas das bacias receptoras da maneira observada na figura 4.

Figura 4 - Projeto de Integração do Rio São Francisco com as Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional



Fonte: Sacconi (2019)

Cabe destacar que o Eixo Norte (de especial interesse nesta pesquisa) está projetado para responder por cinco dos seis eixos do PISF. Na Paraíba, o trecho II deve aduzir água bruta ao Açude Engenheiro Ávidos que, por sua vez, deve abastecer o Açude São Gonçalo (na cidade de Sousa) e garantir volumes de água para o Rio Piranhas, o que termina por beneficiar, em sequência, parte do Rio Grande do Norte, visto que a Bacia Hidrográfica do Rio Piancó-Piranhas-Açu está localizada nos dois estados. Considerando a grande extensão geográfica do PISF, sua complexidade gerencial e logística, **adotou-se como recorte o eixo norte de integração do Rio São Francisco com a Bacia Hidrográfica do Rio Piancó-Piranhas-Açu** e, por consequência, os municípios beneficiados diretamente com a realização da obra.

Em termos geográficos, a área de estudo se localiza na Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Oriental. A região mencionada possui cerca de 3,4% do território nacional, abrangendo 874 municípios e tendo quase a totalidade de sua área pertencendo ao semiárido nordestino (ANA, 2015). Em termos locais, a bacia do Rio Piancó-Piranhas-Açu possui 60% de área localizada no estado da Paraíba e 40% no estado do Rio Grande do Norte, contemplando 102 municípios paraibanos e aproximadamente 915 mil habitantes do mesmo estado (AESAs, 2021).

3.2 Estrutura Metodológica da Pesquisa

Esta seção apresenta a estrutura metodológica adotada neste estudo, oferecendo uma visão objetiva e sistematizada das etapas realizadas ao longo da pesquisa. A figura 5, a seguir ilustra, de forma visual, o percurso metodológico seguido, destacando desde a escolha do método até a triangulação dos resultados. Essa representação gráfica tem como objetivo esclarecer a organização lógica das etapas e a relação entre os diferentes componentes metodológicos, contribuindo para uma melhor compreensão da abordagem adotada.

Figura 5 – Estrutura Metodológica da Pesquisa



Fonte: Autoria própria (2024)

Partindo da definição do método indutivo-sistêmico, foi estabelecida uma abordagem que privilegia a análise qualitativa e o objetivo descritivo, alinhando-se à complexidade do fenômeno investigado. A inclusão da análise documental e de conteúdo permitiu uma coleta

abrangente de dados, envolvendo fontes diversas e entrevistas estruturadas. A utilização da técnica de Bardin e ferramentas como *Python* para processamento de dados reforçou a precisão e a sistematicidade das análises. A triangulação entre fontes documentais e entrevistas consolidou a validação dos resultados, contribuindo para interpretações fundamentadas e rigorosas. Todas as etapas são detalhadas neste capítulo.

Cabe ainda colocar que a metodologia adotada procura refletir a busca por soluções alinhadas com o desenvolvimento sustentável ao integrar análises qualitativas que intentam capturar a complexidade dos desafios hídricos, considerando aspectos técnicos, sociais e ambientais. Essa abordagem permite investigar a problemática sob uma ótica sistêmica, identificando práticas de gestão e governança que tratam da eficiência no uso dos recursos hídricos, participação social e mitigação de impactos ambientais, contribuindo diretamente para a construção de estratégias que atendam às metas globais de sustentabilidade, como aquelas previstas no ODS 6.

3.3 Método

Observa-se que o método aqui relatado esclarece o procedimento lógico utilizado na investigação científica dos fatos relacionados à problemática deste estudo (Gil, 2008), sendo o método adotado o indutivo-sistêmico. Para o método indutivo, a generalização não deve ser buscada aprioristicamente, mas constatada a partir da observação de casos concretos confirmadores dessa realidade, ou seja, um conhecimento fundamentado exclusivamente na experiência, sem levar em consideração princípios preestabelecidos e, ao partir do particular, colocar a generalização como um produto posterior do trabalho de coleta de dados particulares (Gil, 2008). Por sua vez, o aspecto sistêmico do método remeterá à sistemática, própria do sistema e indicará como pressuposição basilar o argumento de que os fenômenos não devem ser considerados isoladamente, e sim, como parte de um todo (Gomes *et al.*, 2014).

3.4 Procedimentos Metodológicos

Com base no conjunto de técnicas que foram utilizadas para o alcance dos objetivos, a presente proposta de pesquisa se caracteriza como qualitativa, segundo a abordagem do problema, em que técnicas qualitativas são adotadas para coletar, tratar e auxiliar a análise dos

dados, procurando avaliar aspectos subjetivos e objetivos concomitantemente (Mascarenhas, 2012; Cervo *et al*, 2007; Perovano, 2016). Ainda, tendo como referência o objetivo máximo da proposta, foi descritiva, visto que tentou descrever as características do fenômeno central do estudo e identificar se há relação entre as variáveis analisadas (Mascarenhas, 2012; Barros; Lehfeld, 2007; Perovano, 2016).

Por outro lado, o procedimento técnico adotado (e descrito mais à frente), consistiu, inicialmente, em uma pesquisa documental, em que se analisaram documentos, evidências físicas e elementos iconográficos (Mascarenhas, 2012; Perovano, 2016). Em seguida, foi realizada uma análise de conteúdo de entrevistas, utilizando como base as técnicas de Bardin (2011). Ainda, com base no procedimento técnico, o processo realizado se caracteriza como um estudo de caso, do tipo 1 (único e holístico), baseado em uma unidade de análise, preservando o caráter unitário do objeto de estudo e tendo como premissa que as relações entre as variáveis são ambíguas e incertas (Mascarenhas, 2012; Perovano, 2016; Yin, 2005).

3.4.1 *Análise Documental*

O plano de trabalho documental desta pesquisa baseou-se em dados secundários e compreendeu um conjunto de etapas desenhadas para coletar, sistematizar e analisar documentos que fossem relevantes aos objetivos propostos. O delineamento metodológico, desenvolvido a partir das considerações de Perovano (2016), incluiu três etapas principais: identificação das fontes documentais, obtenção dos materiais e análise detalhada dos dados.

A primeira etapa consistiu na identificação das fontes documentais de interesse, as quais incluíram atas de reuniões da Agência Nacional de Águas (ANA), ofícios administrativos, relatórios de gestão, normativas, leis estaduais e federais, bem como os Planos Diretores de Recursos Hídricos. A seleção dessas fontes foi orientada pela sua relevância para os objetivos específicos do estudo. É importante destacar que a variedade documental visou capturar uma perspectiva abrangente sobre a gestão dos recursos hídricos, considerando os diferentes atores envolvidos e os diversos níveis de governo.

A segunda etapa, de localização e obtenção das fontes, foi realizada principalmente através dos portais de internet dos atores envolvidos no contexto deste estudo, incluindo a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), o Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS), o Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR), as agências

estaduais de recursos hídricos e os comitês de bacia hidrográfica (CBHSF e CBHPPA). Essa fase apresentou desafios significativos, não pela indisponibilidade dos documentos, mas pela dificuldade de localizar especificamente onde estavam armazenados nos portais institucionais. Após um processo criterioso de busca ativa, um total de 470 documentos de interesse foi localizado e baixado para serem analisados. Esse trabalho criterioso e minucioso buscou garantir a representatividade e abrangência dos materiais coletados, possibilitando a análise detalhada e a compreensão aprofundada dos temas tratados no contexto deste trabalho.

Na terceira etapa, de análise e interpretação dos dados, foi seguido um delineamento adaptado das considerações de Perovano (2016), ajustado à complexidade dos documentos revisados e à natureza dos dados coletados. A análise incluiu as seguintes subetapas: formatação e revisão contínua de grupos de categorias com base na relevância dos temas emergentes; definição e refinamento das unidades de análise; definição das regras de enumeração e teste de validação e fidedignidade das categorias identificadas. Este processo foi realizado de forma iterativa, permitindo uma adaptação à dinâmica dos conteúdos documentais e assegurando uma análise que captasse as nuances dos temas pesquisados. O teste de validação e fidedignidade das categorias identificadas foi realizado por meio de um processo de triangulação, que envolveu a comparação das categorias emergentes com outros documentos relevantes e com as entrevistas realizadas na análise de conteúdo, assegurando coerência e consistência na categorização dos dados, da maneira como se apresenta a seguir.

Para a análise da configuração dos arranjos jurídico-institucionais do Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF), foram definidas três categorias temáticas principais, caracterizadas a seguir.

A primeira categoria, **Sustentabilidade Econômica e Impactos da Estrutura Tarifária do PISF**, intentou analisar como a estrutura tarifária influenciava a viabilidade financeira do projeto, considerando o equilíbrio entre custos operacionais e capacidade de pagamento dos beneficiários.

A segunda categoria, **Planejamento Anual do PISF e Flexibilidade do Plano de Gestão**, quis avaliar o planejamento anual e a necessidade de adaptações rápidas às mudanças nas condições hídricas e demandas dos usuários.

Por fim, a categoria **Controle e Transparência na Gestão de Ativos e Indicadores de Desempenho** se propôs a versar sobre os mecanismos de *accountability*, destacando a

importância de indicadores de desempenho e da transparência na gestão para garantir a confiança dos *stakeholders*.

Para a análise das atas dos Comitês Gestores do Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF) e das Bacias Hidrográficas, foram identificadas cinco categorias temáticas principais a partir dos dados coletados, conforme segue.

A primeira categoria, **Eficiência Operacional e Monitoramento das Infraestruturas**, caracterizou as práticas de monitoramento e manutenção das infraestruturas do PISF, observando aspectos críticos relacionados à execução e continuidade das atividades de manutenção.

A segunda categoria, **Conflitos e Divergências na Gestão Multinível**, procurou caracterizar os conflitos entre diferentes níveis de governo e atores envolvidos no PISF, considerando a distribuição de responsabilidades e as dificuldades de articulação entre os entes federativos.

A terceira categoria, **Gestão de Recursos e Priorização de Investimentos**, buscou descrever a alocação de recursos e a priorização de investimentos dentro do PISF, ressaltando as dificuldades em direcionar fundos para áreas mais críticas e a ausência de critérios bem definidos para estabelecer prioridades.

A quarta categoria, **Participação Institucional e Desafios de Governança na Implementação do PISF**, intentou tratar da participação das instituições na governança do projeto, destacando os limites de participação de certos atores e os desafios em integrar as contribuições das partes interessadas.

Por fim, a categoria **Desafios Operacionais e Estratégias para Maximizar os Benefícios Locais do PISF** descreveu os principais desafios enfrentados na operação do projeto e as estratégias voltadas para ampliar os benefícios locais, incluindo melhorias na distribuição de água e no apoio ao desenvolvimento regional.

Para a análise da operacionalização e dos desafios da gestão do Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF) no Eixo Norte, foram identificadas duas categorias temáticas principais, que sintetizam os aspectos críticos observados durante o estudo.

A primeira categoria, **Desafios Técnicos e Operacionais**, buscou os obstáculos relacionados ao funcionamento das infraestruturas do PISF, incluindo falhas técnicas,

dificuldades na manutenção e na operação dos equipamentos, bem como problemas no fornecimento e distribuição da água.

A segunda categoria, **Desafios Administrativos, Institucionais e de Gestão na Operacionalização do PISF**, procurou descrever as dificuldades na articulação entre diferentes entidades responsáveis, barreiras burocráticas e limitações na coordenação e gestão integrada, que impactam a eficácia do projeto.

Por sua vez, para a análise das medidas conjunturais governamentais na gestão do Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF) no Eixo Norte, foram identificadas cinco categorias temáticas principais, descritas a seguir:

Medidas de Infraestrutura e Engenharia: intervenções voltadas para garantir a funcionalidade das estruturas físicas do PISF, incluindo obras corretivas e melhorias técnicas nos canais e estações de bombeamento.

Medidas de Planejamento e Alocação de Recursos Hídricos: esforços para planejar e distribuir de maneira eficaz os recursos hídricos, visando atender às demandas dos usuários e garantir a sustentabilidade do fornecimento de água.

Medidas de Monitoramento e Segurança: iniciativas relacionadas ao acompanhamento contínuo das infraestruturas e da segurança dos sistemas hídricos, com foco na prevenção de riscos e na detecção precoce de falhas.

Medidas de Manutenção e Conservação: práticas voltadas para a manutenção regular e a conservação das infraestruturas, visando prolongar a vida útil dos equipamentos e assegurar o funcionamento adequado do sistema.

Medidas de Operação e Gestão de Recursos: estratégias de operação do sistema e a gestão eficiente dos recursos disponíveis, buscando maximizar a eficiência do PISF e garantir a melhor utilização dos recursos hídricos.

E, por fim, para a análise dos potenciais de inovações sociotécnicas no contexto da integração do Rio São Francisco com a Bacia Piancó-Piranhas-Açu, foram identificadas duas categorias temáticas principais:

Inovações em Monitoramento e Controle Operacional: potenciais inovações voltadas para o aprimoramento dos sistemas de monitoramento e controle das operações,

utilizando tecnologias avançadas para garantir maior precisão no acompanhamento do fluxo de água e na gestão dos recursos hídricos.

Inovações em Infraestrutura e Técnicas de Reforço: possíveis melhorias na infraestrutura existente e as técnicas de reforço das estruturas físicas, com foco em aumentar a resiliência e a eficiência dos canais, barragens e estações de bombeamento.

Essas categorias representam os principais eixos temáticos utilizados para organizar e conduzir a análise documental, fornecendo uma estrutura detalhada que possibilitou a interpretação abrangente dos dados coletados, garantindo uma visão crítica e profunda dos aspectos envolvidos no PISF.

É importante observar que, além da análise documental, houve uma preocupação em manter um diálogo contínuo com o referencial teórico utilizado na pesquisa. Assim, cada etapa da análise esteve alinhada com os objetivos específicos do estudo, buscando compreender os arranjos normativos-institucionais, as medidas conjunturais governamentais e as potenciais inovações sociotécnicas associadas ao PISF – Eixo Norte. Dessa forma, o referencial teórico orientou a interpretação dos resultados, procurando assegurar que a discussão fosse ancorada na literatura pertinente e relevante.

3.4.2 *Análise de Conteúdo*

Também foi realizada entrevista estruturada, através da utilização de formulário, com *stakeholders* do PISF, especificamente vinculados à área de estudo desta pesquisa. De acordo com Gil (2008), esse tipo de entrevista desenvolve-se a partir de uma relação fixa de perguntas, cuja ordem e redação permanece invariável – o que coincide com a técnica que se utilizou. Os formulários aplicados foram desenvolvidos a partir de leituras e adaptações das pesquisas de Costa (2003), Barbosa (2006), Silva (2018) e Aquino (2019), assim como da Lei 9.433 de 1997 e do Decreto Federal nº 5.995 de 2006. Estes foram compostos por questões abertas e fechadas que objetivaram ampliar a base de análise a partir da percepção dos *stakeholders*. As entrevistas foram realizadas entre o segundo semestre de 2023 e o primeiro semestre de 2024, sendo o conteúdo gravado em arquivos de áudio. A execução das mesmas foi previamente autorizada pelo Comitê de Ética do Centro de Ciências Jurídicas e Sociais (CCJS/UFCG) – CAEE: 59458722.9.0000.0205.

A base para a escolha dos *stakeholders* foi adaptada da delimitação proposta por Simplício (2015), cujo agrupamento resultou em três segmentos: (i) Poder Público e Gestão da Bacia Hidrográfica do Rio Piancó-Piranhas-Açu, (ii) Sociedade Civil Organizada e Usuários; e (iii) Professores da UFCG da área de Recursos Naturais. Para cada segmento de *stakeholders* foi aplicado um formulário de entrevista específico (APÊNDICES A, B e C). Para prestigiar a representatividade de cada segmento, buscou-se escolher representantes com notório saber sobre os temas estudados, conforme segue:

- **Poder Público** (AESA e IGARN): membros da Câmara Técnica de Planejamento Institucional (CTPI) da bacia hidrográfica receptora do PISF.
- **Gestão da Bacia Hidrográfica do Rio Piancó-Piranhas-Açu**: presidente com comitê da hidrográfica receptora do PISF.
- **Sociedade Civil Organizada**: membro da Câmara Técnica de Planejamento Institucional (CTPI) da bacia hidrográfica receptora do PISF.
- **Usuários**: membro do comitê da hidrográfica receptora do PISF e presidente da Comissão de Alocação de Águas de São Gonçalo/PB.
- **Professores da UFCG da área de Recursos Naturais**: quatro (4) professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Gestão de Recursos Naturais da UFCG, com pesquisa e produção acadêmica no tema geral em estudo.

Convém explicar que a referida adaptação e estabelecimento segmentação apresentada se deu pela seguinte justificativa: o segmento **Poder Público e Gestão da Bacia Hidrográfica** incluiu representantes com envolvimento direto na gestão institucional e política dos recursos hídricos, buscando trazer a perspectiva da gestão institucional formal; já o segmento **Sociedade Civil Organizada e Usuários** buscou contemplar membros que representam interesses diretos na utilização dos recursos hídricos e que atuam como agentes fiscalizadores e participantes das discussões de alocação de água; por sua vez, o segmento **Professores da UFCG da área de Recursos Naturais** incluiu acadêmicos especializados na gestão de recursos naturais, que oferecem uma análise crítica fundamentada na pesquisa e na produção acadêmica.

A realização da entrevista estruturada, em conjunto com a análise documental, possibilitou a realização de triangulação de resultados (detalhada adiante), o que permitiu agregar confiança na determinação correta dos significados expostos, assim como para atender a necessidade de analisar as diferenças para vislumbrar significados múltiplos e relevantes (Stake, 2011).

3.4.2.1 Protocolo da Análise de Bardin

Para este estudo, aplicou-se a análise de conteúdo qualitativa, conforme proposta por Bardin (2016), cujo objetivo de referência, requisito da técnica, se encontra vinculado ao objetivo específica “a” desta Tese. A técnica foi escolhida por sua capacidade de identificar padrões, temas e categorias latentes a partir dos dados textuais obtidos nas entrevistas. As fases do protocolo de análise compreenderam:

- a) **Pré-análise:** Transcrição das entrevistas em formato personalizado. Rotulação com nome do participante. Leitura flutuante dos materiais coletados, permitindo a familiarização com o conteúdo e identificação dos principais temas e tendências presentes nas respostas dos entrevistados.
- b) **Exploração do Material:** Foram definidas como unidades de registro os trechos significativos de texto. Essas unidades permitiram a identificação de temas recorrentes nos discursos. Em seguida, procedeu-se com a codificação. Esta foi realizada por meio da atribuição de rótulos às unidades de registro. Utilizou-se a codificação aberta, que permitiu a emergência de categorias diretamente dos dados, que foram verificados de acordo com sua frequência absoluta. Tal tratamento resultou em um sistema de categorias que buscou ser mutuamente exclusivo e abranger todos os aspectos relevantes do conteúdo das entrevistas. O sistema proposto foi:
 - I. **Gestão e Governança dos Recursos Hídricos (GG):** Estruturas e mecanismos de coordenação para gerenciar e regular os recursos hídricos.
 - II. **Infraestrutura e Investimentos Necessários (INF):** Condições e recursos necessários para a construção e manutenção de sistemas hídricos.
 - III. **Fiscalização e Monitoramento (FM):** Processos de controle e acompanhamento do uso e qualidade dos recursos hídricos.
 - IV. **Cobrança e Sustentabilidade Econômica (CSE):** Mecanismos de cobrança pelo uso da água visando a sustentabilidade financeira da gestão hídrica.
 - V. **Conscientização e Participação dos Usuários (CPU):** Envolvimento dos usuários na gestão da água e suas práticas de conscientização.
 - VI. **Eficiência e Tecnologias para o Uso da Água (ETA):** Uso de tecnologias e práticas eficientes para otimizar o consumo de água.

- VII. **Impactos Ambientais e Qualidade da Água (IAQA):** Avaliação dos efeitos ambientais e da qualidade da água disponível.
 - VIII. **Segurança Hídrica e Abastecimento (SHA):** Garantia de disponibilidade e acesso contínuo à água para todas as necessidades.
- c) **Análise:** Consistiu em buscar relações entre as categorias, procurando padrões, contrastes ou conexões significativas. As categorias foram analisadas de forma transversal, “cortando” todos os segmentos estudados. Procurou-se desenvolver uma narrativa que com fins a explorar como as categorias se relacionam e se complementam, identificando possíveis subtemas ou temas latentes. Interpretou-se os resultados da análise, buscando compreender os significados subjacentes aos dados.
 - d) **Mapa de rede de macrodimensões:** Desenvolveu-se recurso gráfico para promover uma visualização das relações e interconexões entre as diferentes categorias, identificando como estas interagem entre si e destacando a influência direta ou indireta que elas exercem umas sobre as outras no contexto da temática em estudo.

Em seguida, buscou-se interpretar os resultados à luz de suas relações diretas com os instrumentos da PNRH – em consonância com o intento delineado (objetivo específico “a”) que serviu como base inicial para a análise de conteúdo. Por fim, procedeu-se com uma triangulação de resultados. A triangulação dos resultados é uma técnica metodológica utilizada para aumentar a confiabilidade e a validade das conclusões de uma pesquisa. No presente estudo, optou-se pela triangulação dos resultados da análise de conteúdo baseada na metodologia de Bardin com os dados obtidos a partir da análise documental. Essa abordagem permitiu comparar e contrastar as informações coletadas de diferentes fontes, fornecendo uma visão mais robusta dos resultados e permitindo identificar convergências, divergências e lacunas entre as análises.

A análise dos dados foi realizada com auxílio da linguagem de programação Python. Esta ferramenta, desenvolvida por Guido van Rossum e lançada em 1991, é uma linguagem de propósito geral que se destaca pela simplicidade, legibilidade e suporte a múltiplos paradigmas de programação, como a programação orientada a objetos, funcional, procedural e imperativa (Dierbach, 2014).

Para aplicar a análise de conteúdo proposta por Bardin, foi empregado um protocolo que combinou técnicas de processamento de linguagem natural com a flexibilidade inerente ao ambiente de desenvolvimento Python. Este protocolo integrou o uso de diversas bibliotecas, incluindo a biblioteca "pandas" para a organização e manipulação dos dados, "nltk" e "spaCy" para o processamento linguístico e análise de textos, e "networkx" para a visualização de redes

e mapeamento das relações entre as categorias identificadas. Dessa forma, foi possível estruturar uma abordagem sistemática, que contemplou as etapas de preparação dos dados, desenvolvimento dos sistemas de categorias, codificação e categorização, análise quantitativa e relacional, e visualização dos resultados. Os scripts utilizados para essas etapas, contendo as instruções de preparação e análise, encontram-se documentados no Apêndice D, fornecendo suporte detalhado à replicação do processo e à interpretação dos resultados obtidos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo apresenta e analisa os resultados da pesquisa, estabelecendo uma relação direta com os pontos investigados ao longo do estudo. Inicialmente, são abordadas as estruturas normativas e institucionais que orientam a gestão da integração das bacias do Rio São Francisco (Eixo Norte) e do Rio Piancó-Piranhas-Açu, por meio da análise de regulamentações, atas de reuniões e pareceres técnicos. Em seguida, a operacionalização e os desafios dessa gestão são discutidos, com base em relatórios e ofícios, que evidenciam as dificuldades práticas e a aplicação dos arranjos normativos no contexto da integração. As potenciais inovações sociotécnicas implementadas no processo de gestão hídrica também são examinadas, a partir de outros documentos, que fornecem subsídios para a avaliação dos impactos dessas inovações e seu potencial de expansão.

O capítulo também inclui uma análise crítica das intervenções governamentais, com foco nas políticas implementadas, seus resultados e possíveis lacunas. Por fim, são apresentadas as percepções dos stakeholders, extraídas de entrevistas, para identificar convergências e divergências nas narrativas dos diferentes atores, discutindo as implicações dessas visões para a gestão hídrica e possíveis ajustes nas políticas e práticas adotadas.

4.1 Documentos Normativos dos Arranjos Jurídicos-Institucionais

4.1.1 Panorama Geral do Sistema de Gestão do PISF

O Sistema de Gestão do Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF) desempenha um papel central na administração da integração entre o Eixo Norte e as bacias do Nordeste Setentrional, sendo regulamentado por um arcabouço normativo que estabelece suas diretrizes operacionais. A seguir, é apresentado um panorama geral desse sistema, abordando sua estrutura e os marcos legais que sustentam sua atuação, conforme estabelecido pelo Decreto Federal nº 5.995/2006 e suas atualizações, como o Decreto nº 8.207/2014.

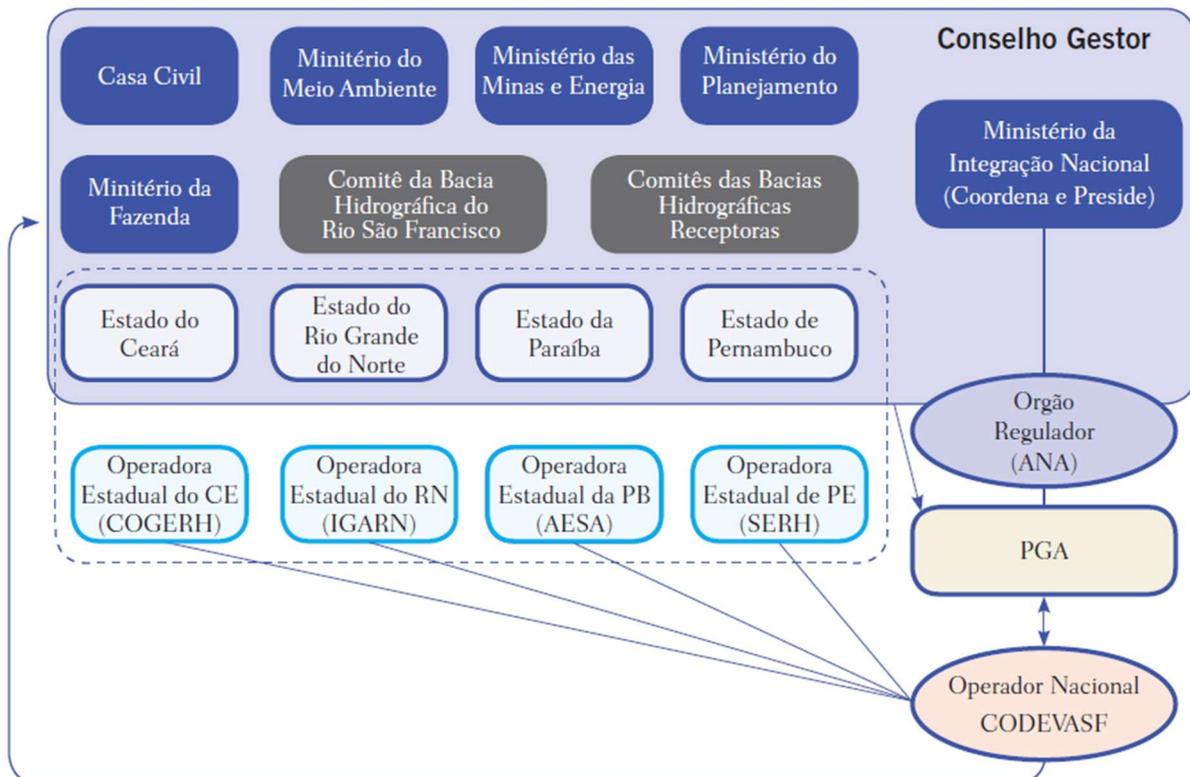
Todo o esforço de engenharia e a consequente operacionalização do PISF, no momento de seu pleno funcionamento, devem ser administrados pelo Sistema de Gestão do PISF com as

bacias do Nordeste Setentrional (SGIB), instituído pelo Decreto Federal nº 5.995/2006 e, posteriormente, alterado pelo Decreto nº 8.207/2014. O referido decreto (Brasil, 2006) objetiva:

- I – promover a sustentabilidade da operação referente à infraestrutura hídrica a ser implantada pelo Ministério da Integração Nacional no âmbito do PISF;
- II – garantir a gestão integrada, descentralizada e sustentável dos recursos hídricos disponibilizados, direta e indiretamente, pelo PISF;
- III – viabilizar a melhoria das condições de abastecimento d’água na área de influência do PISF, visando atenuar os impactos advindos de situações climáticas adversas;
- IV – induzir o uso eficiente dos recursos hídricos disponibilizados pelos PISF pelos diversos setores usuários, visando aos desenvolvimento sustentável da região beneficiada pelo referido Projeto;
- V – coordenar a execução do PISF.

Como se vê, estão previstos em decreto, além da execução e coordenação do PISF, balizadores de gestão de devem orientar a atuação dos entes envolvidos diretamente com toda a operacionalização da adução de águas do Rio São Francisco às bacias receptoras. Para tanto, o Decreto Federal nº 5.995/2006 cria uma estrutura de gerenciamento cujo arranjo é apresentado na figura 6, a seguir.

Figura 6 – Sistema de Gestão do PISF com as bacias do Nordeste Setentrional (SGIB)



Fonte: Molinas (2019)

O SGIB, conforme ilustrado na figura, é estruturado por meio de um Conselho Gestor que congrega diversas instituições do governo federal, incluindo a Casa Civil, o Ministério do Meio Ambiente, o Ministério das Minas e Energia, o Ministério do Planejamento, e o Ministério

da Integração Nacional, responsável pela coordenação e presidência do Conselho. Essa composição institucional reflete a necessidade de articulação interministerial, dado o caráter estratégico do PISF para a segurança hídrica da região Nordeste e a multiplicidade de interesses setoriais envolvidos.

No âmbito da gestão direta dos recursos hídricos, destacam-se dois comitês fundamentais: o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco e os Comitês das Bacias Hidrográficas Receptoras. A atuação desses comitês evidencia a importância de levar em consideração as especificidades tanto da bacia doadora (Rio São Francisco) quanto das bacias receptoras, buscando garantir que os recursos hídricos sejam geridos de maneira equitativa e eficiente, respeitando as particularidades regionais. Esses comitês desempenham um papel essencial na promoção da participação dos usuários e na integração de diferentes interesses ao processo decisório, alinhando-se aos princípios da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH).

Os estados diretamente impactados pelo PISF — Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco — estão representados na estrutura do SGIB, cada qual com uma operadora estadual responsável pela gestão dos recursos hídricos transferidos (COGERH, IGARN, AESA e SERH, respectivamente). Essa organização descentralizada reflete uma tentativa de assegurar uma operacionalização que atenda às demandas e condições específicas de cada estado, indicando uma estratégia de implementação multinível, na qual as autoridades estaduais têm um papel central na gestão local dos recursos hídricos.

Outro componente essencial da estrutura é o papel do órgão regulador, exercido pela Agência Nacional de Águas (ANA). A ANA está posicionada como responsável pela regulação e fiscalização do cumprimento das normas, assegurando que a distribuição dos recursos hídricos esteja em conformidade com as diretrizes estabelecidas e evitando potenciais conflitos de uso entre diferentes estados e setores. Além disso, a ANA supervisiona a implementação do PGA, que conecta diretamente as operadoras estaduais ao operador nacional, a Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (CODEVASF).

A CODEVASF atua como operador nacional, responsável pela execução das atividades operacionais relacionadas à gestão das infraestruturas físicas do PISF. Sua posição na estrutura indica um papel central na garantia do funcionamento integrado do sistema, conectando o nível local (operadoras estaduais) ao nível nacional (representado pela ANA e pelo Ministério da Integração Nacional). Essa conexão entre os diferentes atores institucionais visa promover a

integração e a eficiência na gestão das infraestruturas e dos recursos hídricos, fortalecendo a resiliência do sistema e mitigando os riscos de falhas operacionais.

4.1.2 Configuração dos Arranjos Jurídico-Institucionais

O arranjo jurídico-institucional do Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF) constitui a base sobre a qual se organiza toda a estrutura de governança e gestão do empreendimento. Dado o caráter multidimensional do PISF, que abrange aspectos técnicos, sociais, econômicos e ambientais, a definição clara e precisa das normas e das instituições responsáveis pela implementação e operação do projeto é importante para garantir sua efetividade. Nesse sentido, o arcabouço jurídico-institucional não apenas estrutura o processo de tomada de decisões, mas também estabelece as diretrizes fundamentais para a coordenação entre os diversos entes envolvidos, garantindo a coesão e a continuidade das ações necessárias para o sucesso do projeto.

O ponto de partida para essa configuração institucional é o Decreto nº 5.995/2006, que instituiu o Sistema de Gestão do Projeto de Integração do Rio São Francisco com as Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional (SGIB). Esse sistema foi criado para coordenar as competências dos órgãos e entidades envolvidos na execução do PISF, com a finalidade de promover a sustentabilidade da operação e garantir uma gestão integrada, descentralizada e sustentável dos recursos hídricos. O Art. 1º do decreto estabelece que o SGIB tem como objetivo "promover a sustentabilidade da operação referente à infraestrutura hídrica a ser implantada pelo Ministério da Integração Nacional no âmbito do PISF; garantir a gestão integrada, descentralizada e sustentável dos recursos hídricos disponibilizados, direta e indiretamente, pelo PISF" (Brasil, 2006, Art. 1º). Esse dispositivo normativo sublinha a importância de uma abordagem coordenada e multidimensional na gestão do projeto, essencial para atender às necessidades complexas e interdependentes das regiões beneficiadas.

A configuração do SGIB envolve uma estrutura organizacional complexa, que inclui o Ministério da Integração Nacional como órgão coordenador, a Agência Nacional de Águas (ANA) como entidade reguladora, além do Conselho Gestor, da Operadora Federal e das Operadoras Estaduais. Conforme disposto no Art. 3º do Decreto nº 5.995/2006, "o SGIB congregará grupos de assessoramento e instituições federais e estaduais, com interferência na gestão dos recursos hídricos" (Brasil, 2006, Art. 3º). Vê-se que essa composição institucional

visa garantir que todas as partes interessadas tenham um papel na gestão e operação do PISF, promovendo um ambiente de colaboração interinstitucional.

Com a evolução do projeto e a necessidade de adaptação às novas demandas e desafios, o Decreto nº 8.207/2014 introduziu modificações significativas na estrutura de governança do PISF. Uma das mudanças foi a ampliação da composição do Conselho Gestor, incluindo novos representantes de órgãos estratégicos como o Ministério da Fazenda, o Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, e outros, conforme detalhado no Art. 7º do decreto (Brasil, 2014, Art. 7º). Essa ampliação não só fortaleceu a capacidade de articulação e decisão do Conselho Gestor, mas também assegurou que as deliberações fossem informadas por uma diversidade de perspectivas e expertise técnica, essencial para a gestão eficiente de um projeto de tal envergadura.

Além disso, o Decreto nº 8.207/2014 formalizou a Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (CODEVASF) como a Operadora Federal do PISF. Segundo o Art. 12 do decreto, "compete à Operadora Federal exercer as funções necessárias à operacionalização e à manutenção da infraestrutura decorrente do PISF" (Brasil, 2014, Art. 12). Aqui, a designação consolida a centralidade da Codevasf na gestão das infraestruturas hídricas, permitindo uma maior uniformidade nas operações e facilitando a supervisão e fiscalização por parte da ANA.

A adaptação contínua dos arranjos jurídico-institucionais foi novamente destacada no Decreto nº 11.681/2023, que revisou e atualizou as disposições do Decreto nº 5.995/2006. Este decreto reforçou a importância da sustentabilidade na operação do PISF, com o Art. 1º enfatizando a necessidade de "promover a sustentabilidade da operação referente à infraestrutura hídrica a ser implantada pelo Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional no âmbito do PISF" (Brasil, 2023, Art. 1º). Além disso, o decreto reafirmou as competências do Conselho Gestor, incluindo a "proposição de programas que induzam ao uso eficiente e racional dos recursos hídricos disponibilizados pelo PISF e que potencializem o desenvolvimento econômico e social da região beneficiada" (Brasil, 2023, Art. 6º). Tais disposições refletem a evolução do PISF para um modelo de gestão que não apenas responde às necessidades imediatas de infraestrutura hídrica, mas também se alinha com objetivos mais amplos de desenvolvimento sustentável e equidade social.

Em suma, os arranjos jurídico-institucionais que configuram o PISF são desenhados para proporcionar uma governança eficiente, adaptativa e sustentável. A institucionalização

desses arranjos por meio dos decretos analisados parece buscar assegurar que o PISF possa cumprir seus objetivos de forma eficaz, promovendo o desenvolvimento econômico e social das regiões beneficiadas, ao mesmo tempo em que assegura a utilização sustentável dos recursos hídricos

4.1.2.1 Sustentabilidade Econômica e Impactos da Estrutura Tarifária do PISF

A sustentabilidade econômica do Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF) está intrinsecamente ligada à forma como sua estrutura tarifária foi desenhada e implementada ao longo dos anos. A estrutura tarifária do PISF não apenas visa cobrir os custos operacionais e de manutenção, mas também garante que o projeto possa se manter financeiramente viável e sustentável em longo prazo.

A base normativa para a estrutura tarifária do PISF foi estabelecida no Decreto nº 5.995/2006, que instituiu a cobrança pelos serviços de adução de água bruta fornecidos pelo projeto. O Art. 20 deste decreto estipula que "os serviços de adução de água bruta do PISF aos Estados receptores serão remunerados com base em preços constantes do Plano de Gestão Anual, que ressarcirão, no mínimo, os custos administrativos, operacionais e de manutenção" (Brasil, 2006, Art. 20). Esta disposição assegura que as tarifas sejam estruturadas de modo a cobrir todos os custos envolvidos na operação do PISF, garantindo a sua sustentabilidade financeira.

A estrutura tarifária definida pelo PISF segue um modelo binomial, composto por uma Tarifa de Disponibilidade e uma Tarifa de Consumo. A Resolução ANA nº 168/2023 detalha essa estrutura ao afirmar que "a tarifa do PISF será do tipo binomial, composta de Tarifa de Disponibilidade e Tarifa de Consumo" (Brasil, 2023, Art. 6º). Percebe-se que o modelo tarifário foi concebido para refletir tanto a disponibilidade dos serviços, independentemente do uso efetivo, quanto o consumo real de água bruta, permitindo uma alocação justa dos custos entre os usuários do sistema.

Ao longo dos anos, as tarifas específicas foram ajustadas para refletir as condições econômicas e operacionais vigentes. Por exemplo, a Resolução ANA nº 148/2023 fixou a tarifa de disponibilidade para 2023 em R\$ 0,322/m³ e a tarifa de consumo em R\$ 0,204/m³. Essas tarifas foram calculadas para garantir que os custos de operação e manutenção fossem cobertos,

mantendo o equilíbrio financeiro do projeto. A revisão periódica das tarifas é um mecanismo essencial para assegurar que o PISF possa continuar operando de forma sustentável, adaptando-se às variações de custos e às necessidades dos estados receptores.

A análise das resoluções também revela a importância da cobertura integral dos custos para a viabilidade econômica do PISF. A Resolução ANA nº 168/2023 destaca que "os valores da tarifa devem cobrir os custos de operação e manutenção do empreendimento, sendo que a forma de cobrança da tarifa será estabelecida nos contratos" (Brasil, 2023, Art. 6º, §1º). Pode-se concluir que o enfoque na cobertura completa dos custos operacionais reflete o compromisso em garantir que o PISF se mantenha financeiramente equilibrado e sustentável, evitando déficits que possam comprometer sua operação a longo prazo.

Além da estrutura tarifária, os impactos econômicos do PISF estão diretamente relacionados à forma como essas tarifas influenciam o desenvolvimento regional. Ao estabelecer uma base tarifária que cobre os custos operacionais, o PISF cria as condições necessárias para que os estados beneficiados possam usufruir dos recursos hídricos de maneira sustentável. A tarifa de disponibilidade, em particular, garante que os serviços estejam disponíveis mesmo em períodos de menor consumo, assegurando a continuidade do abastecimento e a estabilidade das operações. Por outro lado, a tarifa de consumo incentiva o uso eficiente da água, uma vez que os estados são cobrados de acordo com o volume efetivamente utilizado.

4.1.2.2 Planejamento Anual do PISF e Flexibilidade do Plano de Gestão

O Plano de Gestão Anual (PGA) do Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF) é um instrumento de planejamento essencial para a administração eficiente e sustentável dos recursos hídricos redistribuídos para as bacias receptoras do Nordeste brasileiro. Sua elaboração e implementação são relevantes para assegurar que as operações do PISF sejam conduzidas de maneira coordenada, atendendo às demandas das regiões beneficiadas de forma equilibrada e sustentável.

O PGA desempenha um papel central na gestão do PISF, atuando como o principal documento de planejamento que estabelece as diretrizes operacionais anuais para o sistema. De acordo com o Decreto nº 5.995/2006, "o Plano de Gestão Anual disporá sobre: I - a repartição

das vazões disponibilizadas entre os Estados e o rateio dos custos respectivos; II - os instrumentos de gestão a serem utilizados; III - as condições e padrões operacionais para o período" (Brasil, 2006, Art. 18). Este dispositivo normativo define os principais aspectos da operação do PISF, assegurando que a distribuição de água entre os estados beneficiados seja realizada de forma organizada e que os padrões operacionais estabelecidos orientem a utilização sustentável dos recursos hídricos.

A importância do PGA é reforçada por sua capacidade de alinhar as operações do PISF com as condições hidrológicas e operacionais vigentes, além de atender às necessidades específicas dos estados receptores. A Resolução ANA nº 168/2023 destaca que "o PGA do PISF é instrumento específico de ajuste contratual envolvendo a Operadora Federal, as Operadoras Estaduais, os Estados beneficiados e o Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional" (Brasil, 2023, Art. 9º). Vê-se que o referido enfoque contratual assegura que todas as partes envolvidas estejam comprometidas com a execução do PGA, promovendo a coordenação necessária para a operação eficaz do sistema. O PGA, portanto, não é apenas um plano técnico, mas um compromisso entre os principais atores, garantindo a convergência de interesses e a implementação coordenada das operações.

A importância do PGA também se manifesta na necessidade de adaptação contínua às variáveis ambientais e às demandas em evolução. Ao definir os volumes de água a serem alocados, o PGA desempenha um papel central na manutenção do equilíbrio entre oferta e demanda, buscando que o PISF possa responder a variações sazonais e a mudanças climáticas de maneira eficaz. A Resolução ANA nº 116/2022 ilustra isso ao estabelecer que "as vazões médias mensais mínimas, médias e máximas disponibilizadas aos beneficiários do PISF em 2022 estão explicitadas no Anexo I desta Resolução" (Brasil, 2022, Art. 2º). Essa precisão na definição das vazões garante que a distribuição de água seja feita de forma controlada e adaptável às condições do período, refletindo a importância do PGA como um instrumento dinâmico e responsivo.

A estruturação do PGA segue um processo bem definido, que envolve a participação de múltiplos *stakeholders*, incluindo a Operadora Federal, as Operadoras Estaduais, o Conselho Gestor e a Agência Nacional de Águas (ANA). O Decreto nº 5.995/2006 estipula que "o Plano de Gestão Anual será elaborado pela Operadora Federal, seguindo diretrizes do Ministério da Integração Nacional e ouvido o Conselho Gestor, e submetido àquele Ministério e à ANA, para aprovação das disposições atinentes às suas respectivas competências" (Brasil, 2006, Art. 19).

Este processo de elaboração parecer reassegurar que o PGA seja um documento abrangente, que reflita tanto as diretrizes políticas quanto as realidades operacionais do PISF.

Além disso, o calendário para a elaboração do PGA é estritamente regulamentado para garantir que todas as etapas sejam cumpridas em tempo hábil. A Resolução ANA nº 168/2023 define que "o PGA será elaborado de acordo com o seguinte calendário, para o exercício subsequente: I – até 15 de julho - publicação das diretrizes para elaboração do PGA do ano subsequente" (Brasil, 2023, Art. 13). A intenção de planejamento antecipado é importante para que as decisões operacionais sejam baseadas em dados atualizados e para que os estados beneficiados possam planejar suas próprias estratégias de utilização dos recursos hídricos.

A estrutura do PGA também inclui a definição de condições e padrões operacionais específicos para cada ano. A Resolução ANA nº 59/2020 especifica, por exemplo, que "as condições e padrões operacionais para o período de 2021 se darão conforme o Anexo II" (Brasil, 2020, Art. 5º). Tais padrões incluem as vazões mínimas, médias e máximas que serão disponibilizadas, além dos procedimentos a serem adotados em situações excepcionais. A clareza e a especificidade dessas normas podem garantir que o PISF opere de maneira segura e eficiente, permitindo uma gestão previsível dos recursos hídricos.

Outro aspecto crítico da estruturação do PGA é a capacidade de ajustar a operação do PISF em resposta às necessidades emergentes dos estados beneficiados. A Resolução ANA nº 168/2023 prevê que "a operação do PISF deverá seguir o PGA, podendo ser ajustada em decorrência de condições operacionais e hidrológicas não previstas ou excepcionais" (Brasil, 2023, Art. 15). Esta flexibilidade operacional é fundamental para assegurar que o sistema possa adaptar-se rapidamente a mudanças nas condições locais, minimizando os impactos negativos e maximizando a eficiência do uso dos recursos.

Embora o PGA seja um documento de planejamento detalhado, este se mostra com flexibilidade que permite ajustes em resposta a condições operacionais e hidrológicas imprevistas. A flexibilidade do PGA é refletida na capacidade de revisão contínua do plano ao longo do ano. O Decreto nº 5.995/2006 estabelece que "o Plano de Gestão Anual poderá ser revisto, a qualquer tempo, por proposição do Conselho Gestor e aprovação da Entidade Reguladora" (Brasil, 2006, Art. 18, §2º).

Além disso, a flexibilidade do PGA se estende à alocação de vazões entre os estados beneficiados. A Resolução ANA nº 173/2023 permite que "as Operadoras Estaduais poderão solicitar à Operadora Federal a disponibilização de vazões superiores às previstas como vazão

mínima média mensal no PGA, o que ensejará a revisão do PGA, respeitadas as vazões máximas médias mensais previstas no PGA" (Brasil, 2023, Art. 3º). Essa cláusula assegura que os estados possam ajustar suas alocações de água em resposta a mudanças nas condições locais, sem comprometer a integridade do sistema como um todo.

4.1.2.3 Controle e Transparência na Gestão de Ativos e Indicadores de Desempenho

A gestão dos ativos físicos do PISF, incluindo a infraestrutura de adução de água bruta, é uma responsabilidade central da Operadora Federal, encarregada de garantir a operacionalização e manutenção contínuas desses ativos. De acordo com o Decreto nº 5.995/2006, "compete à Operadora Federal exercer as funções necessárias à operacionalização e à manutenção da infraestrutura decorrente do PISF" (Brasil, 2006, Art. 12). Esta responsabilidade abrange tanto a manutenção física da infraestrutura quanto a administração financeira dos recursos associados, assegurando que a infraestrutura permaneça em condições operacionais adequadas.

A gestão de ativos no PISF é complementada por uma abordagem financeira rigorosa, que divide os custos operacionais em fixos e variáveis. Conforme o Decreto nº 5.995/2006, "os custos operacionais do PISF ficam divididos em custos fixos e custos variáveis, incluindo percentual de administração da Operadora Federal" (Brasil, 2006, Art. 21). Além disso, a gestão de ativos envolve a verificação contínua e a manutenção regular da infraestrutura, garantindo que esteja em conformidade com os padrões estabelecidos. A Resolução ANA nº 168/2023 estabelece que "é responsabilidade da Operadora Federal a medição ou estimativa de vazões e/ou volumes entregues; e a verificação da adequação e da regularidade das instalações de captação de água na infraestrutura do PISF" (Brasil, 2023, Art. 23). Uma verificação contínua é essencial para identificar e corrigir prontamente quaisquer irregularidades, minimizando riscos operacionais e garantindo a segurança dos usuários.

A responsabilidade da Operadora Federal também inclui a segurança das operações e dos usuários que acessam a infraestrutura do PISF. A Resolução ANA nº 168/2023 especifica que a Operadora Federal deve "zelar pela segurança dos usuários autorizados a acessar a infraestrutura do PISF; e estabelecer projetos padronizados de acesso à infraestrutura do PISF" (Brasil, 2023, Art. 23, III e IV). Abordagem de segurança integrada esta que indica assegurar que as operações sejam realizadas em conformidade com padrões de segurança e eficiência.

Por outro lado, a implementação de indicadores bem definidos permite um monitoramento detalhado das operações, facilitando a identificação de áreas que necessitam de melhorias e assegurando que as metas operacionais sejam atingidas.

A Resolução ANA nº 85/2018 aprova um conjunto de Indicadores de Avaliação da Prestação do Serviço de Adução de Água Bruta pela Operadora Federal, cobrindo áreas como "fornecimento de água, qualidade da água, disponibilidade de medição confiável, eficiência energética e perdas totais" (Brasil, 2018, Art. 1º). Cada indicador é detalhado em termos de forma de medição, objetivo e unidade de medida, fornecendo uma base clara para a avaliação do desempenho operacional.

Por exemplo, o indicador de "Fornecimento de Água" é medido como o "volume entregue em relação ao volume previsto no PGA" e é expresso em termos percentuais. Esse indicador, por exemplo, é importante para garantir que a distribuição de água esteja alinhada com as metas estabelecidas, identificando rapidamente qualquer discrepância que possa indicar problemas operacionais.

Outro indicador crucial é o de "Disponibilidade de Medição", que avalia a confiabilidade dos equipamentos de medição, medindo os "dias em que os equipamentos de medição não funcionam adequadamente em relação ao total de dias analisados". A confiabilidade dos sistemas de medição deve fundamentar a transparência e precisão das operações, assegurando que os dados utilizados para a gestão e para a tarifação sejam precisos e confiáveis.

A eficiência energética também é um aspecto monitorado pelos indicadores de desempenho. A Resolução ANA nº 85/2018 especifica o indicador "Eficiência Energética", que é medido pelo "Consumo Específico de Energia Normalizado - CEN". Este indicador, se bem implementado, pode ajudar a garantir que a operação do PISF seja conduzida de maneira sustentável, minimizando o consumo de energia e reduzindo os custos operacionais.

Percebe-se que a transparência na gestão do PISF é buscada por meio de uma estrutura de governança que inclui a participação ativa de diversos órgãos reguladores e entidades operacionais. O Decreto nº 5.995/2006 determina que "os órgãos e entidades integrantes do SGIB observarão a competência regulatória da ANA, especialmente requerendo dela que aprove as disposições normativas do Plano de Gestão Anual do PISF" (Brasil, 2006, Art. 5º). Observa-se que a ANA desempenha um papel central na regulamentação e supervisão das

operações do PISF, assegurando que as práticas de gestão estejam em conformidade com as normas estabelecidas.

Além disso, o controle e a transparência são reforçados pela administração dos contratos e acordos firmados entre os diversos atores envolvidos no PISF. Conforme o Decreto nº 5.995/2006, "os contratos, convênios e consórcios mencionados também preverão quais obrigações dos órgãos e entidades estaduais constarão no Plano de Gestão Anual" (Brasil, 2006, Art. 5º, §3º). Esses contratos incluem cláusulas detalhadas sobre as responsabilidades de cada parte e sobre os incentivos e penalidades associados ao cumprimento ou não cumprimento das metas estabelecidas.

O sistema de gestão de ativos também inclui a medição e monitoramento regulares para garantir a conformidade e eficiência das operações. A Resolução ANA nº 168/2023 estabelece que é responsabilidade da Operadora Federal "a medição ou estimativa de vazões e/ou volumes entregues; e a verificação da adequação e da regularidade das instalações de captação de água na infraestrutura do PISF" (Brasil, 2023, Art. 23, I e II), o que pode colaborar para que as operações sejam monitoradas de forma contínua e que qualquer desvio dos padrões estabelecidos seja corrigido.

Além da verificação regular das operações, o Decreto nº 5.995/2006 também enfatiza a importância da fiscalização por parte da ANA, que deve "permitir a fiscalização do cumprimento das condicionantes estabelecidas na outorga de direito de uso de recursos hídricos" (Brasil, 2006, Art. 5º, §1º). A fiscalização contínua é essencial para garantir que as operações do PISF sejam conduzidas de maneira transparente e em conformidade com os regulamentos vigentes.

4.2 Análise das Atas do Conselho Gestor do PISF e Comitês das Bacias Hidrográficas

4.2.1 Análise das Deliberações do Conselho Gestor do PISF

As atas das reuniões dos órgãos de governança do Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF) desempenham um papel essencial na documentação e no entendimento das decisões e debates que moldam a implementação prática das normas e políticas que regem o projeto. Funcionando como registros oficiais, essas atas capturam com precisão os processos

deliberativos, as negociações e os encaminhamentos realizados pelo Conselho Gestor do PISF (CGPISF). Ao documentar detalhadamente as discussões e decisões, as atas fornecem uma visão privilegiada de como as normas estabelecidas pelos decretos e resoluções são aplicadas no contexto real, revelando os desafios enfrentados pelos gestores e as dinâmicas de poder que influenciam a governança do PISF.

Além de registrar as decisões formais, as atas são fontes primárias importantes para a análise crítica dos arranjos normativos e institucionais do PISF, pois permitem observar de perto as interações entre os diferentes atores envolvidos. Oferecem percepções valiosas sobre a operacionalização das políticas, a resolução de conflitos e a adaptação das normas às condições locais e regionais. Através da análise dessas atas, é possível identificar padrões de cooperação e conflito, avaliar a eficácia das estruturas de governança e compreender como as decisões refletem as necessidades e os interesses dos estados beneficiados.

4.2.1.1 Eficiência Operacional e Monitoramento das Infraestruturas

A eficiência operacional e o monitoramento das infraestruturas no contexto do Eixo Norte do Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF) emergem como questões centrais nas discussões do Comitê Gestor ao longo dos anos. O estudo das atas revela uma evolução nas abordagens e nas preocupações relacionadas ao desempenho das infraestruturas, especialmente em relação ao sistema de bombeamento e às estruturas de contenção.

No início de 2020, as reuniões do Conselho Gestor já evidenciavam preocupações significativas com a percolação detectada no Dique da Barragem Negreiros, uma situação que se manifestava como um dos principais desafios operacionais do Eixo Norte. Este problema, identificado inicialmente em fevereiro de 2020, foi abordado de maneira contínua ao longo das reuniões subsequentes, com monitoramento constante das vazões e a realização de injeções no dique para controlar a percolação. A reunião de fevereiro de 2020 destacou a necessidade urgente de parar o bombeamento do Eixo Norte devido à percolação de 150 L/s no Dique Negreiros, iniciando uma série de intervenções que visavam a recuperação da estrutura através de injeções específicas. Esse problema não foi isolado, mas recorrente, conforme evidenciado nas reuniões seguintes, incluindo a de junho de 2020, onde se discutiu a previsão de continuidade das injeções até agosto daquele ano, e a de agosto de 2020, que registrou a necessidade de uma paralisação prolongada de três meses para a realização de injeções,

demonstrando a complexidade envolvida na manutenção dessas infraestruturas críticas (Conselho Gestor do PISF, 2020)

Essas ações de manutenção no Dique da Barragem Negreiros são ilustrativas dos desafios enfrentados pelo projeto em termos de garantir a estabilidade e a operacionalidade contínua de suas infraestruturas. O monitoramento rigoroso e as intervenções técnicas foram considerados essenciais não apenas para evitar paradas prolongadas no bombeamento, mas também para assegurar a integridade estrutural das barragens e diques ao longo do Eixo Norte.

Em 2021, o foco das discussões manteve-se na manutenção e na operação das infraestruturas, com uma atenção especial ao sistema de bombeamento do Eixo Norte, cuja operação eficiente é vital para o sucesso do empreendimento. O Conselho Gestor relatou, ao longo de diversas reuniões, a realização de manutenções periódicas nas estações de bombeamento, enfatizando a importância de intervenções preventivas para evitar interrupções no fornecimento de água. Em fevereiro de 2021, foi registrado que o sistema de bombeamento do Eixo Norte estava em funcionamento, porém com previsão de parada para substituição de peças nas Estações de Bombeamento (EBI 2 e 3), destacando a natureza recorrente das manutenções necessárias para manter o sistema em plena operação (Conselho Gestor do PISF, 2021).

Além das manutenções, o Conselho discutiu a implementação de estruturas de medição de vazão no rio Piranhas e na divisa da Paraíba com o Rio Grande do Norte, destacando a importância dessas medições para a gestão hídrica regional. A reunião de fevereiro de 2021 marcou o início dos trabalhos da empresa contratada para elaborar estudos e projetos executivos voltados à instalação dessas estruturas de medição, um passo crítico para garantir a precisão na alocação e no controle das vazões. A medição correta das vazões é uma questão de grande relevância, considerando que qualquer falha nesse processo poderia comprometer seriamente a gestão hídrica, especialmente em regiões que dependem criticamente do abastecimento oriundo do Eixo Norte. A continuidade dessas discussões em agosto de 2021, quando foi emitido um relatório preliminar sobre a recuperação das placas dos diques, reforça a complexidade envolvida na gestão dessas (Conselho Gestor do PISF, 2021).

Em 2022, as atas revelam que as preocupações com o monitoramento e a manutenção das infraestruturas continuaram a dominar as discussões do Conselho Gestor. A percolação no Dique Negreiros, problema identificado nos anos anteriores, permaneceu como um desafio, exigindo soluções mais definitivas e de longo prazo. A persistência desse problema ao longo

de vários ciclos de manutenção sugere a necessidade de uma revisão mais profunda das estratégias adotadas, possivelmente exigindo inovações tecnológicas ou metodológicas para sua resolução definitiva (Conselho Gestor do PISF, 2022).

Simultaneamente, a instalação de medidores de vazão seguiu como uma prioridade, com discussões detalhadas sobre a calibração desses sistemas para assegurar a precisão necessária, conforme registrado nas reuniões de junho e novembro de 2022 (Comitê Gestor do PISF, 2022). Esses esforços de calibração e ajustes operacionais indicam um amadurecimento das práticas de gestão, com um foco crescente na precisão e na confiabilidade das operações.

Em 2023, o Conselho Gestor continuou a destacar a importância do monitoramento constante das infraestruturas do Eixo Norte, com ênfase especial na medição de vibração dos motores das estações de bombeamento e no levantamento de eletrorresistividade nos canais, como discutido em fevereiro e outubro de 2023 (Conselho Gestor do PISF, 2023). Essas atividades indicam não apenas a continuidade das ações de manutenção, mas também um aprofundamento nas técnicas de monitoramento utilizadas, sugerindo uma evolução na abordagem preventiva adotada pelas equipes técnicas. A medição de vibração, por exemplo, é uma técnica avançada que permite a detecção precoce de problemas mecânicos, possibilitando intervenções antes que falhas mais graves ocorram. Da mesma forma, o levantamento de eletrorresistividade nos canais reflete uma abordagem mais sofisticada e proativa para a manutenção das infraestruturas.

Em 2024, o foco das discussões se concentrou na retomada das operações do Eixo Norte após períodos de paralisação para manutenção. As atas das reuniões de maio e agosto de 2024 destacam o monitoramento contínuo das operações de bombeamento, com uma preocupação constante com a eficiência operacional (Conselho Gestor do PISF, 2024). A manutenção das infraestruturas, incluindo as ações de segurança nas barragens e o treinamento de agentes externos, reflete um compromisso com a prevenção de riscos e a garantia de uma operação segura e eficaz.

Em síntese, a análise histórica das atas do Conselho Gestor revela uma evolução contínua nas práticas de manutenção e monitoramento das infraestruturas do Eixo Norte do PISF. A trajetória das discussões e intervenções ao longo dos anos parece evidenciar um compromisso crescente com a eficiência operacional e com a segurança das infraestruturas, fundamentado em monitoramento e em intervenções técnicas cada vez mais sofisticadas. A complexidade das operações e a necessidade de manutenção constante destacam os desafios

inerentes à gestão de um projeto de tal envergadura, ao mesmo tempo em que sublinham a importância de uma abordagem integrada e preventiva na busca pela sustentabilidade do empreendimento.

4.2.1.2 Conflitos e Divergências na Gestão Multinível

Dada a magnitude e complexidade do projeto, é natural que surjam conflitos e divergências ao longo do processo, especialmente em um ambiente de gestão multinível, onde diferentes esferas de governo, agências e estados possuem interesses e responsabilidades diversas. As atas das reuniões do Comitê Gestor do Projeto de Integração do Rio São Francisco (CGPISF) documentam esses desafios.

Uma das principais fontes de conflito identificadas nas atas refere-se à discrepância entre os cronogramas inicialmente propostos e a realidade enfrentada na execução das obras. Desde o início do projeto, os cronogramas têm sido revisados repetidamente, refletindo a complexidade das obras e os imprevistos encontrados ao longo do caminho. Representantes de diferentes estados, como o Ceará e o Rio Grande do Norte, expressaram preocupações significativas quanto ao otimismo excessivo nos prazos estabelecidos.

Em uma das reuniões, o representante do Ceará, enfatizou a necessidade de um cronograma mais realista, sugerindo que os prazos anteriores não levavam em consideração os desafios operacionais e logísticos enfrentados no campo: "Ceará solicitou ao MDR um informe dizendo que o cronograma será revisto, ou seja, um cronograma mais realista." (Comitê Gestor do PISF, 2020). Essa observação não foi isolada; à medida que as obras avançavam, outros gargalos emergiam, como observado pelo representante do Rio Grande do Norte, que destacou como a falta de garantias na execução dos trabalhos dificultava o planejamento e a coordenação das atividades: "Representante do RN comentou que com o avanço da pré-operação novos gargalos aparecem e precisam ser superados, com a ausência de garantia dificulta os planejamentos..." (Conselho Gestor do PISF, 2020).

Essas revisões de cronograma e as dificuldades em mantê-los dentro dos prazos originais evidenciam uma falta de alinhamento entre as expectativas iniciais e a realidade operacional. A discrepância entre a teoria e a prática não apenas gerou frustrações entre os *stakeholders* envolvidos, mas também expôs a necessidade de uma abordagem mais flexível e adaptável na gestão do projeto. Cada revisão de cronograma não é apenas uma questão técnica,

mas também política, onde os compromissos e as promessas feitas aos estados devem ser renegociados, muitas vezes gerando descontentamento e pressão adicional sobre os gestores do projeto.

Outro ponto central de conflito documentado nas atas é a coordenação e a atribuição de responsabilidades entre as diferentes entidades envolvidas no projeto. A complexidade do Projeto de Integração do Rio São Francisco exige uma coordenação estreita entre órgãos federais, estaduais e agências reguladoras, o que, muitas vezes, se mostra desafiador. A falta de clareza sobre quem é responsável por determinadas ações ou decisões gerou tensões consideráveis.

Por exemplo, em uma reunião ocorrida em julho de 2021, um representante da Agência Nacional de Águas (ANA) relatou a insatisfação do Estado de Pernambuco com a liberação da Transposição de Uso Direto (TUD) de Muquem, que foi realizada sem uma articulação prévia com os gestores estaduais. Essa situação ilustra como a falta de comunicação e coordenação entre as entidades pode levar a conflitos significativos: "Representante da ANA aproveitou para informar que a Diretora da APAC não estava na reunião, mas solicitou que registrasse, a insatisfação do Estado com a liberação da TUD de Muquem sem uma articulação prévia com os gestores do estado." (Conselho Gestor do PISF, 2021).

Esses conflitos de coordenação são sintomáticos de um problema mais amplo na gestão multinível, onde a fragmentação de responsabilidades pode levar a uma execução desarticulada e, em alguns casos, ineficaz. A necessidade de clareza nas atribuições e uma comunicação eficaz entre todos os níveis de governo e entidades envolvidas é crucial para minimizar esses conflitos e garantir que as ações realizadas no âmbito do projeto sejam harmoniosas e alinhadas aos objetivos gerais.

As atas também revelam conflitos relacionados à priorização das regiões a serem atendidas pelo projeto e às diferentes necessidades locais. Dada a escassez hídrica que caracteriza grande parte da área de abrangência do PISF, a priorização de recursos e a alocação de água emergem como temas críticos e, frequentemente, polêmicos.

Um exemplo significativo de tais divergências pode ser encontrado na reunião de novembro de 2020, onde o representante da AESA (PB), reiterou a importância de esclarecer a população sobre a distribuição da água do PISF. Ele enfatizou que, para muitas comunidades, o sentimento de pertencimento em relação à água do PISF é profundo, exacerbado pela intensa escassez hídrica na região: "Representante da AESA reiterou a necessidade de um maior

esclarecimento da população, pois eles têm um pertencimento da água do PISF. E a escassez hídrica é muito grande no estado." (Conselho Gestor do PISF, 2020). A percepção de que certas regiões poderiam ser preteridas ou que as suas necessidades não seriam adequadamente atendidas fomentou tensões e divergências entre os estados envolvidos.

Além disso, as atas mostram como a priorização das obras em certas regiões gerou expectativas que nem sempre puderam ser atendidas, levando a frustrações e conflitos entre os envolvidos. O representante do Rio Grande do Norte, em uma reunião de agosto de 2024, lamentou que o estado não tivesse recebido água, não por falta de solicitação, mas por dificuldades operacionais: "(Representante) lembrou que o RN não recebeu água, não por não ter solicitado, mas por não ter sido possível a entrega. Destacou ainda a questão do GT Piranhas e da necessidade de se ter os medidores instalados (Conselho Gestor do PISF, 2024). Esta situação ilustra como a gestão das expectativas é um desafio.

Outro aspecto identificado nas atas é a divergência na interpretação e aplicação das normas que regem o projeto. Um exemplo disso ocorreu em setembro de 2020, quando os estados solicitaram a alteração do prazo para a elaboração dos Planos Operativos Anuais (POAs), devido à necessidade de republicação da portaria com as diretrizes para a elaboração do Plano de Gestão Anual (PGA): "Os estados solicitaram alteração do prazo para a elaboração dos POAs, pois a Portaria com as diretrizes para elaboração do PGA será republicada." (Conselho Gestor do PISF, 2020). Este incidente destaca como a necessidade de ajustes normativos pode atrasar a execução das atividades e gerar incertezas sobre os procedimentos a serem seguidos.

A falta de consenso sobre a aplicação dessas normas reflete a dificuldade em manter uma interpretação uniforme das diretrizes entre todas as partes envolvidas. Essas discrepâncias não apenas complicam a gestão do projeto, mas também aumentam o risco de conflitos e desentendimentos entre os diferentes *stakeholders*.

Por fim, as atas demonstram que muitos dos conflitos no âmbito do PISF resultam de expectativas que não foram atendidas, seja por atrasos, falhas operacionais ou dificuldades técnicas. As comunidades e estados que dependem das águas do PISF desenvolveram expectativas em relação ao projeto, muitas vezes baseadas em promessas e cronogramas que, por uma série de razões, não puderam ser cumpridos.

4.2.1.3 Gestão de Recursos e Priorização de Investimentos

As atas documentam uma série de desafios relacionados à alocação de recursos para a manutenção e recuperação das infraestruturas do PISF, uma necessidade contínua que se torna cada vez mais premente à medida que o projeto avança. A manutenção é crucial para garantir a operação segura e eficiente das estruturas já construídas, mas a competição por recursos com novas obras e outras demandas do projeto parece criar um ambiente tensionado.

Em novembro de 2022, foi relatado que as obras de recuperação da barragem de Engenheiro Avidos e do reservatório Banabuiú estavam enfrentando problemas orçamentários, dificultando a continuidade das intervenções necessárias: "Está em andamento a recuperação da barragem de Engenheiro Avidos, mas enfrentando problemas orçamentários, o que também ocorre na recuperação do reservatório Banabuiú." (Conselho Gestor do PISF, 2022). Esse exemplo evidencia a dificuldade de se garantir financiamento adequado para todas as frentes do projeto, especialmente em um cenário de restrição fiscal.

Além disso, a necessidade de paralisar temporariamente o sistema de bombeamento do Eixo Norte para a substituição de peças nas Estações de Bombeamento (EBI 2 e 3) em junho de 2021 ilustra os desafios operacionais decorrentes da alocação insuficiente de recursos para manutenção contínua: "O sistema de bombeamento do Eixo Norte será paralisado temporariamente para substituição de peças nas EBI 2 e 3, com previsão de conclusão até 10/07/2021. Durante essa parada, ajustes serão feitos ao longo do canal." (Conselho Gestor do PISF, 2021). Paradas como essa não apenas atrasam o cronograma, mas também aumentam os custos operacionais e podem comprometer a confiança das comunidades que dependem do fornecimento regular de água.

A alocação inadequada de recursos para manutenção pode ter consequências significativas, não apenas em termos de operação, mas também em termos de segurança e longevidade das infraestruturas. No caso do PISF, a necessidade de equilibrar a manutenção das estruturas existentes com a construção de novas etapas do projeto coloca pressão sobre os gestores, que precisam tomar decisões difíceis sobre onde e como alocar os recursos limitados.

Outro tema recorrente nas atas das reuniões é a priorização dos investimentos em determinadas regiões, um processo que frequentemente gera tensões entre os estados envolvidos. A alocação de recursos para áreas estratégicas, como o Ramal do Apodi, foi um ponto de foco, dado o impacto dessas decisões nas expectativas e necessidades das diversas comunidades afetadas.

A priorização do Ramal do Apodi foi particularmente destacada, com o projeto sendo tratado como uma prioridade estratégica para o Rio Grande do Norte. Em agosto de 2024, o avanço das obras do Ramal foi relatado como estando em 62,44%, demonstrando um compromisso significativo com a conclusão dessa parte do projeto: "Com relação ao Ramal do Apodi, obra que está efetivamente em andamento, se encontra com 62,44% de avanço das obras no geral, detalhando as atividades em execução do Marco 1, com execução de 94,17%." (Comitê Gestor do PISF, 2024). No entanto, essa priorização não foi isenta de questionamentos. Em abril de 2021, o representante do Rio Grande do Norte, expressou preocupações sobre a consideração de Caiçara como o ponto final do Eixo Norte, sugerindo que o projeto original, que incluía o Ramal do Apodi, fosse respeitado: "Representante do RN ressaltou que Caiçara não deve ser considerado o final do eixo Norte, sugerindo que o projeto original do PISF, que inclui o Ramal do Apodi, seja considerado." (Conselho Gestor do PISF, 2021).

As restrições orçamentárias são uma realidade constante para o PISF e impactam diretamente a capacidade de executar o projeto conforme planejado. Essas limitações afetam a viabilidade de concluir as obras dentro dos prazos estabelecidos e forçam revisões contínuas nos cronogramas e nas estratégias operacionais.

Em maio de 2023, por exemplo, foi discutido que o projeto teria que ser revisado para priorizar a recuperação dos reservatórios que receberiam água do PISF, uma decisão diretamente influenciada pelas restrições orçamentárias: "O projeto será revisto, e na priorização dos reservatórios a serem recuperados será considerado a chegada de água do PISF a eles." (Conselho Gestor do PISF, 2023). Essa necessidade de reavaliar constantemente as prioridades reflete, novamente, as dificuldades enfrentadas pelos gestores ao tentar equilibrar a necessidade de progresso com as limitações financeiras impostas.

Além disso, a desmobilização de canteiros de obras, como o do Ramal do Apodi, foi outra consequência das restrições financeiras, evidenciando como essas limitações podem atrasar a execução das obras e aumentar os custos totais do projeto: "Foi discutida a desmobilização no canteiro de obras do Ramal do Apodi, sendo esclarecido que são ajustes

necessários devido às demandas das obras." (Conselho Gestor do PISF, 2022). Essas restrições orçamentárias obrigam os gestores do projeto a tomar decisões difíceis sobre onde e como alocar os recursos disponíveis, muitas vezes forçando a escolha entre avançar com novas obras ou garantir a manutenção e operação das estruturas já existentes.

4.2.2 Discussões dos Comitês de Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco e Piancó-Piranhas-Açu sobre a Implementação do PISF

Esta seção apresenta, com base em interpretação de atas, uma análise das deliberações realizadas pelos Comitês de Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco e do Piancó-Piranhas-Açu a respeito da implementação do PISF. Tais discussões ajudam a compreender como os múltiplos atores envolvidos no processo interpretam os desafios e as oportunidades emergentes da integração das bacias, analisando dinâmicas e focalizando as preocupações iniciais, resistências, demandas por participação e transparência, bem como as tensões entre as esferas locais e nacionais de governança.

4.2.2.1 Participação Institucional e Desafios de Governança na Implementação do PISF

As discussões em torno do PISF nos CBHs, especialmente no Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco (CBHSF) e no Comitê da Bacia Hidrográfica dos rios Piancó-Piranhas-Açu (CBHPPA), refletem a complexidade inerente à gestão compartilhada dos recursos hídricos. Desde as primeiras reuniões, evidenciou-se uma preocupação com a participação efetiva dos comitês nos processos decisórios. Na II Plenária do CBHSF, realizada em outubro de 2003, em Penedo, Alagoas, os membros elaboraram a "Carta de Penedo", na qual reivindicavam que "nenhuma iniciativa para uso dos recursos hídricos da Bacia do São Francisco para transposição seja adotada antes da aprovação do Plano de Recursos Hídricos da Bacia" e que "todos os projetos relativos à transposição sejam encaminhados ao Comitê [...] para apreciação e apresentação do seu posicionamento" (CBHSF, 2003). Essa demanda explícita por envolvimento destaca a importância atribuída pelos comitês à participação institucional como instrumento para assegurar a gestão sustentável dos recursos hídricos.

A resistência inicial ao PISF também foi marcada por preocupações quanto à disponibilidade hídrica e aos possíveis impactos negativos na bacia doadora. Durante as XI e XII Plenárias do CBHSF, realizadas em dezembro de 2006, discutiu-se a possibilidade de "superação da vazão alocável", com membros expressando que "a transposição afetará a todos os usuários, e cada um deles poderá se manifestar, inclusive os Estados e Municípios" (CBHSF, 2006). Esse posicionamento evidenciou a percepção de que as decisões tomadas em nível federal poderiam desconsiderar as especificidades e necessidades locais, reforçando a necessidade de uma governança participativa e descentralizada.

As tensões entre as esferas de governança tornaram-se ainda mais evidentes quando o Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) avançou com a aprovação do projeto, apesar das deliberações contrárias do CBHSF. Na VI Plenária do CBHSF, em junho de 2005, foi relatado que "o Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) deliberou sobre o projeto de Transposição do São Francisco, contrariando a decisão do Comitê" (CBHSF, 2005). Essa ação foi percebida como um desrespeito às instâncias participativas regionais, intensificando as resistências e gerando um sentimento de frustração entre os membros do comitê.

Em resposta a essas circunstâncias, o CBHSF buscou utilizar os mecanismos institucionais disponíveis para contestar o projeto. Na V Plenária, em outubro de 2004, instaurou-se o "processo sobre conflito de uso das águas do rio São Francisco devido ao Projeto de Transposição" (CBHSF, 2004). Ademais, foi proposta a abertura de um edital para que usuários pudessem se habilitar a configurar o processo de conflito de uso, conforme mencionado: "o CBHSF pode abrir um edital para que usuários possam se habilitar a configurar o processo de conflito de uso" (CBHSF, 2006). Essas ações demonstram a iniciativa do comitê em buscar vias formais para assegurar a participação e influenciar as decisões referentes à gestão hídrica.

Paralelamente, a sociedade civil e o Ministério Público desempenharam papéis significativos na defesa dos interesses da bacia. A atuação do Ministério Público na defesa da Bacia do Rio São Francisco foi destacada durante a XVIII Reunião Plenária do CBHSF, em dezembro de 2010, onde se enfatizou "o apoio às Promotorias de Justiça da Bacia do São Francisco; apoio ao Programa de Revitalização da Bacia do São Francisco; atuação em relação à Transposição do Rio São Francisco" (CBHSF, 2010). A promotoria afirmou que "é papel do Ministério Público garantir a implantação dos CBHs e a efetiva participação popular" (CBHSF, 2006), reforçando a relevância da participação institucional e da sociedade civil no processo.

No âmbito do CBH PPA, as demandas por participação se evidenciaram. Durante a 9ª Reunião Extraordinária, em setembro de 2019, foi apresentada uma proposta sobre o "Projeto da terceira entrada do PISF para o rio Piancó (Canal do Piancó), Eixo Norte" (CBHPPA, 2019). Os membros do comitê demonstraram interesse em compreender os critérios para a retirada de água do São Francisco, incluindo demandas para abastecimento humano, dessedentação animal, irrigação e outros usos (CBHPPA, 2019). Essa iniciativa indicou uma busca por maior envolvimento nos processos de planejamento e implementação do projeto, visando garantir que as necessidades locais sejam atendidas.

As discussões também abordaram os desafios de governança relacionados à implementação do PISF. A tensão entre as decisões governamentais e as demandas locais foi exemplificada na transcrição onde se relata que "o Sr. Vice-presidente da República, José Alencar, apresentou o projeto de transposição das águas do rio São Francisco; ressaltou a importância da abertura do diálogo" (CBHSF, 2003). Apesar da aparente disposição para o diálogo, as ações subsequentes do governo federal foram percebidas como insuficientes para atender às demandas por participação efetiva.

Além disso, as preocupações com a transparência e a necessidade de informações detalhadas sobre o projeto foram recorrentes. A afirmação de que "a má informação sobre o Projeto de Transposição leva determinadas posições que seriam diferentes se houvesse uma maior informação" (CBHSF, 2004) indica que a falta de comunicação adequada contribuiu para o aumento das resistências e das desconfianças em relação ao PISF.

Os esforços para garantir a participação popular e institucional também se manifestaram em iniciativas como a criação de grupos de trabalho e a realização de reuniões ampliadas. Na IX e X Plenárias do CBHSF, realizadas em julho de 2006, foi mencionado que "não existe uma estratégia formada para convivência com o Semiárido", e que "ocorreu reunião com a Casa Civil e 3 grupos de trabalhos - GT's, foram constituídos: (1) disponibilidade hídrica/transposição, (2) sustentabilidade: convivência com o Semiárido e (3) revitalização" (CBHSF, 2006). Essas ações refletiam a busca por soluções integradas e participativas, envolvendo diferentes segmentos da sociedade e do governo.

No entanto, apesar dos esforços, as tensões entre as esferas locais e nacionais de governança persistiram. A aprovação do projeto de transposição pelo CNRH, "contrariando a decisão do Comitê" (CBHSF, 2005), exemplifica a dificuldade em harmonizar as demandas locais com as políticas nacionais. Essa discrepância evidencia os desafios estruturais na gestão

dos recursos hídricos, especialmente em projetos de grande porte que envolvem múltiplas jurisdições e interesses.

A análise das transcrições das atas revela que a participação institucional foi fundamental tanto para expressar as resistências iniciais quanto para promover um diálogo mais aprofundado sobre os rumos do PISF. A insistência dos comitês em serem consultados e considerados nas decisões reflete o entendimento de que a gestão eficaz dos recursos hídricos requer a integração dos diversos atores envolvidos. Além disso, a atuação do Ministério Público e da sociedade civil reforça a importância de mecanismos de controle social e de defesa dos interesses coletivos.

4.2.2.2 Desafios Operacionais e Estratégias para Maximizar os Benefícios Locais do PISF

A implementação do Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF) tem sido acompanhada por uma série de desafios operacionais que influenciam diretamente a capacidade de maximizar os benefícios locais nas regiões afetadas. Esses desafios englobam questões técnicas, logísticas e gerenciais, e têm sido objeto de discussões aprofundadas nos Comitês. A análise das atas das reuniões destes permite compreender como esses obstáculos têm sido enfrentados e quais estratégias estão sendo adotadas para potencializar os impactos positivos do PISF nas comunidades locais.

Um dos principais desafios operacionais identificados refere-se ao dimensionamento adequado das infraestruturas hídricas para atender às demandas regionais. Durante a 9ª Reunião Extraordinária do CBHPPA, realizada em setembro de 2019, foi apresentado o "Projeto da terceira entrada do PISF para o rio Piencó (Canal do Piencó), Eixo Norte" (CBHPPA, 2019). Nesse contexto, foram discutidas informações detalhadas sobre os critérios adotados para a retirada do volume de água do Rio São Francisco, contemplando estudos das demandas para abastecimento humano, dessedentação animal, irrigação, aquicultura e atividades industriais (CBHPPA, 2019). Como forma de garantir a segurança hídrica, foram dimensionadas duas entradas via Ramal do Piencó, ambas com vazão de 2,0 m³/s, totalizando 4,0 m³/s, além dos 26,4 m³/s já outorgados pela Agência Nacional de Águas (ANA) (CBHPPA, 2019). Esse dimensionamento reflete a preocupação em assegurar que a infraestrutura seja capaz de suprir as necessidades atuais e futuras da região.

A gestão e manutenção das infraestruturas associadas ao PISF também emergem como desafios significativos. Na 30ª Reunião Ordinária do CBH PPA, em março de 2024, foram levantadas questões sobre a responsabilidade pela operação e manutenção dos açudes relacionados ao PISF. Foi questionado "se o DNOCS [Departamento Nacional de Obras Contra as Secas] irá disponibilizar uma equipe técnica para realizar as manobras e inspeções nos reservatórios de sua responsabilidade [...] relacionados às obras do PISF" (CBHPPA, 2024). A falta de clareza quanto à atribuição dessas responsabilidades pode comprometer a eficiência operacional do sistema e a segurança hídrica das comunidades dependentes dessas infraestruturas.

Problemas relacionados a perdas de água e desvios não autorizados também foram objeto de preocupação. Durante a XX Plenária Extraordinária do CBHSF, em agosto de 2017, foi solicitada ao Ministério da Integração a elaboração de um relatório sobre o "roubo de água da transposição, pois não está chegando a água que sai do canal" (CBHSF, 2017). Essa situação levanta questões sobre a integridade dos canais e a necessidade de monitoramento efetivo para evitar perdas significativas que possam comprometer o abastecimento nas áreas receptoras. Em resposta, foi informado que "a ANA fez um estudo que concluiu que a perda no caminho é normal" (CBHSF, 2017). No entanto, a persistência das preocupações indica que há uma demanda por medidas adicionais para assegurar a eficiência do sistema e a transparência nas operações.

Para além dos desafios operacionais, estratégias têm sido desenvolvidas para maximizar os benefícios locais do PISF, especialmente no que tange ao atendimento de municípios inicialmente não contemplados e ao aproveitamento econômico das águas transpostas. Na 21ª Reunião Ordinária do CBHPPA, realizada em novembro de 2019, foram apresentadas "informações referentes à distribuição das águas do PISF no Estado" (CBHPPA, 2019). Destacou-se o "projeto da TransCurimataú (TransParaíba II), saindo do reservatório de Poções para atender um total de 22 municípios" (CBHPPA, 2019). Essa iniciativa representa um esforço para expandir os benefícios da transposição, levando água tratada para cidades paraibanas que não seriam diretamente beneficiadas pelo PISF, e promovendo a inclusão hídrica de regiões historicamente afetadas pela escassez.

Adicionalmente, na XXXIX Plenária Ordinária do CBHSF, em dezembro de 2020, foi discutida "a proposta de acordo de cooperação para cadastramento de barragens, avaliação do potencial agrícola e viabilidade econômica de irrigação a partir do projeto de integração do rio São Francisco com as bacias do Nordeste setentrional (PISF) em Pernambuco" (CBHSF, 2020).

Com a chegada das águas da transposição, abre-se a possibilidade de desenvolvimento de projetos de irrigação que podem impulsionar a agricultura local, gerar empregos e promover o desenvolvimento socioeconômico. A avaliação do potencial agrícola e a viabilidade econômica desses empreendimentos são fundamentais para garantir que os recursos hídricos sejam utilizados de forma sustentável e contribuam efetivamente para a melhoria da qualidade de vida das populações locais.

O acompanhamento das obras e a participação ativa dos comitês de bacia têm sido instrumentos essenciais para enfrentar os desafios operacionais e maximizar os benefícios do PISF. Na 29ª Reunião Ordinária do CBHPPA, em novembro de 2023, enfatizou-se a importância de "acompanhar as obras relacionadas ao PISF na Bacia dos rios Piancó-Piranhas-Açu" e de "ter conhecimento das ações desenvolvidas no PISF, na área da Bacia Hidrográfica Piancó-Piranhas-Açu" (CBHPPA, 2023). Esse engajamento permite aos comitês identificar problemas, propor soluções e assegurar que as obras estejam alinhadas com as necessidades e expectativas das comunidades afetadas.

Entretanto, reconhece-se que a transposição das águas não é uma solução isolada para os desafios enfrentados pelas regiões semiáridas. Na II Plenária do CBHSF, realizada em 2003, foi salientado que "não se pode negar água para quem está com sede, mas também não se pode ficar com sede amanhã" (CBHSF, 2003), indicando a necessidade de estratégias sustentáveis de longo prazo. Nesse sentido, durante as IX e X Plenárias do CBHSF, em julho de 2006, foi observado que "não existe uma estratégia formada para convivência com o Semiárido", o que levou à criação de grupos de trabalho focados em disponibilidade hídrica, sustentabilidade e revitalização (CBHSF, 2006). Essas iniciativas buscam desenvolver abordagens integradas que considerem não apenas a oferta hídrica, mas também a gestão eficiente dos recursos, a conservação ambiental e o desenvolvimento socioeconômico.

A implementação do PISF também tem sido vista como uma oportunidade para fortalecer a infraestrutura hídrica regional. Durante a apresentação realizada na 30ª Reunião Ordinária do CBHPPA, em março de 2024, foi feita "uma síntese de todo o projeto que contempla dois Eixos, o Norte, com 260 km de extensão, e o Eixo Leste, com 217 km de extensão" (CBH PPA, 2024). O detalhamento das obras, incluindo o Ramal do Apodi e o Canal do Piancó, evidencia o potencial de integração hídrica e de melhoria das condições de abastecimento nas regiões atendidas.

4.3 Relatórios dos Entes Gestores do PISF: MDR, CODEVASF e ANA

4.3.1 Operacionalização e Desafios da Gestão do PISF no Eixo Norte

Baseando-se na análise de documentos apresentados nas reuniões do Comitê Gestor, esta seção busca interpretar como os arranjos normativos e as estruturas institucionais têm sido aplicados na prática, revelando os obstáculos enfrentados na coordenação entre os diversos atores envolvidos. Além disso, são abordados os efeitos dessas estruturas sobre a eficiência operacional do PISF, destacando as dificuldades na sua execução, desde questões técnicas até a alocação de recursos, e como esses desafios afetam a sustentabilidade e a governança do projeto.

4.3.1.1 Desafios Técnicos e Operacionais

A implementação e manutenção do Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF) têm enfrentado uma série de desafios técnicos e operacionais. Esses desafios, inerentes a um projeto de tal magnitude e complexidade, manifestaram-se em diversas frentes, desde problemas estruturais em diques e barragens até limitações operacionais nas estações de bombeamento, refletindo tanto as características geológicas e climáticas da região quanto a necessidade de aprimoramentos contínuos na gestão técnica.

Desde o início das operações do PISF, um dos principais obstáculos técnicos identificados foi a percolação excessiva em diques cruciais para a infraestrutura do projeto. O Dique Negreiros, por exemplo, apresentou problemas recorrentes de percolação que exigiram intervenções emergenciais e estudos aprofundados para a determinação de soluções eficazes. Em março de 2020, conforme registrado na "Apresentação MDR" daquele mês, foi iniciada uma "injeção de contenção e canal para desviar a água para o reservatório de Mangueiras" devido à "percolação excedente no Dique Negreiros" (Ministério do Desenvolvimento Regional, 2020). Essa medida emergencial sinalizou a gravidade do problema e a necessidade de ações imediatas para evitar danos estruturais mais significativos.

No entanto, mesmo com as intervenções iniciais, a questão da percolação no Dique Negreiros persistiu ao longo dos anos. Em novembro de 2020, a "Apresentação MDR" indicou que a percolação estava "dentro do limite aceitável (monitoramento constante)", mas ressaltou que "foram realizadas sondagens complementares" e que estava "em estudo, para definição da intervenção mais adequada" (Ministério do Desenvolvimento Regional, 2020). Essa continuidade dos estudos e monitoramentos constantes evidencia a complexidade do problema e a dificuldade em encontrar uma solução definitiva. A situação se estendeu até julho de 2021, quando foi proposto um "reforço no paramento de jusante, com investimento estimado de R\$ 30 milhões", com previsão de licitação até setembro daquele ano (Ministério do Desenvolvimento Regional, 2021). Contudo, "fragilidades foram apontadas no projeto de reforço no paramento de jusante, com novos estudos previstos para conclusão até dezembro/2021" (Ministério do Desenvolvimento Regional, 2021), adiando a solução esperada.

Paralelamente, o Dique 1217 também apresentou desafios semelhantes. Localizado à jusante do *forebay* da Estação de Bombeamento Intermediária 3 (EBI-3), esse dique mostrou vazões de percolação que exigiram monitoramento constante e estudos para intervenções complementares. Em março de 2022, o "Monitoramento PISF" registrou que o Dique 1217 apresentava uma "vazão média estável de 3.288 l/min", sendo necessários estudos em andamento para propor soluções adequadas (CODEVASF, 2022). Até fevereiro de 2023, a situação permanecia em análise, com a "elaboração de projetos (anteprojeto, básico e executivo), com previsão de conclusão para novembro de 2023" (Ministério do Desenvolvimento Regional, 2023).

Além dos desafios relacionados aos diques, o PISF enfrentou problemas significativos com vazamentos em canais e estruturas comprometidas. O Canal Norte (CN 10) foi objeto de preocupação recorrente devido a vazamentos que persistiram mesmo após intervenções corretivas. Em fevereiro de 2020, durante a "Reunião Mensal PISF", foi reportado que, embora os "pontos críticos" tivessem sido recuperados, a "percolação elevada" continuava sendo um problema (Ministério do Desenvolvimento Regional, 2020). Essa situação manteve-se nos meses seguintes, com a necessidade de estudos geofísicos para identificar as causas subjacentes dos vazamentos e determinar soluções eficazes (Ministério do Desenvolvimento Regional, 2020). Em agosto de 2020, foi mencionado que "estudos geofísicos foram realizados e será apresentado um plano de ação para correção" (Ministério do Desenvolvimento Regional, 2020), indicando esforços contínuos para resolver a questão.

Um dos eventos mais críticos nesse contexto foi o rompimento do conduto forçado no Reservatório Hilton Temóteo Melo Filho (Jati) em agosto de 2020. Esse incidente, documentado na "Apresentação MDR" de dezembro de 2020, destacou que houve um "rompimento do conduto forçado em 21/08/2020", exigindo a "realização de perícia técnica, com laudo pericial (conclusivo) emitido em 01/12/2020" (Ministério do Desenvolvimento Regional, 2020). O impacto desse evento foi significativo, não apenas atrasando o cronograma de enchimento dos reservatórios, mas também gerando preocupações sobre a segurança das infraestruturas e a confiabilidade do sistema como um todo.

As Estações de Bombeamento Intermediárias (EBIs) também enfrentaram desafios técnicos que afetaram diretamente a capacidade operacional do PISF. Problemas mecânicos, como o desalinhamento de tubulações e o desgaste de componentes críticos, levaram a interrupções no bombeamento e limitaram a eficiência do sistema. Em fevereiro de 2023, conforme a "Apresentação MIDR" daquele mês, a EBI-3 sofreu "interrupção do bombeamento na EBI-3 em janeiro de 2022 para preservar o bem público", devido ao "desalinhamento da tubulação da EBI-03 – recalque na estrutura civil do prédio" (Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional, 2023). Além disso, foram identificados "desgaste/ruído no rolamento" e "impedimento operacional" nos conjuntos motobomba, exigindo consultorias especializadas e ações corretivas.

Esses problemas nas EBIs não apenas reduziram a capacidade de bombeamento de água para as regiões atendidas, mas também evidenciaram a necessidade de um programa robusto de manutenção preventiva e corretiva. A limitação operacional a apenas um conjunto motobomba nas EBIs, conforme relatado em diversas apresentações do MDR entre 2021 e 2023, impactou o volume de água transferido e a regularidade do abastecimento. Por exemplo, em setembro de 2022, foi informado que "atualmente, Eixo Norte limitado à operação de apenas 01 (um) conjunto motobomba nas EBI-2 e EBI-3" (Ministério do Desenvolvimento Regional, 2022), devido ao envio das válvulas para manutenção em fábrica.

Os atrasos no avanço físico das obras e no cronograma de enchimento dos reservatórios foram outro desafio técnico significativo. Apesar dos esforços das equipes envolvidas, o progresso das obras nem sempre ocorreu conforme o planejado inicialmente. Por exemplo, entre dezembro de 2020 e novembro de 2021, o avanço físico total do PISF aumentou apenas de 97,42% para 98,10%, conforme a "Apresentação MDR" de novembro de 2021 (Ministério do Desenvolvimento Regional, 2021). Esse ritmo lento de progresso refletiu não apenas os

desafios técnicos enfrentados, mas possivelmente também limitações na gestão de recursos e na coordenação das atividades de engenharia. Em julho de 2020, a previsão era de que o Reservatório Caiçaras seria enchido em junho de 2021 e o Reservatório Morro em março de 2021 (Ministério do Desenvolvimento Regional, 2021). Entretanto, em novembro de 2020, a previsão de enchimento do Eixo Norte foi atualizada, com o bombeamento retomado em 27/10/2020 e o "enchimento do Reservatório Jati, com operação provisória através de corte no vertedouro" (Ministério do Desenvolvimento Regional, 2020), indicando ajustes nos cronogramas iniciais.

Esses atrasos tiveram implicações diretas para as comunidades dependentes do PISF. A postergação da chegada da água a áreas críticas impactou o abastecimento humano, a agricultura e outras atividades econômicas, ampliando as vulnerabilidades já existentes na região. Por exemplo, em maio de 2022, foi relatado que o Eixo Norte havia bombeado um total de 223,769 milhões de metros cúbicos de água, com volumes específicos entregues para a Paraíba e outros estados (Ministério do Desenvolvimento Regional, 2022). Contudo, os atrasos na conclusão de estruturas como o Reservatório Engenheiro Avidos, que tinha "execução: 45,00%" e conclusão prevista para dezembro de 2022 (Ministério do Desenvolvimento Regional, 2022), afetaram a capacidade de armazenamento e distribuição de água, limitando os benefícios esperados para as comunidades locais.

Em resposta a esses obstáculos, diversas medidas foram implementadas pelas equipes técnicas e gestores do PISF. Intervenções estruturais, como o reforço dos diques e reparos emergenciais em canais e reservatórios, foram realizadas para mitigar os problemas identificados. A alocação de recursos financeiros significativos, como o investimento estimado de R\$ 30 milhões para o reforço do Dique Negreiros (Ministério do Desenvolvimento Regional, 2021), evidenciou o comprometimento com a resolução das questões estruturais críticas. Além disso, em dezembro de 2022, foi mencionado que um Termo de Execução Descentralizada (TED) estava sendo firmado com a Universidade Federal de Viçosa para a "elaboração dos projetos de recuperação do Dique Negreiros", com previsão de conclusão em julho de 2023 (Ministério do Desenvolvimento Regional, 2022), indicando a busca por soluções técnicas qualificadas.

A manutenção preventiva e corretiva dos equipamentos eletromecânicos das EBIs foi intensificada, com a substituição de componentes desgastados e a implementação de programas de monitoramento contínuo. A adoção de tecnologias avançadas permitiu o acompanhamento

em tempo real dos parâmetros operacionais, facilitando a identificação precoce de anomalias e a implementação de ações corretivas antes que os problemas se agravassem. Conforme a "Apresentação MIDR" de agosto de 2023, um "sistema automatizado de monitoramento foi implementado na EBI-3, com pontos de monitoramento de 0,5 mm e 1°, realizados a cada 10 minutos" (Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional, 2023). Esse monitoramento sofisticado permitiu a operação contínua do Conjunto MB01 da EBI-3 "24 horas por dia, 7 dias na semana", garantindo a estabilidade operacional necessária.

Consultorias especializadas foram contratadas para fornecer diagnósticos precisos e desenvolver soluções técnicas adequadas. No caso do recalque na EBI-3, por exemplo, consultorias em engenharia estrutural e mecânica foram essenciais para compreender a extensão do problema e propor intervenções eficazes, conforme relatado na "Apresentação MIDR" de fevereiro de 2023. Além disso, ações como a "aplicação de método geofísico por eletrorresistividade para identificar pontos de fuga de água no canal WBS 1219" (Ministério da Integração do Desenvolvimento Regional, 2023) demonstram o uso de técnicas avançadas para solucionar problemas persistentes.

Apesar dos esforços empreendidos, os desafios técnicos enfrentados pelo PISF tiveram impactos significativos na operacionalização do projeto. A redução da capacidade de bombeamento e os atrasos na entrega de água afetaram a confiabilidade do sistema e a percepção pública sobre a eficácia do empreendimento. Além disso, os custos adicionais decorrentes das intervenções emergenciais e manutenções não previstas pressionaram o orçamento do projeto, exigindo reavaliações financeiras e ajustes nos planos de investimento. Por exemplo, as "despesas financeiras em 2021 (até setembro/2021)" totalizaram R\$ 180.381.027,59, com gastos expressivos em "Operação e Manutenção" e "Energia Elétrica" (Ministério do Desenvolvimento Regional, 2021), indicando o peso financeiro das operações e manutenções necessárias.

Esses desafios destacam a importância de uma gestão técnica eficiente e proativa em projetos de grande porte. A experiência acumulada pelo PISF oferece lições valiosas para empreendimentos futuros. A implementação de programas robustos de manutenção preventiva, a adoção de tecnologias avançadas de monitoramento e a flexibilização dos cronogramas para acomodar imprevistos são estratégias essenciais para minimizar os riscos e garantir a sustentabilidade operacional.

Adicionalmente, a comunicação transparente com a sociedade e os *stakeholders* é fundamental para manter a confiança no projeto. Incidentes como o rompimento no Reservatório Jati e os problemas nos diques geraram preocupações legítimas que precisam ser abordadas de forma aberta e responsável. Informar sobre as medidas adotadas, os progressos realizados e os desafios ainda existentes contribui para uma percepção mais equilibrada do empreendimento e reforça o compromisso dos gestores com a segurança e a eficiência. A "Apresentação MDR" de dezembro de 2022 destacou "avanços alcançados em 2021", como a "consolidação dos dados operacionais do PISF no Portal de Dados Operacionais", fornecendo informações sobre níveis dos reservatórios, volumes bombeados e balanço hídrico por trecho (Ministério do Desenvolvimento Regional, 2022), o que contribui para a transparência e prestação de contas.

4.3.1.2 Desafios Administrativos, Institucionais e de Gestão na Operacionalização do PISF

A operacionalização do Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF) não enfrentou apenas desafios técnicos e operacionais; houve também obstáculos administrativos, institucionais e de gestão que impactaram significativamente o andamento e a eficácia do empreendimento. A complexidade inerente à coordenação entre múltiplos órgãos governamentais, o cumprimento de exigências legais e ambientais, além da necessidade de articulação com diversos *stakeholders*, revelou-se um desafio substancial. Esses entraves administrativos e institucionais manifestaram-se em diversas esferas, desde questões relacionadas ao licenciamento ambiental até dificuldades na regularização fundiária e na implementação dos arranjos normativos estabelecidos pela Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH).

Um dos principais desafios enfrentados foi relacionado ao licenciamento ambiental e ao cumprimento das condicionantes estabelecidas. O Eixo Norte do PISF, por exemplo, teve sua Licença de Instalação (LI) nº 1344/2020, que incluía 38 planos e programas ambientais e 62 condicionantes, conforme registrado na "Gestão Ambiental do PISF" (2022). A previsão era de obtenção da Licença de Operação em janeiro de 2022. No entanto, atrasos nesse processo impactaram o cronograma do projeto. Em março de 2023, foi informado que o Eixo Norte havia obtido a Licença de Operação (LO) nº 1660/2022, com 28 planos e programas ambientais e 44 condicionantes (Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional, 2023). Esses atrasos

no licenciamento ambiental não apenas postergaram etapas cruciais do projeto, mas também exigiram adaptações na gestão para cumprir as exigências legais e ambientais.

O cumprimento das condicionantes ambientais é um processo complexo que requer a implementação de uma série de programas e ações para mitigar os impactos ambientais e sociais decorrentes da obra. A necessidade de gerenciar simultaneamente 38 planos e programas ambientais impôs um desafio significativo para as equipes responsáveis. Programas como o de Monitoramento e Recuperação de Áreas Degradadas (PBA-09) e o Programa de Apoio ao Desenvolvimento de Comunidades Indígenas (PBA-12) exigiram recursos financeiros e humanos consideráveis, além de coordenação intersetorial. Os atrasos na obtenção da Licença de Operação podem ser atribuídos, em parte, à complexidade dessas ações e à necessidade de atender a todas as exigências dos órgãos ambientais competentes, como o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA).

A coordenação entre os diversos órgãos governamentais envolvidos no PISF foi outro desafio significativo. O projeto envolve entidades federais, como o Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR), a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), o Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS) e a Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (CODEVASF), além dos governos estaduais e municipais. A necessidade de alinhamento de ações e de comunicação efetiva entre essas instituições revelou-se complexa. Por exemplo, em abril de 2024, foi necessária uma "reunião entre ANA, MIDR e CODEVASF" para tratar da "parada operacional do Eixo Leste" (Ministério do Desenvolvimento Regional, 2024). Posteriormente, em 30 de abril de 2024, realizou-se outra reunião, desta vez incluindo os estados de Pernambuco e Paraíba, para discutir soluções (Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional, 2024). A necessidade de múltiplas reuniões para resolver paradas operacionais indica desafios na gestão integrada e na coordenação interinstitucional.

Esses encontros refletem a complexidade de gerir um projeto que abrange diferentes jurisdições e interesses. As paradas operacionais podem estar relacionadas a problemas técnicos, mas a solução frequentemente depende de decisões administrativas e políticas que requerem consenso entre os diferentes atores. A necessidade de articular as agendas e prioridades de órgãos federais e estaduais, além de gerenciar as expectativas da população afetada, torna o processo decisório mais lento e complexo. Além disso, questões como a alocação de recursos financeiros, a definição de responsabilidades e a gestão de conflitos entre

as partes interessadas exigem habilidades de negociação e liderança por parte dos gestores do projeto.

As questões de desapropriação e regularização fundiária também representaram obstáculos importantes. No Ramal do Salgado, por exemplo, havia "58 propriedades ajuizadas (08 sem imissão na posse e 50 com imissão na posse)" e "35 propriedades em tramitação (já encaminhadas para ajuizamento)" (Ministério do Desenvolvimento Regional, 2024). Essas pendências judiciais retardaram a liberação de áreas necessárias para a continuidade das obras, impactando o cronograma e aumentando os custos. A gestão dessas desapropriações exige não apenas recursos financeiros, mas também capacidade administrativa para conduzir processos jurídicos complexos e negociar com os proprietários afetados.

Vale recordar que a desapropriação de terras para grandes projetos de infraestrutura é frequentemente um processo delicado, que envolve não apenas aspectos legais, mas também sociais e econômicos. A resistência de proprietários em ceder suas terras, disputas sobre valores indenizatórios e questões relacionadas ao reassentamento de famílias podem gerar atrasos significativos. Além disso, a morosidade do sistema judiciário brasileiro em resolver ações de desapropriação contribui para prolongar os entraves. Esses atrasos não apenas prejudicam o cronograma das obras, mas também aumentam os custos, uma vez que as empresas contratadas podem exigir reequilíbrio econômico-financeiro devido às paralisações não previstas.

A implementação dos arranjos normativos previstos na PNRH também enfrentou dificuldades. A instalação e calibração de medidores de vazão, por exemplo, foram desafios recorrentes que impactaram o monitoramento e a gestão dos recursos hídricos. Em abril de 2022, foi reportado que a "calibração dos medidores de vazão das EBIs - Eixo Norte" estava prevista para ocorrer entre março e maio de 2022 (Ministério do Desenvolvimento Regional, 2022). No entanto, problemas técnicos e contratuais atrasaram esse processo. Em setembro de 2022, foi mencionado que "não é possível realizar o estudo proposto" para os medidores de vazão no Rio Piranhas-Açu, levando à necessidade de um aditivo contratual e ajustes no projeto (Ministério do Desenvolvimento Regional, 2022). Essas dificuldades não apenas comprometem o cumprimento das diretrizes da PNRH, que exige o monitoramento adequado das quantidades de água utilizadas, mas também afetam a confiabilidade dos dados necessários para a gestão eficiente dos recursos hídricos.

A falta de medição precisa das vazões impede o controle efetivo do uso da água, dificultando a cobrança pelo uso dos recursos hídricos e a implementação de políticas de gestão

de demanda. Além disso, sem dados confiáveis, torna-se mais difícil avaliar o impacto ambiental do projeto e planejar ações de mitigação. A ausência ou falha nos equipamentos de medição pode levar a disputas entre estados e usuários sobre a quantidade de água efetivamente transferida, comprometendo a governança do sistema hídrico.

A gestão de *stakeholders* e a participação social também apresentaram desafios. O PISF impacta diretamente comunidades locais, incluindo populações indígenas e famílias reassentadas. A "Gestão Ambiental do PISF" (Ministério do Desenvolvimento Regional, 2022) registra que, no Eixo Norte - Meta 1N, 271 famílias foram reassentadas em Vilas Produtivas Rurais (VPRs), e na Meta 2N e 3N, 475 famílias foram reassentadas. O Programa de Apoio ao Desenvolvimento de Comunidades Indígenas (PBA-12) atendeu comunidades como Truká e Tumbalalá. A implementação desses programas requer não apenas recursos financeiros, mas também habilidades de gestão social para assegurar que os direitos dessas populações sejam respeitados e que elas sejam integradas de forma sustentável ao novo contexto. Dificuldades na execução desses programas podem gerar conflitos sociais e atrasar ainda mais o projeto.

Por exemplo, o reassentamento de famílias em VPRs envolve a construção de habitações, infraestrutura básica, e a provisão de meios para subsistência, como terras para cultivo e acesso a água. Se essas ações não forem conduzidas de forma adequada, respeitando as particularidades culturais e sociais das comunidades afetadas, podem surgir descontentamentos e resistências que impactam negativamente o projeto. Além disso, comunidades indígenas possuem direitos específicos garantidos por lei, e a falta de cumprimento desses direitos pode resultar em ações judiciais e embargos.

A necessidade de regularização das ligações de operadores estaduais é outro exemplo de desafio administrativo. Em maio de 2024, estava previsto um "cronograma de regularização das ligações (remoção das irregulares e agendamento para instalação das regulares)" para abril e maio de 2024 (Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional, 2024). A existência de ligações irregulares reflete falhas no controle e na fiscalização, exigindo ações coordenadas entre os órgãos responsáveis para regularizar a situação e garantir a operação adequada do sistema.

As ligações irregulares podem resultar em perdas financeiras para o sistema, comprometendo a sustentabilidade econômica do PISF. Além disso, podem causar desequilíbrios na distribuição de água, afetando usuários legais e prejudicando o planejamento operacional. A regularização dessas ligações requer não apenas ações de fiscalização, mas

também políticas de incentivo para que os usuários se regularizem, como facilidades no processo de adesão e esclarecimento sobre os benefícios da formalização.

Além disso, questões relacionadas à elaboração de editais e contratação de serviços essenciais demonstram desafios na gestão administrativa do projeto. No caso do Ramal do Piancó, a "elaboração edital para Contratação Integrada" estava em andamento, com previsão de publicação apenas para outubro de 2024 (Ministério do Desenvolvimento Regional, 2024). A demora na contratação de serviços críticos pode atrasar ainda mais a execução das obras e comprometer o cumprimento dos prazos estabelecidos.

A contratação integrada é um modelo que busca agilizar os processos, mas sua implementação requer cuidados para assegurar a concorrência e a seleção de empresas qualificadas. A elaboração dos editais deve ser feita com rigor técnico e jurídico, o que pode demandar tempo e recursos. Atrasos nessa etapa inicial têm efeito cascata, impactando todo o cronograma do projeto. Além disso, eventuais impugnações ou questionamentos legais aos editais podem prolongar ainda mais o processo.

Parece importante observar que os eventuais atrasos na entrega de obras e na disponibilização de água para as regiões beneficiadas podem gerar frustração e descrença na capacidade do projeto em atender às demandas. Isso pode resultar em pressão política e social sobre os gestores, além de impactos econômicos negativos nas comunidades que aguardam os benefícios prometidos. Adicionalmente, custos adicionais decorrentes de atrasos, revisões contratuais e necessidade de retrabalho pressionam o orçamento do projeto e podem comprometer a viabilidade financeira.

Para, aparentemente, superar esses desafios, ações governamentais foram implementadas visando melhorar a coordenação interinstitucional e agilizar os processos administrativos. A realização de reuniões entre os órgãos envolvidos, embora indicativa de problemas, também demonstra esforços para resolver as questões. A assinatura de termos de cooperação, como o TED com a Universidade Federal de Viçosa para elaboração de projetos técnicos (Ministério do Desenvolvimento Regional, 2024), é um exemplo de iniciativa para fortalecer a capacidade técnica e acelerar a resolução de problemas.

Além disso, foram realizadas intervenções no sentido de aprimorar a governança do projeto. A implementação do "Portal de Dados Operacionais", mencionado na "Apresentação MDR" de dezembro de 2021, permite maior transparência e acesso às informações sobre os níveis dos reservatórios, volumes bombeados e balanço hídrico por trecho (Ministério do

Desenvolvimento Regional, 2021). Isso contribui para uma gestão mais informada e para o envolvimento dos *stakeholders* no acompanhamento do projeto.

Com base na análise conduzida até este ponto e para facilitar a compreensão e síntese dos principais aspectos discutidos, o quadro (6) sinótico a seguir foi elaborado, reunindo os temas centrais identificados em cada uma das seções desenvolvidas neste capítulo. Esse quadro visa proporcionar uma visão geral das convergências e divergências presentes nos textos, oferecendo um panorama claro sobre a configuração jurídico-institucional, a sustentabilidade econômica, a eficiência operacional e os desafios técnicos enfrentados no PISF.

Quadro 6 – Síntese da interpretação dos arranjos normativos-institucionais

| Temas Principais | Arranjos normativos | CBHSF e CBPPA | Desafios do PISF |
|--|--|--|---|
| Configuração Jurídico-Institucional | Decretos estabelecem a governança do PISF, criando o SGIB e definindo a Codevasf como Operadora Federal, focando na sustentabilidade e gestão integrada. | Atas registram decisões e debates, mostrando a implementação prática das normas e interações entre os atores do PISF. | Desafios na coordenação entre órgãos, atrasos em licenciamentos e necessidade de aprimorar a gestão institucional e governança. |
| Sustentabilidade Econômica e Tarifas | Estrutura tarifária binomial cobre custos operacionais, garantindo viabilidade financeira e incentivando uso eficiente da água. | Limitações orçamentárias afetam manutenção e investimentos, gerando tensões entre estados pela priorização de recursos. | Desafios técnicos elevam custos, exigindo reavaliações financeiras para manter a sustentabilidade econômica do PISF. |
| Planejamento Anual e Flexibilidade | O Plano de Gestão Anual orienta operações, permitindo ajustes conforme necessidades e condições hidrológicas, com participação ampla. | Revisões frequentes de cronogramas devido a desafios operacionais, gerando conflitos entre planejamento e execução. | Atrasos técnicos requerem flexibilização de cronogramas e planejamento adaptativo para continuidade do projeto. |
| Eficiência Operacional e Monitoramento | Gestão de ativos e indicadores de desempenho garantem eficiência nas operações, com responsabilidade da Operadora Federal. | Monitoramento constante das infraestruturas, manutenções preventivas e instalação de medidores de vazão são prioridades. | Problemas técnicos como percolação e falhas nas EBIs exigem monitoramento rigoroso e intervenções especializadas. |
| Conflitos e Gestão Multinível | Arranjos institucionais visam coordenação entre entes, evitando conflitos e assegurando coesão nas ações do PISF. | Conflitos surgem por discrepâncias entre planos e execução, coordenação deficiente e divergências normativas entre atores. | Desafios administrativos impactam eficácia, evidenciando necessidade de melhorar governança e gestão para superar obstáculos. |
| Gestão de Recursos e Investimentos | Tarifas cobrem custos, planejamento financeiro é crucial para sustentabilidade do projeto. | Alocação limitada de recursos, priorização de investimentos causa tensões; equilíbrio entre manutenção e novas obras é necessário. | Atrasos e custos adicionais pressionam orçamento, exigindo ajustes nos investimentos para continuidade do PISF. |
| Desafios Técnicos e Operacionais | Importância de manutenção e monitoramento contínuos para eficiência operacional. | Manutenções em diques e EBIs são essenciais; desafios técnicos discutidos incluem percolação e necessidade de calibrar medidores. | Problemas como percolação em diques, vazamentos e falhas nas EBIs impactam operações; adoção de tecnologias avançadas é necessária. |
| Participação Institucional e Governança | Arranjos jurídicos estabelecem competências e responsabilidades claras, promovendo colaboração. | Demandas por maior transparência e participação nos processos decisórios são evidentes nas atas dos CBHs. | Necessidade de aprimorar gestão de stakeholders e participação social para superar desafios administrativos e institucionais. |

Fonte: Elaboração própria (2024)

A análise sintetizada no quadro evidencia que, apesar de um marco jurídico bem estabelecido, há uma série de dificuldades práticas que comprometem a plena operacionalização do PISF. A implementação enfrenta desafios significativos, como a falta de coordenação entre os diferentes atores institucionais e a necessidade de maior flexibilidade no planejamento,

especialmente diante de atrasos técnicos e custos crescentes. A sustentabilidade econômica também emerge como um ponto de tensão, com limitações orçamentárias impactando a manutenção e os investimentos essenciais para a continuidade do projeto. Por fim, o quadro ressalta a importância de aprimorar a governança e a participação institucional para superar os conflitos existentes e garantir a eficiência operacional e a gestão integrada do PISF, elementos fundamentais para o sucesso a longo prazo do projeto.

4.4 Articulação entre Fundamentos Teóricos e Evidências Empíricas Sobre os Arranjos Normativos-Institucionais

A gestão de recursos hídricos (GRH) apresenta-se como um campo multidisciplinar e complexo, exigindo não apenas uma compreensão profunda dos aspectos técnicos e ambientais, mas também das dimensões socioeconômicas, políticas e institucionais envolvidas. Conforme discutido na fundamentação teórica, a água é um recurso essencial à vida e ao desenvolvimento humano, cuja gestão eficaz depende de arranjos normativos e institucionais robustos, bem como de uma operacionalização eficiente e adaptada aos contextos regionais específicos (Setti *et al.*, 2001; Tundisi; Matsumura-Tundisi, 2014).

O Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF) surge nesse contexto como uma iniciativa de grande envergadura, voltada para mitigar os efeitos da escassez hídrica no Nordeste brasileiro. Ao analisar os resultados empíricos do PISF, é possível estabelecer relações concretas com os conceitos teóricos discutidos, ao mesmo tempo em que emergem desafios que evidenciam tensões entre o idealizado na legislação e a prática de implementação.

A fundamentação teórica enfatiza a necessidade de uma gestão integrada e participativa dos recursos hídricos, pautada em princípios como a bacia hidrográfica como unidade de gestão, a água como bem econômico e a participação efetiva dos *stakeholders* (Setti *et al.*, 2001; Tundisi; Matsumura-Tundisi, 2014). No âmbito do PISF, os arranjos normativos estabelecidos pelos Decretos nº 5.995/2006, nº 8.207/2014 e nº 11.681/2023 buscaram incorporar esses princípios, configurando um sistema de governança complexo que envolve múltiplos órgãos federais e estaduais. O objetivo declarado é "promover a sustentabilidade da operação referente à infraestrutura hídrica" e "garantir a gestão integrada, descentralizada e sustentável dos recursos hídricos disponibilizados" (Brasil, 2006, Art. 1º).

Entretanto, a análise das atas das reuniões do Conselho Gestor do PISF (CGPISF) revela desafios significativos na operacionalização desses arranjos. Os conflitos e divergências na gestão multinível evidenciam tensões entre diferentes níveis de governo e entidades envolvidas, confirmando a complexidade apontada por Tundisi e Matsumura-Tundisi (2014) ao discutirem a dificuldade de integrar comportamentos complexos do ambiente natural com interferências humanas crescentes.

Por exemplo, os frequentes atrasos e revisões nos cronogramas do PISF ilustram uma desconexão entre o planejamento e a realidade operacional. O representante do Ceará solicitou "um cronograma mais realista", apontando para o otimismo excessivo nos prazos estabelecidos e a necessidade de ajustar as expectativas às condições efetivas de implementação (Conselho Gestor do PISF, 2020). Essa situação corrobora a observação de Ajami *et al.* (2008) sobre a importância de compreender e gerenciar as incertezas na GRH, especialmente em projetos de grande escala que envolvem múltiplos *stakeholders*.

Além disso, os conflitos decorrentes da priorização de investimentos e alocação de recursos entre os estados beneficiados pelo PISF refletem desafios inerentes à gestão compartilhada dos recursos hídricos. A teoria reconhece que a alocação justa e equitativa da água é fundamental para evitar conflitos e promover o desenvolvimento sustentável (Kidd; Shaw, 2007; Kharrazi *et al.*, 2016). No entanto, as atas revelam insatisfações, como a expressa pelo representante do Rio Grande do Norte, que lamentou que o estado não tenha recebido água "não por não ter solicitado, mas por não ter sido possível a entrega" (Conselho Gestor do PISF, 2024). Tal situação evidencia a dificuldade de conciliar as demandas regionais com as limitações operacionais e financeiras do projeto.

Os arranjos normativos do PISF mostraram-se eficazes em estabelecer uma estrutura formal para a gestão do projeto, incorporando princípios teóricos essenciais da GRH. A estrutura tarifária definida, por meio da Resolução ANA nº 168/2023, que estabelece uma tarifa binomial composta pela Tarifa de Disponibilidade e Tarifa de Consumo, é um exemplo de aplicação do princípio de que "a água deve ser um bem econômico" (Setti *et al.*, 2001). Essa estrutura busca assegurar a sustentabilidade financeira do projeto, incentivando o uso eficiente da água e garantindo a cobertura dos custos operacionais.

Adicionalmente, a implementação de indicadores de desempenho, conforme a Resolução ANA nº 85/2018, alinha-se com a teoria que destaca a importância do monitoramento e avaliação contínuos na gestão dos recursos hídricos (Tundisi; Matsumura-

Tundisi, 2014). Esses indicadores, que abrangem aspectos como fornecimento de água, qualidade da água, disponibilidade de medição confiável, eficiência energética e perdas totais, fornecem ferramentas essenciais para a gestão adaptativa e transparente do PISF.

Contudo, a eficácia dos arranjos normativos depende intrinsecamente da capacidade das instituições em implementar e operacionalizar as normas estabelecidas. Os desafios operacionais enfrentados pelo PISF, como os problemas técnicos recorrentes nas infraestruturas (percolação nos diques, falhas nas EBIs) e as dificuldades na coordenação interinstitucional, apontam para lacunas na implementação das normas e políticas previstas.

A participação pública e o envolvimento dos *stakeholders* são pilares fundamentais na teoria da GRH (Mashazi *et al.*, 2019; Larson; Lach, 2008). No PISF, apesar de os arranjos institucionais preverem a participação de comitês de bacia e outros órgãos colegiados, a análise das atas dos Comitês de Bacia Hidrográfica revela uma percepção de exclusão e marginalização nas decisões estratégicas.

A "Carta de Penedo", elaborada pelo CBHSF, reivindicava que "nenhuma iniciativa para uso dos recursos hídricos da Bacia do São Francisco para transposição seja adotada antes da aprovação do Plano de Recursos Hídricos da Bacia" (CBHSF, 2003). No entanto, o avanço do projeto sem a devida consideração das deliberações do comitê gerou tensões significativas, evidenciando um distanciamento entre a legislação idealizada e a prática de implementação. Conforme apontado por Carvalho e Magrini (2006), países com históricos limitados de gestão participativa enfrentam desafios na efetivação da participação pública, e o caso do PISF ilustra essa dificuldade.

Essa discrepância entre a previsão legal de participação e a realidade operacional reforça a necessidade de fortalecer os mecanismos de engajamento e comunicação entre as diferentes esferas de governança. A ausência de um diálogo efetivo e a percepção de que decisões são tomadas unilateralmente pelo governo federal minam a confiança nas instituições e podem comprometer a sustentabilidade do projeto a longo prazo.

Os contextos regionais e socioeconômicos exercem uma influência significativa na implementação de projetos de gestão de recursos hídricos (Magalhães Jr., 2017). No PISF, as disparidades regionais, a escassez hídrica crônica e as especificidades socioeconômicas do Nordeste brasileiro adicionam camadas de complexidade à gestão do projeto.

As atas dos comitês de bacia revelam preocupações com a capacidade do PISF em atender às necessidades locais e maximizar os benefícios para as comunidades afetadas. A discussão sobre o "Projeto da terceira entrada do PISF para o rio Piancó (Canal do Piancó), Eixo Norte" (CBHPPA, 2019) evidencia o esforço em adaptar o projeto às demandas regionais, contemplando estudos detalhados das demandas para abastecimento humano, dessedentação animal, irrigação e atividades industriais.

Adicionalmente, os desafios operacionais enfrentados, como os problemas estruturais nos diques e canais, estão intrinsecamente ligados às características geológicas e climáticas da região. A persistência da percolação no Dique Negreiros, por exemplo, reflete não apenas dificuldades técnicas, mas também a necessidade de soluções adaptadas às condições locais. Isso corrobora a teoria que enfatiza a importância de considerar as condições regionais na gestão dos recursos hídricos (Leenhardt *et al.*, 2012).

A teoria sobre governança das águas destaca a importância de mecanismos eficazes de monitoramento, transparência e adaptação contínua (Tundisi; Matsumura-Tundisi, 2014; OCDE, 2015). No PISF, é possível identificar tanto falhas quanto sucessos na operacionalização das normas.

Entre os sucessos, destaca-se a implementação de sistemas de monitoramento avançados nas EBIs, como a "medição de vibração dos motores" e o "levantamento de eletrorresistividade nos canais" (Ministério do Desenvolvimento Regional, 2023). Essas iniciativas demonstram um compromisso com a manutenção preventiva e a identificação precoce de problemas, alinhando-se com as melhores práticas recomendadas na literatura (Silva; Hornberger, 2019).

Contudo, as falhas são evidentes nos atrasos na manutenção e recuperação das infraestruturas, na dificuldade em cumprir as condicionantes ambientais e na falta de medidores de vazão confiáveis. A demora na obtenção da Licença de Operação (LO) e os atrasos na implementação de programas ambientais refletem deficiências na capacidade institucional de cumprir as exigências legais e regulatórias, conforme discutido por Andrade Santana *et al.* (2019).

Além disso, os desafios administrativos e de gestão, como a coordenação interinstitucional insuficiente e a falta de clareza na atribuição de responsabilidades, comprometeram a eficácia operacional do PISF. As dificuldades em regularizar ligações irregulares e em estabelecer cronogramas realistas indicam falhas na governança do projeto,

destacando a necessidade de aprimoramentos na gestão integrada e na comunicação entre os atores envolvidos.

A análise dos dados disponíveis permite aprofundar a compreensão das dinâmicas envolvidas na implementação do PISF. A partir dos desafios operacionais e administrativos identificados, é possível estabelecer conexões com a teoria sobre a importância da governança adaptativa e da gestão de incertezas na GRH.

Os problemas técnicos recorrentes, como a percolação nos diques e falhas nas EBIs, ressaltam a necessidade de uma gestão adaptativa que seja capaz de responder rapidamente a imprevistos e ajustar as estratégias conforme necessário. Conforme destacado por Archibald e Marshall (2018), a incerteza é um fator presente em quase todos os aspectos do gerenciamento de recursos hídricos, e a capacidade de adaptação é crucial para o sucesso dos empreendimentos.

Além disso, os conflitos e divergências na gestão multinível evidenciam a importância de mecanismos de governança que promovam a cooperação e a coordenação entre os diferentes níveis de governo e instituições. A teoria sugere que a clareza na atribuição de responsabilidades e a comunicação efetiva são fundamentais para evitar conflitos e promover uma gestão eficaz (OCDE, 2015; Tundisi; Matsumura-Tundisi, 2014).

Os desafios administrativos e institucionais, como os atrasos no licenciamento ambiental e as dificuldades na regularização fundiária, refletem a complexidade de operacionalizar políticas públicas em contextos socioeconômicos desafiadores. Isso corrobora a observação de Beall *et al.* (2011) sobre a necessidade de as práticas de gestão de recursos hídricos evoluírem para acompanhar os novos contextos sociais, econômicos e ecológicos.

As tensões entre o idealizado na legislação e a prática de implementação apontam para a necessidade de aprimorar os mecanismos de governança, fortalecendo a coordenação interinstitucional, a participação efetiva dos *stakeholders* e a capacidade adaptativa das instituições envolvidas. Além disso, a influência dos contextos regionais e socioeconômicos reforça a importância de adaptar as estratégias de gestão às especificidades locais, promovendo soluções integradas que considerem as realidades ambientais, sociais e econômicas das regiões afetadas.

4.5 Medidas Conjunturais Governamentais na Gestão do PISF – Eixo Norte

A presente seção de resultados apresenta, de forma interpretativa e crítica, as medidas conjunturais adotadas no contexto da gestão do Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF) – Eixo Norte. Tais medidas foram organizadas em cinco grupos temáticos, que representam diferentes dimensões do processo de operação, manutenção e gestão desse sistema de transferência hídrica.

O primeiro grupo trata das Medidas de Infraestrutura e Engenharia, com foco nas ações de manutenção corretiva e intervenções estruturais. O segundo grupo, Medidas de Planejamento e Alocação de Recursos Hídricos, aborda as estratégias de planejamento técnico para a distribuição de água entre os estados beneficiados e as adaptações feitas para lidar com limitações operacionais. Já o terceiro grupo, Medidas de Monitoramento e Segurança, destaca as políticas e ações voltadas para a proteção das barragens e canais. O quarto grupo, Medidas de Manutenção e Conservação, concentra-se nas atividades preventivas e corretivas para manter o funcionamento eficiente e contínuo do PISF. Finalmente, o quinto grupo, Medidas de Operação e Gestão de Recursos, explora as políticas de gestão de energia, controle de custos e distribuição de volumes de água entre os estados. Procurou-se estruturar a análise de maneira a permitir uma compreensão detalhada e crítica de cada grupo, destacando a importância de cada conjunto de medidas na operação geral do PISF.

4.5.1 Medidas de Infraestrutura e Engenharia

Na análise do primeiro grupo, referente às medidas de infraestrutura e engenharia, é possível observar uma série de intervenções destinadas a garantir a operacionalidade contínua do sistema de transferência hídrica. As medidas aqui contempladas se concentram em ações corretivas e preventivas direcionadas a diversas infraestruturas críticas, tais como canais, estações de bombeamento, barragens e drenagens. A natureza dessas intervenções revela não apenas a dimensão técnica envolvida, mas também a necessidade de uma gestão robusta para assegurar a longevidade e eficiência do sistema em meio aos desafios climáticos e de operação.

Um aspecto crítico que se destaca é a manutenção da integridade física das infraestruturas, como evidenciado pelo reparo de trincas nos canais CN10 e CN14. A ação de

correção em estruturas como essas é importante para evitar comprometimentos estruturais que poderiam resultar em interrupções significativas no fornecimento de água. A degradação física de canais, especialmente aqueles de concreto, é um risco iminente em sistemas de larga escala como o PISF, onde o transporte contínuo de água em volumes elevados exerce grande pressão nas paredes dos canais. Ao abordar essas falhas com reparos regulares, como os descritos na transcrição "Reparo de trincas em placas dos canais CN10 e CN14" (Ministério do Desenvolvimento Regional, 2022), o PISF adota uma abordagem que pode não apenas mitigar danos existentes, mas também prevenir o agravamento de problemas estruturais que poderiam ter impactos de longo alcance na operação do sistema.

A recuperação do Conduto Forçado de Jati (Eixo Norte) é outra medida que merece atenção especial. Essa ação, repetidamente mencionada nos documentos analisados, destaca-se tanto pela urgência quanto pela criticidade da sua execução. A estrutura de alta pressão da Barragem de Jati, localizada no Eixo Norte, desempenha um papel central no transporte de água entre reservatórios. Sua recuperação é, portanto, imperativa para o funcionamento adequado do sistema. A menção à recuperação de condutos forçados revela não apenas um esforço de manutenção, mas também a complexidade técnica envolvida na preservação de componentes que operam sob grande pressão hidráulica. A necessidade de intervenções constantes nesse tipo de infraestrutura reflete as demandas impostas pela operação contínua de um sistema altamente dinâmico.

Outra dimensão importante no conjunto de medidas de infraestrutura é a manutenção das estações de bombeamento, como evidenciado pela "Manutenção preventiva e corretiva nas estações de bombeamento EBI-01, EBI-02 e EBI-03" (Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional, 2024). As estações de bombeamento são o coração do PISF, responsáveis por impulsionar a água através de trechos longos e elevados, superando diferenças topográficas significativas. A manutenção dessas estações é uma operação complexa que envolve tanto a inspeção regular de componentes críticos, como refletores e cabos, quanto a intervenção em situações de falha. A combinação de manutenções corretivas e preventivas é, assim, um indicativo de uma abordagem operacional que busca antecipar problemas.

Além disso, as intervenções relacionadas à drenagem são particularmente notáveis no contexto da segurança das barragens. A execução de drenagem de jusante no Reservatório Serra do Livramento (Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional, 2024) e a recomposição de enrocamento em talude são exemplos claros de medidas que visam prevenir erosões e manter a estabilidade das estruturas. Essas ações se mostram relevantes no cenário do

semiárido nordestino, onde eventos climáticos extremos, como chuvas intensas, podem causar danos severos às barragens se não houver um sistema de drenagem adequado. Assim, essas intervenções demonstram a importância de se adotar uma visão integrada da manutenção de barragens e reservatórios, garantindo que a segurança estrutural seja priorizada tanto quanto a eficiência do transporte de água.

O grupo de medidas também contempla ações voltadas para o saneamento de restrições operacionais, como é o caso da restrição de operação na EBI-3 (Ofício nº 843/2023), que poderia comprometer a continuidade do sistema (CODEVASF, 2023). Saneamentos desse tipo são fundamentais para a recuperação da capacidade operacional e refletem a constante necessidade de ajustes finos em um sistema que opera em larga escala e com múltiplas variáveis. Adicionalmente, intervenções como a "Supressão de vegetação e limpeza em áreas antropizadas" (Ministério do Desenvolvimento Regional, 2024) também apontam para a relevância do controle ambiental e da manutenção de áreas críticas para evitar obstruções ou danos causados por vegetação invasora.

Por fim, a análise das intervenções na fundação do Dique Negreiros (Eixo Norte) (Ofício nº 843/2023) reflete uma preocupação com a integridade de estruturas que, se não devidamente mantidas, podem representar um ponto de falha catastrófico no sistema (CODEVASF, 2023). Em síntese, as medidas de infraestrutura e engenharia implementadas no PISF evidenciam uma combinação de manutenção corretiva e ações preventivas, que não apenas buscam a operação contínua do sistema, mas também proteger contra falhas maiores que poderiam comprometer a segurança hídrica de milhões de pessoas. O foco crítico dessa análise aponta para a necessidade de se ampliar a visão de gestão para incluir não apenas a manutenção das infraestruturas físicas, mas também o monitoramento contínuo e a antecipação de riscos, garantindo, assim, a resiliência do sistema frente às adversidades climáticas e operacionais que ele enfrenta.

4.5.2 Medidas de Planejamento e Alocação de Recursos Hídricos

Por sua vez, as medidas de planejamento e alocação de recursos hídricos desempenham um papel de igual relevância no funcionamento do Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF). Essas medidas envolvem uma série de ações coordenadas que visam garantir a distribuição eficiente de água, equilibrando as demandas dos estados atendidos e as limitações operacionais do sistema. A complexidade do PISF exige uma abordagem adaptativa e flexível,

que responda tanto às variáveis sazonais quanto às condições imprevistas de infraestrutura e operação. Assim, o planejamento cuidadoso da alocação de recursos hídricos e a estruturação de mecanismos de ajuste tornam-se cruciais para garantir a continuidade do abastecimento.

Um dos principais aspectos observados no planejamento hídrico do PISF é a revisão das vazões solicitadas pelos estados, exemplificada na medida em que estabelece ajustes no Plano Operacional Anual (POA) de 2024, conforme descrito na transcrição: “Revisão das vazões solicitadas pelos estados para o POA de 2024, com ajustes em virtude das limitações operacionais no Eixo Norte” (Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional, 2023). Essa revisão destaca a necessidade de adaptação constante no sistema, considerando as limitações infraestruturais e operacionais.

Vale destacar que o Eixo Norte, que possui um papel crucial na entrega de água a vários estados, enfrenta constantemente desafios operacionais que impactam a sua capacidade de fornecer as vazões inicialmente previstas. A revisão das vazões, portanto, surge como uma medida de mitigação de riscos, adaptando a quantidade de água disponibilizada às capacidades reais do sistema, sem comprometer o abastecimento dos estados prioritários. Contudo, embora seja uma medida necessária, pode gerar tensões entre os estados, especialmente aqueles que possuem maior dependência do fornecimento hídrico do PISF em períodos críticos de escassez. A decisão de ajustar as vazões, se mal gerida, pode potencializar disputas sobre o uso equitativo da água, especialmente em contextos de escassez prolongada.

Outro mecanismo fundamental para a operacionalização eficiente do PISF é o plano de bombeamento para compensar volumes não atendidos. O PISF, ao lidar com sistemas complexos de infraestruturas de bombeamento e canais, muitas vezes precisa responder a falhas ou indisponibilidades temporárias de operação. A medida que permite o acionamento dos conjuntos motor-bombas a qualquer momento, conforme descrito no Ofício N° 742/2020 (CODEVASF, 2020), é uma estratégia crucial para assegurar a continuidade da distribuição de água mesmo quando ocorrem interrupções operacionais. Este mecanismo de compensação de volumes não atendidos, no entanto, também implica desafios significativos. O aumento da frequência no acionamento das bombas para compensar *déficits* de vazão acarreta um custo operacional elevado, principalmente devido ao consumo de energia. No longo prazo, essa prática pode afetar a sustentabilidade financeira do projeto, exigindo que a gestão do PISF equilibre com precisão a necessidade de manter o abastecimento contínuo e a contenção de custos operacionais. Aqui, evidencia-se uma vulnerabilidade do PISF: a operação depende

fortemente da eficiência energética e do gerenciamento de contingências, o que exige um monitoramento constante e um planejamento detalhado para evitar falhas sistêmicas.

Dentro dessa lógica de planejamento, emerge a questão da cobertura de custos pela União em caso de falta de demanda. A transcrição que aborda este ponto: "A diferença de 3,63 m³/s dos valores a serem pagos pelos Estados será devida pela União, em virtude da impossibilidade de recebimento do volume total previsto" (Nota Técnica N° 2/2019) (ANA 2019), evidencia uma interseção crítica entre o planejamento hídrico e a sustentabilidade financeira do PISF. Essa medida reflete o papel central do governo federal em garantir a viabilidade econômica do projeto, assegurando que, mesmo quando os estados não demandam toda a vazão disponível, os custos operacionais fixos do sistema ainda sejam cobertos. Este subsídio estatal evita que o projeto acumule *déficits* que poderiam comprometer sua operação em longo prazo. No entanto, ao mesmo tempo, a cobertura de custos pela União levanta questões sobre a eficiência econômica do PISF. Se o projeto depende de constantes intervenções federais para cobrir lacunas na demanda, surge a necessidade de discutir se o modelo de alocação de recursos e financiamento do PISF é sustentável. Esse cenário sublinha a importância de uma revisão periódica das políticas tarifárias e dos mecanismos de rateio de custos, buscando um equilíbrio entre a demanda hídrica e os custos operacionais.

O rateio dos custos fixos entre estados e a União, detalhado no Ofício N° 742/2020 (CODEVASF, 2020), complementa a questão da cobertura de custos. O modelo de rateio proposto divide os custos fixos do projeto proporcionalmente à vazão disponibilizada a cada estado, enquanto os custos variáveis são atrelados à quantidade de água efetivamente consumida. Essa medida é, em princípio, uma tentativa de criar um sistema justo e equitativo de financiamento. No entanto, como mencionado anteriormente, as oscilações na demanda hídrica e as limitações operacionais podem criar descompassos entre o que foi planejado e o que é entregue. Nesses casos, os estados que demandam menos água podem sentir-se prejudicados por um modelo de rateio que não reflete de maneira adequada a sua participação no uso do sistema. Além disso, a divisão de custos fixos também gera discussões sobre a responsabilidade compartilhada pela operação do PISF e o papel da União em subsidiar o projeto em momentos de baixa demanda.

A liberação controlada de água entre os estados é outra medida central no planejamento e gestão dos recursos hídricos no PISF. A alocação dos volumes liberados para Pernambuco, Ceará e Paraíba, descrita na Apresentação MIDR II - Agosto 2024, exemplifica como a distribuição de água é regulada para atender às necessidades específicas de cada estado, sem

comprometer o fornecimento dos demais (Ministério do Desenvolvimento Regional, 2024). A necessidade de controle rigoroso na liberação de água decorre de um contexto de escassez crescente e de limitações operacionais que impõem restrições ao volume que pode ser distribuído. Essa medida reflete, portanto, uma abordagem estratégica para garantir que os recursos hídricos disponíveis sejam distribuídos de forma justa e eficiente. No entanto, esse controle sobre a liberação de água também traz desafios de ordem política, visto que cada estado tem suas próprias necessidades e pressões locais.

Finalmente, a instalação de reatores na Subestação N1 (Ofício nº 843/2023) é uma medida de caráter técnico que busca otimizar a eficiência energética do sistema. A instalação de reatores e outros componentes eletromecânicos visa garantir que a operação do PISF se mantenha estável e eficiente, com o mínimo possível de interrupções. Embora seja uma medida voltada para o aumento da eficiência operacional, a instalação desses equipamentos também revela a complexidade do sistema de bombeamento e a interdependência entre os componentes infraestruturais e as demandas hídricas. Em um sistema tão extenso e de alta demanda energética como o PISF, a eficiência energética não é apenas uma questão de otimização técnica, mas também de viabilidade econômica, uma vez que o custo da energia representa uma parcela significativa dos custos operacionais totais.

4.5.3 Medidas de Monitoramento e Segurança

As medidas de monitoramento e segurança no contexto do Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF) são de suma importância para garantir a integridade das infraestruturas e a segurança das populações circunvizinhas. A operação contínua e eficiente do PISF depende de uma estrutura robusta de monitoramento e de uma política de segurança que abrange desde o controle das condições físicas das barragens e canais até a preparação das comunidades locais para situações de risco. Essas medidas, preventivas e corretivas, podem refletir uma abordagem técnica e social integrada, cujo foco estaria na antecipação de falhas e na mitigação de riscos, essenciais para a sustentabilidade de longo prazo do projeto.

Um dos exemplos mais significativos dessa abordagem é a realização de simulados de emergência nas zonas de auto salvamento (ZAS) das barragens Boi I, Negreiros, Jati e outras. Conforme mencionado na Reunião de Acompanhamento de Implementação do PISF em

setembro de 2023, essa medida não apenas avalia a capacidade das barragens e canais de lidar com emergências, mas também educa e prepara as comunidades locais para responder a eventuais falhas nas estruturas (Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional, 2023). A transcrição explica que a medida envolve "a realização de simulados de emergência nas zonas de auto salvamento das barragens Boi I, Negreiros, Jati, e outras. Monitoramento e inspeção em 16 barragens e canais, com 1.149 instrumentos instalados e 89.000 leituras realizadas" (Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional, 2023). O uso intensivo de monitoramento instrumentalizado, com mais de 1.149 dispositivos instalados, evidencia a dimensão preventiva dessas ações, permitindo a detecção de problemas antes que eles causem danos maiores. Além disso, a realização de mais de 89.000 leituras demonstra um compromisso com a precisão no acompanhamento das condições operacionais, o que minimiza os riscos de colapso estrutural.

No mesmo sentido, os simulados de evacuação e testes de sinalização de alerta na Barragem Boa Vista são outra medida relevante. Essa prática, descrita no documento "Pisfmidr110120242", assegura que as populações locais estejam preparadas para agir rapidamente em caso de falhas nas barragens. A transcrição detalha que houve a "execução de simulado de evacuação e testes de equipamentos de sinalização de alerta na Barragem Boa Vista" (Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional, 2024). A implementação de equipamentos de sinalização adequados é interessante para garantir que as respostas em cenários de emergência sejam ágeis e coordenadas, evitando danos maiores à infraestrutura e às comunidades. O foco aqui não é meramente tecnológico, mas também humano, uma vez que envolve o treinamento das comunidades para lidar com situações de risco de maneira eficiente, garantindo uma cultura de prevenção ao redor das operações do PISF.

Ainda, o teste de vida em piezômetros e a recomposição da proteção granular no dique de Tucutu ilustram a importância das intervenções técnicas e preventivas nas barragens e diques do sistema. Relatado no documento MIDR de outubro de 2023 ["Teste de vida em piezômetros e recomposição da proteção granular no dique de Tucutu" (Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional, 2023)], esse procedimento é importante para monitorar a integridade das estruturas e evitar falhas catastróficas. Os piezômetros, que medem a pressão da água dentro das barragens, são instrumentos críticos para a detecção precoce de vazamentos ou instabilidades. A recomposição da proteção granular nos diques visa proteger os taludes de processos erosivos que poderiam comprometer a estabilidade das barragens. Esses

procedimentos podem vir a garantir que as estruturas suportem as pressões hidrostáticas impostas ao longo do tempo, mitigando riscos e assegurando a continuidade operacional.

A instalação de sirenes e sistemas de alarme em reservatórios é outra medida de segurança complementar que visa garantir uma resposta rápida em caso de emergências. Essa medida, descrita na Reunião de Acompanhamento de setembro de 2023, envolve tanto a instalação de sirenes de emergência quanto a melhoria das linhas de transmissão associadas. Conforme destacado, houve a "Instalação de sirenes de emergência na área do reservatório Ipojuca (PAE). Substituição de fusíveis e instalação de sinalização aérea em linhas de transmissão" (Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional, 2023). Esses sistemas de alerta são críticos para a segurança das populações locais, uma vez que notificam de forma rápida e eficiente quando há necessidade de evacuação ou de ações emergenciais.

Da mesma maneira, as inspeções regulares nas estruturas críticas dos reservatórios do Eixo Norte são igualmente importantes para a segurança do PISF. Conforme relatado na Apresentação MIDR II de agosto de 2024, a "Segurança de Barragens e Canais: Inspeções de segurança regular em estruturas críticas dos reservatórios do Eixo Norte" (Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional, 2024) é uma ação destacável para detectar defeitos estruturais antes que se tornem ameaças à integridade do sistema. A realização frequente dessas inspeções contribui para a criação de uma base de dados sólida sobre as condições das barragens e canais, permitindo à gestão do PISF antecipar potenciais problemas e planejar manutenções de maneira eficiente. Essa abordagem preventiva reduz significativamente o risco de falhas inesperadas, assegurando que as estruturas preservem sua capacidade operacional ao longo do tempo.

A operação parcialmente manual do PISF, conforme destacado no Ofício N° 742/2020, revela um aspecto crucial da gestão de segurança e monitoramento. Essa abordagem permite que o sistema continue funcionando de maneira adaptativa, mesmo diante das limitações das soluções automatizadas. Segundo o documento, "No exercício de 2021, a operação do PISF será parcialmente realizada de forma manual, o que se caracteriza por contemplar alguns tipos de intervenções na infraestrutura eletromecânica realizados localmente por equipes em campo" (Ofício N° 742/2020). A combinação entre automação e operação manual busca assegurar que eventuais falhas não interrompam completamente o fornecimento de água, permitindo que as equipes técnicas realizem reparos ou ajustes localizados sem comprometer o funcionamento integral do sistema.

Por fim, o plano de bombeamento para compensar indisponibilidades é uma estratégia essencial para assegurar a continuidade da operação do PISF, mesmo em cenários de falha parcial. Conforme descrito, "A Operadora Federal poderá acionar os conjuntos motor-bombas a qualquer momento, para compensar eventuais indisponibilidades ou volumes não atendidos" (Ofício nº 902/2022 – Seção 5.4) (CODEVASF, 2022) – medida que evidencia certa flexibilidade do sistema de bombeamento, permitindo uma rápida adaptação para responder a variações nas demandas ou falhas operacionais.

De forma geral, as medidas de monitoramento e segurança adotadas pelo PISF evidenciam uma abordagem multifacetada e preventiva, que busca mitigar os riscos operacionais enquanto assegura a proteção das infraestruturas e das comunidades afetadas. A combinação de tecnologias de monitoramento em tempo real, operações manuais adaptativas e o treinamento das populações locais cria uma rede de proteção que reforça a resiliência do sistema.

4.5.4 Medidas de Manutenção e Conservação

Em termos de manutenção e conservação adotadas no âmbito do Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF), cabe reafirmar que a manutenção regular, tanto corretiva quanto preventiva, é fundamental para evitar interrupções no fornecimento de água, garantir a integridade física das estruturas e mitigar os efeitos do desgaste natural, especialmente em um sistema de grande escala e complexidade como o PISF. Estas ações de manutenção e conservação visam também otimizar a eficiência do sistema, reduzindo os custos operacionais associados a falhas técnicas e ao envelhecimento das infraestruturas.

Um exemplo significativo de manutenção corretiva no PISF é a execução de reparos no anel coletor da MB-02 da EBI-2, uma medida necessária para assegurar o funcionamento contínuo e eficiente das estações de bombeamento, que são o coração do sistema. A "Execução de manutenção corretiva no anel coletor da MB-02 da EBI-2" (Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional, 2024) é particularmente crítica em situações onde os componentes apresentam falhas que não podem ser prevenidas ou antecipadas por monitoramento regular. O reparo nesse componente demonstra a capacidade do PISF de responder rapidamente a problemas técnicos, minimizando o impacto das falhas na operação do sistema. No entanto, essa dependência de reparos corretivos também evidencia a importância de uma estratégia de

manutenção preventiva mais robusta, que poderia reduzir a necessidade de intervenções emergenciais, gerando maior estabilidade operacional e menores custos em longo prazo.

Nesse contexto, a manutenção e inspeção eletromecânica nas estações de bombeamento, relatada no documento MIDR de janeiro de 2024, é outro pilar fundamental das medidas de conservação do sistema. A ação descrita como "Manutenção e inspeção eletromecânica nas estações de bombeamento, incluindo a instalação de placas de identificação nas passagens molhadas" (Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional, 2024) ilustra a natureza multidimensional das atividades de manutenção, que envolvem tanto a inspeção de componentes eletromecânicos quanto melhorias operacionais, como a identificação de pontos críticos. O cuidado com a manutenção eletromecânica é vital para garantir a eficiência das estações de bombeamento, que dependem de sistemas automatizados e manuais para operar de forma contínua. O uso de tecnologias de inspeção e de componentes de alta durabilidade contribui para prolongar a vida útil dos equipamentos e reduzir os riscos de falhas inesperadas.

Outro exemplo relevante é o reparo de trincas de concreto no segmento do Canal CN14, descrito no documento de março de 2024. O "Reparo de trincas de concreto no segmento de Canal CN14 e recomposição de enrocamento no Reservatório Terra Nova" (Ministério do Desenvolvimento Regional, 2024) é uma medida importante, já que trincas em infraestruturas de concreto representam um risco significativo, podendo acelerar a degradação das estruturas e aumentar o risco de vazamentos e falhas operacionais. O reparo dessas trincas indica compromisso do PISF com a integridade estrutural de seus canais, que são responsáveis por transportar grandes volumes de água. Além disso, a recomposição do enrocamento no reservatório é uma medida preventiva importante, pois protege os taludes contra a erosão, que poderia comprometer tanto a capacidade de armazenamento quanto a estabilidade física das barragens e reservatórios.

Por outro lado, a limpeza de vegetação e a proteção mecânica nas estruturas de canais são medidas preventivas que buscam garantir o funcionamento contínuo das infraestruturas do PISF. A "Manutenção Civil e Conservação: Limpeza de vegetação aquática e proteção mecânica em *Stop-Logs*" (Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional, 2024) é fundamental, uma vez que o crescimento de vegetação aquática em canais pode causar bloqueios, reduzir a eficiência do fluxo de água e aumentar o risco de danos estruturais. A remoção regular dessas obstruções assegura o pleno funcionamento dos canais. Além disso, a proteção mecânica nos *Stop-Logs*, componentes utilizados para controlar o fluxo de água, é crucial para prevenir danos durante operações de manutenção ou em períodos de carga

excessiva. A combinação dessas medidas de manutenção civil e intervenções mecânicas garante que o sistema de canais mantenha sua funcionalidade ideal, mesmo sob condições adversas.

As medidas de manutenção preventiva e corretiva nas estações de bombeamento EBI-01, EBI-02 e EBI-03, descritas no documento “PISFMIDR110120242”, reforçam a importância de uma estratégia de manutenção abrangente para a operação contínua do PISF. A "Manutenção preventiva e corretiva nas estações de bombeamento EBI-01, EBI-02 e EBI-03, incluindo inspeção e adequação de cabos dos refletores da MB-01" (Ministério do da Integração e Desenvolvimento Regional, 2024) ilustra essa abordagem, com foco tanto na prevenção de falhas através da substituição ou reparo de componentes desgastados, quanto na resposta a problemas detectados durante a operação. A inclusão de inspeções detalhadas, como a dos cabos dos refletores, demonstra um cuidado minucioso com todos os componentes críticos do sistema. Essa estratégia, se bem implementada, pode permitir que o PISF mantenha altos níveis de eficiência e minimiza a necessidade de intervenções emergenciais, que são mais dispendiosas e disruptivas para a operação.

A análise dessas medidas revela que o PISF adota uma abordagem equilibrada entre ações corretivas e preventivas, com uma ênfase crescente na necessidade de expandir o escopo das inspeções e da conservação preventiva. Embora as medidas corretivas sejam necessárias para responder a falhas operacionais, a prevenção é claramente a chave para garantir a sustentabilidade do sistema a longo prazo. No entanto, as medidas preventivas precisam ser constantemente aprimoradas para reduzir a frequência e a gravidade das falhas corretivas, garantindo assim uma maior confiabilidade e eficiência operacional.

4.5.5 Medidas de Operação e Gestão de Recursos

O gerenciamento da operação do PISF (Eixo Norte) envolve não apenas o controle de volumes de água bombeados e entregues, mas também uma articulação sofisticada de suporte financeiro e energético, buscando assegurar que os recursos hídricos sejam distribuídos de forma justa entre os estados beneficiados. As ações neste grupo revelam a complexidade envolvida na coordenação entre diferentes esferas governamentais e operacionais, refletindo tanto a dimensão técnica quanto a financeira da operação do PISF.

Um dos principais elementos de gestão é o controle dos volumes bombeados no Eixo Norte, conforme evidenciado pela transcrição "Volumes bombeados – Eixo Norte (até 30/01):

Total de 66.451.400 m³" (Ministério do Desenvolvimento Regional, 2024). A gestão dos volumes de água bombeados é uma tarefa que demanda constante monitoramento e ajustes dinâmicos, dado que as demandas hídricas variam ao longo do ano, e as condições operacionais podem ser afetadas por fatores como falhas técnicas e restrições energéticas. A capacidade de adaptar rapidamente o volume bombeado às necessidades dos estados beneficiados é uma prova da flexibilidade e da eficiência da gestão do PISF, mas também expõe a vulnerabilidade do sistema a problemas operacionais inesperados.

Em termos de logística hídrica, a autonomia nos pontos de entrega reflete uma estratégia de planejamento que busca garantir a continuidade do fornecimento de água mesmo diante de variações operacionais ou limitações momentâneas. A autonomia citada no trecho "Autonomia nos pontos de entrega [...] CE02N - TUD Porcos = Suficiente para 2024" (Ministério do Desenvolvimento Regional, 2024) sugere que, pelo menos em algumas regiões, a operação do PISF é planejada com reservas suficientes para evitar interrupções no abastecimento. Essa segurança hídrica em pontos críticos é fundamental para a resiliência do sistema, pois permite uma margem de manobra para lidar com falhas operacionais temporárias sem comprometer o fornecimento aos estados beneficiados. No entanto, essa autonomia deve ser mantida por uma gestão contínua e vigilante, que equilibre as demandas de curto prazo com a necessidade de sustentabilidade a longo prazo.

A questão financeira também é crucial para o funcionamento do PISF, e o rateio de custos e o suporte da União são elementos-chave para manter a viabilidade econômica do projeto. A transcrição "A diferença entre os valores a serem pagos pelos estados que estiverem em operação comercial e o valor necessário à Operadora Federal para executar o serviço de adução de água bruta do empreendimento, no ano de 2024, será assumida pela União" (Ofício nº 843/2023) reflete o compromisso do governo federal em subsidiar o funcionamento do sistema quando os estados não conseguem arcar com os custos totais. Como já destacado anteriormente, isso pode garantir que o PISF continue operando mesmo em cenários de desequilíbrio financeiro, mas também levanta questões sobre a sustentabilidade dessa abordagem a longo prazo. Dependência de subsídios pode limitar a capacidade de adaptação e inovação do projeto, e o modelo financeiro pode precisar de ajustes para garantir que a operação seja economicamente viável sem a necessidade constante de intervenções federais.

Por sua vez, a alocação de água entre os estados beneficiados é outro aspecto central da gestão do PISF. A transcrição "Liberação de água: Pernambuco - 41 m³, Ceará - 16 m³, Paraíba - 57 m³ (ano de 2024)" (Ministério do Desenvolvimento Regional, 2024) destaca a

complexidade de distribuir recursos hídricos de forma equitativa entre os estados atendidos pelo PISF. Cada estado tem necessidades hídricas distintas, e a distribuição de água deve ser cuidadosamente planejada para garantir que todos recebam volumes adequados sem comprometer o abastecimento geral. Essa liberação controlada exige um planejamento detalhado, que leve em consideração não apenas as necessidades atuais, mas também os impactos climáticos, as demandas sazonais e as limitações do sistema de bombeamento. A coordenação entre os estados e o governo federal é essencial para evitar disputas sobre o uso da água e assegurar que o recurso seja distribuído de maneira justa e eficiente.

Outro elemento essencial na gestão do PISF é a contratação de energia complementar, uma medida crítica para garantir que o sistema de bombeamento funcione sem interrupções, mesmo em cenários de maior demanda energética. A transcrição "A Operadora Federal poderá, a qualquer tempo, realizar novas contratações de energia elétrica para completar consumo não lastreado em contratos" (Ofício N° 742/2020) revela uma estratégia flexível para lidar com as flutuações no consumo de energia, que pode variar significativamente ao longo do ano. A energia elétrica é um dos maiores custos operacionais do PISF, e a contratação complementar de energia permite que o sistema continue operando em momentos de alta demanda, evitando paralisações. No entanto, essa flexibilidade vem com um custo, pois contratações emergenciais de energia podem elevar os custos operacionais, impactando o orçamento do projeto e a sua viabilidade financeira.

A compensação de volumes não atendidos é outra estratégia adicional que reflete a flexibilidade operacional do PISF. A transcrição "A Operadora Federal poderá acionar os conjuntos motor-bombas a qualquer momento, nos dias em que não houver horário de ponta, para compensar eventuais indisponibilidades ou volumes não atendidos" (Ofício N° 742/2020 – Seção 5.4) ilustra a capacidade do PISF de ajustar sua operação para lidar com falhas ou interrupções temporárias no fornecimento de água. Essa medida pode assegurar que as falhas pontuais não resultem em perdas significativas de abastecimento, o que seria importante para manter a confiança dos estados beneficiados e assegurar que as necessidades hídricas sejam atendidas. Contudo, a frequência com que esses mecanismos de compensação são acionados pode impactar a eficiência energética e aumentar os custos operacionais.

Em resumo, as medidas conjunturais de operação e gestão de recursos no PISF refletem um esforço aparentemente coordenado para garantir que a água seja distribuída de maneira eficiente e equitativa entre os estados beneficiados, enquanto se mantém a viabilidade econômica e energética do projeto. A combinação de estratégias de bombeamento,

planejamento financeiro e gestão de energia evidencia a complexidade de operar um sistema de integração hídrica dessa magnitude. No entanto, os desafios permanecem, especialmente em termos de controle de custos e de sustentabilidade operacional a longo prazo.

O quadro 7, a seguir, sintetiza as principais medidas conjunturais implementadas no Eixo Norte do Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF), organizadas por grupos temáticos que abrangem desde infraestrutura e engenharia até operação e gestão de recursos. Cada grupo destaca ações específicas que foram adotadas para garantir a funcionalidade do sistema, a segurança das infraestruturas e a alocação eficiente dos recursos hídricos. Essas medidas refletem a complexidade e a robustez das estratégias de gestão envolvidas na operação do PISF, bem como o esforço contínuo para mitigar os desafios operacionais e atender às demandas dos estados beneficiários.

Quadro 7- Síntese das Principais Medidas Conjunturais Implementadas no PISF – Eixo Norte

| Grupo Temático | Principais Medidas e Destaques |
|--|--|
| Medidas de Infraestrutura e Engenharia | <ul style="list-style-type: none"> - Reparo de trincas nos canais CN10 e CN14: Garantia da integridade física dos canais para evitar interrupções no fornecimento de água. - Recuperação do Conduto Forçado de Jati: Essencial para o transporte de água entre reservatórios no Eixo Norte. - Manutenção nas estações de bombeamento EBI-01, EBI-02 e EBI-03: Ações preventivas e corretivas para funcionamento contínuo. - Intervenções em drenagens e enrocamentos: Prevenção de erosões e manutenção da estabilidade das barragens. - Saneamento de restrições operacionais na EBI-3: Recuperação da capacidade operacional para garantir a continuidade do sistema. |
| Medidas de Planejamento e Alocação de Recursos Hídricos | <ul style="list-style-type: none"> - Revisão das vazões para o POA de 2024: Ajustes nas vazões solicitadas pelos estados devido a limitações operacionais no Eixo Norte. - Plano de bombeamento compensatório: Acionamento dos conjuntos motor-bombas para compensar volumes não atendidos. - Cobertura de custos pela União: A União cobre diferenças de custos quando há impossibilidade de recebimento do volume total previsto. - Rateio de custos entre estados e União: Divisão dos custos fixos proporcionalmente à vazão disponibilizada. - Liberação controlada de água: Alocação dos volumes liberados para Pernambuco, Ceará e Paraíba conforme necessidades específicas. |
| Medidas de Monitoramento e Segurança | <ul style="list-style-type: none"> - Simulados de emergência nas ZAS das barragens: Treinamento das comunidades locais para resposta em situações de risco. - Testes em piezômetros e recomposição de proteções: Monitoramento da integridade das barragens e diques para evitar falhas. - Instalação de sirenes e sistemas de alarme: Garantia de respostas rápidas em emergências nos reservatórios. - Inspeções regulares em estruturas críticas: Detecção precoce de defeitos estruturais nos reservatórios do Eixo Norte. - Operação parcialmente manual do PISF: Flexibilidade operacional para manter o fornecimento em caso de falhas automatizadas. |
| Medidas de Manutenção e Conservação | <ul style="list-style-type: none"> - Manutenção corretiva no anel coletor da MB-02 da EBI-2: Assegura o funcionamento eficiente das estações de bombeamento. - Inspeção eletromecânica nas estações de bombeamento: Prevenção de falhas e identificação de necessidades de reparo. - Reparo de trincas no Canal CN14 e enrocamento no Reservatório Terra Nova: Preservação da integridade estrutural e funcionalidade dos canais e reservatórios. - Limpeza de vegetação nos canais: Evita obstruções e mantém a eficiência do fluxo de água. - Instalação de placas de identificação: Melhora a operação e a manutenção das infraestruturas. |
| Medidas de Operação e Gestão de Recursos | <ul style="list-style-type: none"> - Controle dos volumes bombeados: Monitoramento constante para atender às demandas hídricas dos estados. - Autonomia nos pontos de entrega: Garantia de continuidade do fornecimento mesmo com variações operacionais. - Rateio de custos e suporte financeiro: União assume diferenças de custos para viabilizar a operação. - Alocação equitativa de água entre estados: Planejamento detalhado para atender às necessidades específicas de cada região. - Contratação de energia complementar: Assegura o funcionamento das estações de bombeamento em momentos de alta demanda energética. |

Fonte: Elaboração própria (2024)

Em conclusão, o quadro sintetizado das medidas evidencia o caráter multifacetado da gestão do PISF, onde cada ação desempenha um papel relevante na manutenção e continuidade do sistema. Ao reunir intervenções de natureza técnica, de planejamento e de segurança, o PISF

se destaca pela sua abordagem integrada, que alia soluções de curto e longo prazo para garantir a resiliência e a eficiência da operação no Eixo Norte.

4.6 Articulação entre Fundamentos Teóricos e Evidências Empíricas Sobre as Medidas Conjunturais Governamentais

A gestão de recursos hídricos (GRH), conforme destacado por Setti *et al.* (2001) e Tundisi; Matsumura-Tundisi (2014), envolve múltiplas dimensões técnicas, sociais, econômicas e ambientais. No âmbito do Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF) – Eixo Norte, essa complexidade se expressa nas diversas medidas adotadas para garantir a operação e a sustentabilidade do sistema. A seguir, realiza-se uma análise comparativa entre os resultados obtidos e os conceitos teóricos apresentados, identificando convergências e divergências, bem como avaliando os desafios dos arranjos normativos frente às realidades institucionais e socioeconômicas regionais.

As intervenções de infraestrutura e engenharia no PISF refletem diretamente os princípios teóricos da GRH, especialmente no que tange à importância da manutenção e conservação das estruturas hídricas. Tundisi e Matsumura-Tundisi (2014) destacam que um dos objetivos fundamentais da GRH é "proteger a periódica capacidade de renovação das águas superficiais e subterrâneas" e "proteger os mananciais". Nesse sentido, as ações de "Reparo de trincas em placas dos canais CN10 e CN14" (MIDR022024_02) e a "Recuperação do Conduto Forçado de Jati" (Ofício nº 843/2023) confirmam a aplicação prática desses princípios, evidenciando a preocupação em manter a integridade física das infraestruturas para garantir o fluxo contínuo de água.

No entanto, a necessidade recorrente de intervenções corretivas sugere desafios na implementação de uma abordagem preventiva mais robusta, o que pode indicar uma tensão entre a teoria e a prática. Enquanto a teoria enfatiza a importância do monitoramento permanente e da manutenção preventiva (Setti *et al.*, 2001), os resultados apontam para uma predominância de ações reativas. Isso levanta questões sobre a eficácia dos arranjos institucionais em antecipar e mitigar problemas estruturais antes que se tornem críticos.

O planejamento e a alocação de recursos hídricos são pilares centrais na GRH, conforme destacado por Setti *et al.* (2001), que afirmam que o planejamento deve "avaliar

prospectivamente as demandas e as disponibilidades dos recursos hídricos e sua alocação entre os usos múltiplos". As ações de "Revisão das vazões solicitadas pelos estados para o POA de 2024" (Ministério do Desenvolvimento Regional, 2023) evidenciam a aplicação desse conceito, ao adaptar o planejamento às limitações operacionais do Eixo Norte.

Entretanto, essa necessidade de ajustes frequentes pode indicar uma inadequação inicial no planejamento ou dificuldades em prever com precisão as limitações operacionais, o que desafia o ideal teórico de um planejamento eficaz e preditivo. Além disso, a medida que estabelece que "a diferença de 3,63 m³/s dos valores a serem pagos pelos Estados será devida pela União" (Nota Técnica N° 2/2019) revela tensões entre o que foi idealizado na legislação e o que é implementado, especialmente no que diz respeito à sustentabilidade financeira e à responsabilidade compartilhada entre os entes federativos.

A fundamentação teórica enfatiza a necessidade de "monitoramento permanente, com a participação da comunidade" (Tundisi; Matsumura-Tundisi, 2014) e de "garantir a segurança dos usuários autorizados a acessar a infraestrutura" (OCDE, 2015). As medidas de "Realização de simulados de emergência nas zonas de auto salvamento das barragens Boi I, Negreiros, Jati e outras" (Ministério do Desenvolvimento Regional, 2023) confirmam a implementação desses princípios, evidenciando um compromisso com a segurança das populações e a integridade das infraestruturas.

A instalação de "sirenes de emergência na área do reservatório Ipojuca" e a "substituição de fusíveis e instalação de sinalização aérea em linhas de transmissão" (Ministério do Desenvolvimento Regional, 2023) refletem a preocupação com a prevenção de acidentes e a mitigação de riscos, alinhando-se com a teoria que propõe uma gestão integrada e preditiva dos recursos hídricos (Tundisi; Matsumura-Tundisi, 2014). No entanto, a recorrência de medidas corretivas pode indicar que os sistemas de monitoramento preventivo ainda não atingiram sua plena eficácia, sugerindo um espaço para aprimoramento na implementação dos arranjos normativos.

A manutenção e conservação são fundamentais para a sustentabilidade das infraestruturas hídricas, conforme destacado por Setti *et al.* (2001), que ressaltam a necessidade de "desenvolvimento tecnológico e de recursos humanos constante". As ações de "Manutenção preventiva e corretiva nas estações de bombeamento EBI-01, EBI-02 e EBI-03" (Ministério do Desenvolvimento Regional, 2022) demonstram a aplicação prática desses conceitos, buscando garantir a eficiência operacional e a redução de custos a longo prazo.

Entretanto, a predominância de manutenções corretivas pode indicar uma lacuna na implementação de programas de manutenção preventiva eficazes. A teoria defende a antecipação de problemas por meio de monitoramento e manutenção preventiva (Tundisi; Matsumura-Tundisi, 2014), e a necessidade frequente de reparos emergenciais sugere que essa abordagem pode não estar sendo plenamente realizada. Isso pode ser consequência de limitações orçamentárias, falta de recursos humanos especializados ou desafios inerentes às características regionais e socioeconômicas do Nordeste brasileiro.

Por outro lado, a gestão eficiente dos recursos financeiros e operacionais é essencial para a sustentabilidade dos projetos de GRH. A teoria propõe que "a água deve ser um bem econômico" e que "o desenvolvimento tecnológico e de recursos humanos deve ser constante" (Setti *et al.*, 2001). As medidas de "Rateio dos custos fixos entre estados e a União" (Ofício Nº 742/2020) e a "Contratação de energia complementar" (Ofício Nº 742/2020) refletem a tentativa de equilibrar a viabilidade econômica do PISF com a necessidade de atender às demandas hídricas dos estados beneficiados.

Contudo, a dependência de subsídios federais para cobrir custos operacionais e a necessidade de contratar energia complementar podem indicar desafios na sustentabilidade financeira do projeto, o que desafia a teoria no que diz respeito à gestão eficiente dos recursos. A necessidade de ajustes financeiros constantes pode ser reflexo de inadequações nos arranjos institucionais ou de impactos dos contextos regionais e socioeconômicos, como a variação na demanda por água e limitações energéticas na região Nordeste.

Os arranjos jurídico-institucionais, como os estabelecidos pelos Decretos nº 5.995/2006, nº 8.207/2014 e nº 11.681/2023, estruturam a governança do PISF, definindo responsabilidades e mecanismos de coordenação entre os diversos atores envolvidos. Nesse sentido, a teoria enfatiza a importância de "atribuir com clareza e de forma distinta os papéis e responsabilidades" e de "promover a coordenação entre as diferentes escalas" (OCDE, 2015).

A implementação dessas estruturas institucionais tem se mostrado eficaz em alguns aspectos, como na coordenação das medidas de segurança e monitoramento. No entanto, a necessidade de adaptações contínuas nos arranjos, como observado nas revisões dos decretos, pode indicar tensões entre o ideal normativo e a prática. Além disso, os desafios operacionais e financeiros enfrentados sugerem que os arranjos institucionais são influenciados pelas realidades regionais e socioeconômicas, como a escassez de recursos, limitações tecnológicas e variações na demanda hídrica.

A análise das medidas implementadas no PISF – Eixo Norte em relação à fundamentação teórica da GRH revela uma relação complexa entre teoria e prática. Enquanto diversos princípios teóricos são confirmados pelas ações realizadas, como a importância do monitoramento, manutenção e participação comunitária, há desafios significativos que apontam para tensões entre o ideal legislativo e a implementação efetiva. As limitações operacionais, financeiras e institucionais observadas no PISF refletem a influência dos contextos regionais e socioeconômicos na gestão de recursos hídricos. Essas influências destacam a necessidade de arranjos institucionais flexíveis e adaptativos, capazes de responder às particularidades locais e promover uma gestão sustentável e eficiente.

4.7 Explorando Potenciais Inovações Sociotécnicas no Contexto da Integração Rio São Francisco com a Bacia Piancó-Piranhas-Açu

As inovações sociotécnicas emergem como respostas importantes aos desafios complexos enfrentados na gestão de recursos hídricos em grandes projetos de integração, como o Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF). Essas inovações representam a convergência de novas práticas técnicas com transformações nas dinâmicas sociais e institucionais, promovendo soluções que vão além da simples adaptação tecnológica. A articulação entre tecnologia, governança e participação social é um dos elementos centrais para o sucesso desse tipo de empreendimento, sobretudo em regiões onde o acesso à água se relaciona diretamente com a sustentabilidade econômica e social.

Nesta seção, serão apresentadas potenciais inovações desenvolvidas ou propostas no âmbito do Eixo Norte do PISF, com foco na transformação dos processos de monitoramento e controle hídrico, bem como na criação de novos arranjos institucionais que facilitam a integração entre as bacias hidrográficas envolvidas. A análise, à luz da Teoria da Inovação Sociotécnica, buscará compreender como a interação entre avanços tecnológicos e mudanças institucionais contribui para a superação de desafios de gestão e para a consolidação de práticas mais eficientes e sustentáveis no uso dos recursos hídricos.

4.7.1 Inovações em Monitoramento e Controle Operacional

A modernização do sistema de monitoramento e controle no Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF), especialmente no Eixo Norte, destaca-se como uma abordagem importante para aumentar a segurança estrutural e a eficiência operacional das infraestruturas hídricas. As potenciais inovações descritas nesta seção incluem tanto a adoção de tecnologias avançadas para monitoramento em tempo real quanto a utilização de métodos não invasivos para detecção de anomalias estruturais. Cada potencial inovação representa uma transformação no modo como o PISF lida com o controle técnico de suas estruturas e oferece uma resposta mais eficiente aos desafios contínuos do projeto.

Inicialmente, no contexto do PISF, o monitoramento contínuo das estruturas é fundamental para mitigar riscos operacionais e garantir a integridade física dos canais. Uma potencial inovação foi a aplicação de estudos geofísicos para detectar pontos críticos no Canal CN 10, que apresentava sinais de percolação elevada. De acordo com o documento de apresentação do Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR) de novembro de 2020, "foram realizados estudos geofísicos" para identificar as áreas mais vulneráveis do canal, resultando na "execução de intervenção em pontos críticos" (Ministério do Desenvolvimento Regional, 2022). Essa metodologia, ao utilizar técnicas não invasivas de análise, gerava possibilidade de mapear com precisão a estrutura interna do canal, localizando com exatidão os pontos de risco sem a necessidade de escavações ou interrupções operacionais.

A potencial inovação aqui reside na capacidade de detecção de problemas de percolação de forma antecipada e localizada, permitindo intervenções mais rápidas e eficazes. O uso de estudos geofísicos, como parte de uma estratégia de monitoramento contínuo, reflete uma mudança significativa em relação às abordagens tradicionais de inspeção visual ou física, que muitas vezes são mais invasivas e demoradas. Essa abordagem reduz custos e minimiza o tempo de parada das operações, além de aumentar a segurança estrutural do sistema.

Outra potencial inovação crucial introduzida no âmbito do Eixo Norte do PISF foi a implementação de um sistema automatizado de monitoramento na Estação de Bombeamento (EBI-3). Conforme descrito no documento do MDR de agosto de 2023, esse sistema automatizado realiza "pontos de monitoramento de 0,5 mm e 1°, realizados a cada 10 minutos", além de incluir monitoramento visual em tempo real por meio de câmeras (Ministério do Desenvolvimento Regional, 2023). A instalação de tal sistema pode representar um avanço

significativo na capacidade de monitoramento das condições operacionais das estações de bombeamento, permitindo não apenas a detecção de desvios ou falhas, mas também a correção preventiva de problemas que poderiam comprometer a operação.

O diferencial desta inovação estaria na alta precisão dos dados coletados e na sua frequência, garantindo que qualquer alteração mínima nos parâmetros operacionais seja detectada imediatamente. Essa automação possibilita uma gestão muito mais eficiente, com intervenções baseadas em dados precisos, reduzindo o tempo de resposta a anomalias e, conseqüentemente, diminuindo a possibilidade de falhas graves. O monitoramento em tempo real de estruturas tão sensíveis, como as estações de bombeamento, também contribui diretamente para a segurança do sistema como um todo, evitando desastres e possibilitando um controle mais rigoroso da operação.

Outro exemplo de possível inovação técnica no monitoramento das infraestruturas do PISF foi a aplicação do método geofísico por eletrorresistividade no Canal WBS 1219. Em outubro de 2023, o MDR relatou a aplicação desse método, com um levantamento de 3 km ao longo do canal, destinado a identificar "pontos de fuga de água" (Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional, 2023). A eletrorresistividade é uma técnica que permite detectar áreas saturadas no solo e localizar vazamentos de forma precisa, sem a necessidade de escavações ou interrupções operacionais.

Essa técnica permite mapear as condições hídricas do solo com alta precisão, reduzindo o impacto ambiental e operacional. A capacidade de detectar fugas de água em canais de grandes extensões como o WBS 1219 reflete um avanço significativo na manutenção preventiva. Ao identificar os pontos exatos de fuga, a eletrorresistividade possibilita intervenções cirúrgicas e direcionadas, otimizando os custos de manutenção e prolongando a vida útil da infraestrutura.

A precisão na medição dos fluxos de água é fundamental para a gestão eficiente do PISF. A implementação de métodos avançados de calibração dos medidores de vazão nas Estações de Bombeamento do Eixo Norte, descrita em uma reunião do PISF de abril de 2022, reflete uma potencial inovação no monitoramento dos volumes de água transpostos (Ministério do Desenvolvimento Regional, 2022). Essa calibração foi essencial para garantir que os dados coletados fossem confiáveis e precisos, permitindo ajustes mais refinados nas operações e otimizando o uso dos recursos hídricos disponíveis.

O uso de tecnologias de ponta na calibração dos medidores de vazão minimiza os erros de medição e maximiza a eficiência operacional. Essas tecnologias também são cruciais para a elaboração de balanços hídricos mais precisos, que orientam o planejamento e a distribuição da água ao longo do sistema. Assim, a utilização de métodos avançados para monitoramento de fluxos contribui diretamente para a sustentabilidade operacional do PISF.

Em novembro de 2022, foi implementada uma nova tecnologia de monitoramento estrutural no PISF: sensores triortogonais de alta precisão. Esses sensores, conforme relatado pela CODEVASF, foram instalados para monitorar "deformações ou movimentos imperceptíveis a olho nu" nas estruturas do sistema (CODEVASF, 2022). A inovação reside na capacidade desses sensores de fornecer dados tridimensionais detalhados, permitindo uma análise precisa de quaisquer mudanças estruturais que possam comprometer a segurança das barragens e diques.

O uso desses sensores avançados representa uma melhoria significativa nas práticas de monitoramento tradicional, aumentando a capacidade de prevenção de falhas estruturais. O monitoramento contínuo e em alta precisão não apenas antecipa possíveis problemas, mas também orienta a tomada de decisões sobre intervenções de manutenção antes que danos graves ocorram.

A segurança das comunidades adjacentes às estruturas do PISF foi reforçada com a instalação de sistemas de alarme e sirenes em barragens, como o reservatório de Boa Vista. Em dezembro de 2023, o MDR relatou que oito sirenes foram instaladas na Zona de Autossalvamento (ZAS) do reservatório, juntamente com simulados de evacuação para as comunidades locais (Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional, 2023). Essas sirenes são um componente crucial para garantir respostas rápidas a possíveis emergências, como inundações ou rupturas de barragens.

A potencial inovação aqui está na integração dos sistemas de alarme com os programas de simulação, que preparam as populações locais para uma ação coordenada e eficaz em caso de desastres. Essa medida representa um avanço na segurança e resiliência do sistema, permitindo que as comunidades tenham tempo adequado para se protegerem em situações de risco.

Por fim, a integração de modelos de simulação de reservatórios em tempo real, como o HEC-ResSim e o HEC-RTS, introduz uma abordagem potencialmente inovadora na gestão operacional dos reservatórios do Eixo Norte. Desenvolvido em parceria com o Corpo de

Engenheiros do Exército dos EUA, o HEC-ResSim permite simular diferentes cenários de operação, otimizando a alocação de água e a resposta a eventos climáticos extremos (CODEVASF, 2022). O documento da CODEVASF, de 2022, indica que o modelo foi integrado ao sistema operacional em tempo real, melhorando a precisão das decisões baseadas em dados.

A utilização de tais modelos reflete uma abordagem potencialmente inovadora na forma como as decisões operacionais são tomadas, permitindo que as ações sejam adaptadas de maneira proativa às condições ambientais. A simulação em tempo real reduz incertezas e permite respostas rápidas a eventos que possam comprometer o abastecimento hídrico.

4.7.2 Inovações em Infraestrutura e Técnicas de Reforço

A preservação da integridade estrutural e o aumento da durabilidade das infraestruturas associadas ao Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF) são desafios que exigem a implementação de inovações tecnológicas constantes. As estruturas envolvidas, como diques, barragens, estações de bombeamento e canais, enfrentam condições ambientais adversas e tensões operacionais intensas. Para mitigar riscos e garantir a eficiência contínua do sistema, diversas técnicas de reforço e melhorias em materiais foram implementadas ao longo do Eixo Norte. Esta seção analisa as principais inovações na área de engenharia e materiais, focando na otimização das práticas de manutenção e no aumento da resiliência das infraestruturas. As intervenções abordadas demonstram um esforço contínuo em assegurar a estabilidade e funcionalidade dessas estruturas críticas.

Uma das potenciais inovações mais destacáveis foi no campo da engenharia geotécnica; a implementação do procedimento de injeção de contenção no Dique Negreiros. Conforme o documento do Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR) de março de 2020, essa solução foi desenvolvida para controlar a "percolação excedente no Dique Negreiros", um problema que poderia comprometer a integridade estrutural da barragem (Ministério do Desenvolvimento Regional, 2020). Além disso, foi criado um canal de desvio para direcionar o excesso de água para o reservatório de Mangueiras. Essa abordagem técnica demonstra uma solução integrada e robusta para o controle de percolação em estruturas de barragens, utilizando técnicas avançadas de injeção e desvio hídrico.

O uso de injeções para contenção de percolação em diques é uma técnica inovadora que garante a estabilidade estrutural sem a necessidade de reconstrução ou intervenções mais invasivas. O desvio da água excedente para um reservatório adjacente também revela uma abordagem estratégica para a gestão dos fluxos hídricos, reduzindo a pressão sobre o dique e garantindo a segurança da operação. Essas medidas são essenciais para a longevidade da infraestrutura, prevenindo colapsos e melhorando a eficiência no manejo das águas.

Complementando a inovação anterior, o desenvolvimento de um projeto específico para a aplicação de injeções no Dique Negreiros, conforme relatado em uma reunião do PISF em julho de 2020, reforça a importância dessa técnica no controle da percolação. A transcrição indica que o "projeto de aplicação das injeções" foi apresentado em maio de 2020, com a previsão de início em agosto de 2020 (Ministério do Desenvolvimento Regional, 2020). Esse projeto foi elaborado para manter a percolação "dentro do limite aceitável" através de um monitoramento constante, garantindo que as intervenções fossem ajustadas conforme necessário.

Esse planejamento detalhado reflete um nível apurado de controle e precisão no manejo dos riscos associados à percolação. A utilização de injeções, uma técnica amplamente empregada na engenharia geotécnica, representa uma inovação em termos de sua aplicação e adaptação específica às necessidades do Dique Negreiros. A combinação de monitoramento constante e intervenções geotécnicas sob medida contribui significativamente para a prevenção de falhas estruturais.

Nas Estações de Bombeamento (EBI-2 e EBI-3), diversas potenciais inovações hidromecânicas foram introduzidas com o objetivo de melhorar a eficiência e reduzir a necessidade de manutenção dos sistemas. Segundo o documento do MDR de setembro de 2022, foram adotadas várias modificações, como a "mudança do material dos mancais de aço inox TP304 nitretado para bronze de alta resistência", a "adoção de anel de proteção/vedação para prevenir a entrada de sujidades" e o "revestimento metálico nas áreas danificadas das peças" (Ministério do Desenvolvimento Regional, 2022). Essas alterações, focadas no desempenho e durabilidade dos componentes, refletem uma abordagem inovadora no reforço das estruturas hidromecânicas.

A mudança no material dos mancais e a inclusão de anéis de vedação para proteger o sistema contra contaminantes aumentam significativamente a vida útil dos componentes e reduzem as interrupções operacionais causadas por falhas mecânicas. Essas melhorias são

especialmente relevantes em infraestruturas como as estações de bombeamento, onde a confiabilidade e a eficiência do equipamento são cruciais para o transporte contínuo de grandes volumes de água. O aprimoramento desses sistemas hidromecânicos demonstra uma visão integrada de engenharia, combinando robustez mecânica com a preservação dos recursos hídricos.

Intervenções estruturais em barragens e diques ao longo do PISF, como o Dique Negreiros e o Dique 1217, foram realizadas com o uso de tecnologias avançadas de engenharia geotécnica. Os documentos indicam que foram aplicadas técnicas de injeção e estudos especializados para reduzir a percolação em diversas estruturas. Essas medidas potencialmente inovadoras são vitais para a preservação da integridade das barragens e diques, uma vez que permitem o reforço das estruturas sem comprometer o funcionamento contínuo do sistema. Ao aplicar técnicas geotécnicas avançadas, como a injeção de materiais estabilizadores, e realizar estudos detalhados para identificar áreas críticas, o PISF tem sido capaz de gerenciar de forma eficaz os desafios relacionados à percolação e à instabilidade do solo. Esses procedimentos não só previnem acidentes, mas também prolongam a vida útil das infraestruturas envolvidas.

A aplicação de materiais avançados, como poliureia e geomembranas, também se destaca como uma abordagem potencialmente inovadora significativa no reparo e impermeabilização das estruturas hidráulicas do PISF. Conforme relatado pela CODEVASF em maio de 2022, a "aplicação de poliureia no Forebay Jusante EBV-2" e o "reparo de geomembrana e placas de concreto" representam técnicas de alto desempenho para a manutenção e reforço de infraestruturas hidráulicas (CODEVASF, 2022).

A utilização de poliureia, um material altamente resistente e durável, garante uma impermeabilização eficaz, protegendo as estruturas contra a erosão hídrica e danos causados pela exposição contínua à água. Da mesma forma, a aplicação de geomembranas reforça as estruturas de contenção, proporcionando uma barreira física adicional contra infiltrações. Essas técnicas não apenas prolongam a vida útil das infraestruturas, mas também reduzem os custos de manutenção ao minimizar a necessidade de reparos frequentes.

Outro avanço relevante no PISF foi a adoção de técnicas específicas para reforço e recuperação de condutos forçados, como observado no projeto de recuperação do Conduto Forçado do Reservatório Jati. Segundo o MDR, em fevereiro de 2023 foi iniciado um projeto de recuperação com previsão de conclusão em setembro de 2023, utilizando "técnicas modernas

de engenharia" para reforçar a estrutura dos condutos (Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional, 2023).

Essas intervenções visam garantir que os condutos mantenham sua integridade ao longo do tempo, utilizando materiais compostos e revestimentos especiais para aumentar a resistência das estruturas a pressões extremas. A adoção de métodos de reparo inovadores, como o uso de compósitos, contribui para a longevidade dos condutos, aumentando a resiliência contra o desgaste e a deterioração causados pelo transporte contínuo de grandes volumes de água.

Por fim, a implementação de sistemas de drenagem avançados no PISF tem desempenhado um papel crucial na proteção das infraestruturas contra danos causados pela erosão e pela pressão hidrostática. Conforme relatado pelo MDR em dezembro de 2023, foram executadas drenagens em vários locais, como o Canal CN14 e o acesso ao estoque de rochas, além da "limpeza de passagens molhadas no Rio Piranhas" ((Ministério do Desenvolvimento Regional, 2023). Esses sistemas de drenagem avançados são essenciais para a estabilização do solo e a proteção das estruturas contra o excesso de umidade e a erosão.

Ao desviar a água acumulada de áreas críticas, esses sistemas evitam deslizamentos de terra e outros danos estruturais, garantindo a estabilidade das infraestruturas. Além disso, o controle da erosão melhora a durabilidade das estruturas, reduzindo os custos de manutenção e prolongando sua vida útil. A seguir, o quadro 8 apresenta uma síntese das principais áreas de inovação identificadas ao longo deste estudo, destacando suas descrições e os impactos ou benefícios obtidos com a adoção dessas soluções.

Quadro 8 - Síntese das Potenciais Inovações Sociotécnicas no PISF (Eixo Norte)

| Área de Inovação | Descrição da Potencial Inovação | Impacto/Benefícios |
|---|--|--|
| Monitoramento e Controle Operacional | <ul style="list-style-type: none"> - Aplicação de estudos geofísicos no Canal CN 10 para detectar pontos críticos de percolação elevada, utilizando técnicas não invasivas (MDR, 2020). - Implementação de sistema automatizado de monitoramento na EBI-3 com dados a cada 10 minutos e monitoramento visual em tempo real (MDR, 2023). - Uso de eletrorresistividade no Canal WBS 1219 para identificar fugas de água em 3 km de extensão (MDR, 2023). - Calibração avançada de medidores de vazão nas estações de bombeamento do Eixo Norte (Reunião PISF, 2022). - Monitoramento estrutural com sensores triortogonais de alta precisão para detectar deformações imperceptíveis (CODEVASF, 2022). - Instalação de sistemas de alarme e sirenes em barragens, incluindo simulados de evacuação comunitária (MDR, 2023). - Integração de modelos de simulação de reservatórios em tempo real (HEC-ResSim e HEC-RTS) para otimização operacional (CODEVASF, 2021). | <ul style="list-style-type: none"> - Identificação precisa de áreas vulneráveis sem interrupções operacionais. - Gestão eficiente e antecipação de problemas nas operações de bombeamento. - Detecção de fugas de água com alta precisão, reduzindo impactos ambientais e operacionais. - Dados confiáveis para ajustes refinados na distribuição hídrica. - Prevenção de falhas estruturais através de monitoramento contínuo. - Aumento da segurança das comunidades e preparação para emergências. - Decisões operacionais proativas adaptadas às condições ambientais. |
| Infraestrutura e Técnicas de Reforço | <ul style="list-style-type: none"> - Procedimento de injeção de contenção e criação de canal de desvio no Dique Negreiros para controlar percolação excedente (MDR, 2020). - Projeto específico de injeções no Dique Negreiros para manter percolação dentro de limites aceitáveis (Reunião PISF, 2020). - Modificações hidromecânicas nas EBI-2 e EBI-3, como troca de materiais dos mancais e inclusão de anéis de vedação (MDR, 2022). - Intervenções estruturais avançadas em barragens e diques para redução de percolação (Relatórios diversos). - Aplicação de poliureia e geomembranas em reparos de infraestrutura hidráulica (CODEVASF, 2022). - Reforço e recuperação de condutos forçados utilizando técnicas modernas (MDR, 2023). - Implementação de sistemas de drenagem avançados em canais e áreas críticas (MDR, 2023). | <ul style="list-style-type: none"> - Estabilidade estrutural sem reconstruções invasivas e gestão estratégica dos fluxos hídricos. - Controle preciso da percolação com monitoramento constante. - Aumento da vida útil dos componentes e redução de falhas mecânicas. - Preservação da integridade das estruturas e prevenção de acidentes. - Impermeabilização eficaz e redução de custos de manutenção. - Aumento da resiliência dos condutos contra desgaste e deterioração. - Estabilização do solo e proteção contra erosão, prolongando a vida útil das infraestruturas. |

Fonte: Autoria própria (2024)

O quadro ilustra como as potenciais inovações no PISF, tanto na esfera do monitoramento e controle operacional quanto nas técnicas de reforço de infraestrutura, têm gerado oportunidades benéficas para a longevidade e segurança do projeto. Essas soluções não apenas mitigam riscos associados à operação de um empreendimento dessa magnitude, como também melhoram a eficiência dos processos.

4.8 Articulação entre Fundamentos Teóricos e Evidências Empíricas Sobre as Potenciais Inovações Sociotécnicas

A integração do Rio São Francisco (PISF) com a bacia do Rio Piancó-Piranhas-Açu representa um cenário fértil para a análise de inovações sociotécnicas, evidenciando a interconexão entre avanços tecnológicos e transformações sociais e institucionais. A partir dos resultados observados no PISF, é possível estabelecer relações concretas com os conceitos discutidos na Teoria da Inovação Sociotécnica, reforçando o caráter multidimensional das inovações implementadas.

Conforme Trist e Emery desenvolveram na Teoria dos Sistemas Sociotécnicos, a otimização conjunta dos sistemas sociais e técnicos é essencial para alcançar eficácia organizacional (Pasmore *et al.*, 1982). No PISF, as inovações em monitoramento e controle operacional, como a aplicação de estudos geofísicos para detectar pontos críticos no Canal CN 10, exemplificam essa otimização. A utilização de técnicas não invasivas permitiu mapear pontos de percolação sem interrupções operacionais, refletindo uma mudança significativa em relação às abordagens tradicionais (Ministério do Desenvolvimento Regional, 2020). Isso confirma a teoria ao demonstrar que avanços técnicos, quando alinhados às práticas organizacionais e sociais, resultam em melhorias efetivas.

A Perspectiva Multinível (MLP) de Geels (2002) sugere que inovações surgem em nichos protegidos e podem desafiar regimes estabelecidos. As inovações no PISF, como a implementação de sistemas automatizados de monitoramento na EBI-3, representam tecnologias emergentes que, ao serem integradas ao regime operacional existente, promovem uma transformação nas práticas de gestão hídrica. O monitoramento em tempo real com alta precisão permite uma gestão mais eficiente e antecipação de problemas, alinhando-se ao nível de nicho proposto por Geels, que pode influenciar mudanças no regime sociotécnico dominante.

Por outro lado, a Teoria Ator-Rede (ANT), proposta por Callon e Latour, enfatiza que inovações são resultado de redes complexas de atores humanos e não humanos (Latour, 1987). No contexto do PISF, a integração de modelos de simulação de reservatórios em tempo real (HEC-ResSim e HEC-RTS) ilustra essa interação. O desenvolvimento desses modelos envolveu parcerias entre o MDR, a CODEVASF e o Corpo de Engenheiros do Exército dos EUA, evidenciando uma rede sociotécnica onde tecnologias avançadas e instituições colaboram

para melhorar a gestão dos recursos hídricos (CODEVASF, 2022). Isso corrobora a ANT, mostrando que a inovação é um processo coletivo e negociado entre múltiplos atores.

Já a Teoria das Práticas Sociais de Shove (2010) propõe que inovações ocorrem por meio de transformações nas práticas cotidianas, combinando materiais, competências e significados. As intervenções no PISF, como a instalação de sistemas de alarme e sirenes em barragens e a realização de simulados de evacuação com as comunidades locais (Ministério do Desenvolvimento Regional, 2023), refletem mudanças nas práticas sociais. Ao integrar novas tecnologias de segurança com a participação comunitária, há uma reconfiguração dos significados e competências associadas à gestão de riscos, alinhando-se à teoria de Shove sobre a necessidade de mudanças nas práticas para efetivar inovações tecnológicas.

Os resultados observados no PISF confirmam as teorias discutidas ao demonstrar que inovações tecnológicas eficazes requerem mudanças concomitantes nas estruturas sociais e institucionais. A aplicação de técnicas avançadas de engenharia, como o uso de sensores triortogonais para monitoramento estrutural (CODEVASF, 2022), e a adoção de novos materiais para reforço de infraestruturas (Ministério do Desenvolvimento Regional, 2022) evidenciam a importância da coevolução entre aspectos técnicos e sociais. Essas inovações não ocorrem isoladamente; dependem de novos arranjos institucionais, capacitação de pessoal e envolvimento de múltiplos atores, confirmando o caráter multidimensional das inovações sociotécnicas.

Adicionalmente, as inovações em infraestrutura e técnicas de reforço, como o procedimento de injeção de contenção no Dique Negreiros (Ministério do Desenvolvimento Regional, 2020), ilustram como as mudanças tecnológicas são implementadas em resposta a desafios específicos, requerendo adaptações sociais e institucionais. A necessidade de monitoramento constante e de intervenções geotécnicas sob medida reforça a ideia de que a inovação é um processo contínuo de adaptação e negociação, alinhado às perspectivas de Rip e Kemp (1998) sobre a coevolução de tecnologia e sociedade em transições de longo prazo.

Em síntese, os resultados empíricos do PISF confirmam a Teoria da Inovação Sociotécnica ao demonstrar que as inovações bem-sucedidas emergem da interação entre avanços tecnológicos e mudanças sociais, culturais e institucionais. As práticas implementadas no PISF exemplificam como a otimização conjunta dos componentes sociais e técnicos pode levar a soluções eficazes e sustentáveis na gestão de recursos hídricos. O caráter multidimensional das inovações observadas ressalta a importância de considerar as

interdependências entre os diversos atores e elementos envolvidos, reforçando a relevância das teorias discutidas para compreender e orientar processos complexos de inovação.

4.9 Análise de Conteúdo da Percepção dos *Stakeholders* na Integração do Rio São Francisco com a Bacia de Piancó-Piranhas-Açu

Esta seção apresenta a análise das percepções dos principais grupos de interesse envolvidos na gestão hídrica das regiões abrangidas pelo Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF), especificamente no Eixo Norte. Esses *stakeholders* incluem representantes do Poder Público, Sociedade Civil Organizada, Usuários dos recursos hídricos e Professores Especialistas, cujas perspectivas contribuem para um entendimento denso e multifacetado dos desafios, oportunidades e implicações inerentes à integração das bacias hidrográficas. A investigação fundamentou-se na análise de entrevistas por meio da metodologia de análise de conteúdo de Bardin, a qual possibilitou a identificação de categorias emergentes.

A organização da análise por grupos de *stakeholders* revelou-se uma escolha metodológica crítica, dado que cada grupo possui perspectivas, interesses e papéis diferenciados, os quais influenciam de maneira importante a gestão dos recursos hídricos. Essa segmentação analítica viabiliza uma compreensão mais pormenorizada dos desafios e contribuições específicas de cada setor, além de facilitar a identificação de possíveis sinergias entre esses grupos. Ademais, essa abordagem estruturada proporcionou um corte transversal na análise das categorias emergentes, permitindo identificar de forma integrada como as diferentes visões e preocupações dos *stakeholders* convergem ou divergem em relação aos principais aspectos da gestão hídrica.

4.9.1 Sociedade Civil Organizada e Usuários

a) Gestão e Governança dos Recursos Hídricos (GG) e Infraestrutura e Investimentos Necessários (INF)

A análise das categorias Gestão e Governança dos Recursos Hídricos (GG) e Infraestrutura e Investimentos Necessários (INF) dentro do grupo formado por representantes da Sociedade Civil Organizada (SCO) e dos Usuários revela um quadro de complexidade no

manejo dos recursos hídricos na Bacia do Piranhas-Açu. Nas entrevistas realizadas com ambos os grupos, emergem múltiplas problemáticas que vão desde a ausência de uma governança sólida e integrada, até a carência de investimentos em estruturas que permitam uma melhor fiscalização e alocação dos recursos. O exame dessas questões se aprofunda à medida que são abordados os conflitos entre os diferentes usuários e as falhas de infraestrutura que agravam o cenário.

No que concerne à gestão e governança dos recursos hídricos, tanto os representantes da SCO quanto os Usuários expressam que a mediação de conflitos entre os diferentes atores envolvidos é um dos maiores desafios. O representante da SCO destaca, por exemplo, que os conflitos são "inerentes ao problema da água" e que há um constante "cabo de guerra entre os diversos grupos" com interesses distintos no uso da água. Esses grupos variam entre agricultores, membros da sociedade civil, instituições públicas e usuários domésticos, o que cria um ambiente fragmentado onde cada setor tenta impor suas prioridades. Essa falta de unidade reflete uma gestão incapaz de lidar de forma equilibrada com as demandas, levando à estagnação de políticas que poderiam ser decisivas para o melhor aproveitamento do recurso hídrico, como a implementação efetiva da cobrança pelo uso da água.

A ausência de um entendimento comum sobre o que constitui o próprio projeto de transposição parece agravar a situação. Segundo o representante da SCO, a transposição é frequentemente mal interpretada como um mecanismo que tornaria os rios perenes, o que gera "uma falsa ilusão" entre os usuários. Essa incompreensão cria expectativas equivocadas, dificultando a tomada de decisões e promovendo um conflito entre aqueles que acreditam que a transposição deveria garantir um fluxo contínuo e aqueles que entendem sua função limitada. O entrevistado ressalta que "as pessoas não entenderam ainda o que é o projeto de transposição das águas do Rio São Francisco", sendo a transposição de volume temporária, e não permanente. A falta de discussão sobre o real propósito da transposição nas instâncias decisórias, como nos comitês de bacia, reflete uma lacuna na comunicação entre as partes envolvidas, exacerbando os problemas de governança.

Por outro lado, a questão da fiscalização é um ponto central dentro da categoria de governança, sendo apontada como o "grande gargalo" no processo de integração dos recursos hídricos. Os entrevistados são unânimes ao criticar a incapacidade das instituições responsáveis de exercer um controle efetivo sobre o uso da água. O representante da SCO observa que "a própria fiscalização em torno das outorgas, em torno da própria captação de recursos hídricos, vai ser o grande problema". Essa deficiência está diretamente relacionada à ausência de um

sistema integrado de controle e monitoramento, especialmente nas bacias interestaduais, onde a interação entre órgãos estaduais e federais é fragmentada e ineficaz. O entrevistado menciona que o conflito entre as diferentes jurisdições, como a AESA (Agência Executiva de Gestão das Águas da Paraíba) e a ANA (Agência Nacional de Águas), impede que se desenvolva um sistema unificado de fiscalização, comprometendo a capacidade de monitorar o uso adequado das outorgas e a captação de água. Como resultado, muitos usuários continuam operando sem um controle rigoroso, agravando a sobrecarga dos recursos hídricos.

No campo da cobrança pelo uso da água, a governança falha em promover uma implementação coerente e eficiente. Apesar de estudos e propostas já terem sido elaborados, a cobrança não avançou devido ao embate entre os diferentes interesses dos usuários. Um dos representantes relata que a cobrança é um “tabu” dentro dos comitês de bacia, onde as discussões são travadas pela oposição de grupos que resistem à ideia de pagamento pelo uso da água. Isso, em grande parte, está relacionado à falta de capacidade técnica dentro dos comitês e ao peso igual dado a decisões tomadas por membros com níveis desiguais de conhecimento técnico. A implementação de modelos de cobrança, como observado pelo entrevistado, esbarra na falta de recursos para a contratação de consultorias especializadas e na pressão exercida pela ANA, que exige a criação de um modelo funcional, mas que, ao mesmo tempo, não oferece apoio técnico e financeiro suficientes para que isso seja feito. Como resultado, os comitês ficam estagnados, sem poder avançar nas discussões ou na implementação de uma política de cobrança efetiva.

A infraestrutura associada ao projeto de transposição do Rio São Francisco também apresenta sérios problemas que comprometem a sustentabilidade e a eficiência do sistema. Segundo o representante dos usuários, há uma carência significativa de investimentos na manutenção e melhoria das calhas dos rios, na preservação de matas ciliares e em sistemas de medição de vazão que permitiriam um controle mais preciso da quantidade de água utilizada. O entrevistado cita como exemplo o fato de que, ao longo do percurso entre a Paraíba e o Rio Grande do Norte, há "perdas por evaporação", além de desvios e furtos de água, que comprometem o volume total que deveria chegar aos usuários finais. Sem investimentos adequados para minimizar essas perdas, o projeto de transposição não consegue atingir seu potencial máximo, e os estados envolvidos acabam sendo prejudicados, uma vez que o volume de água liberado não corresponde ao volume efetivamente utilizado.

A falta de infraestrutura de medição é particularmente prejudicial à governança e à gestão dos recursos. O representante da SCO sugere que seria necessário instalar barramentos

e sistemas de medição que permitissem calcular com precisão a quantidade de água transferida entre os estados. Contudo, esses investimentos não foram feitos, e a ausência de tais mecanismos impede que se tenha um controle real sobre a quantidade de água liberada e utilizada. O entrevistado aponta que o uso de “medidores de vazão” permitiria uma fiscalização mais precisa e ajudaria a resolver o problema das outorgas, uma vez que se poderia verificar se os usuários estão de fato utilizando o volume de água concedido em suas outorgas, ou se estão exagerando nas quantidades solicitadas, prejudicando outros potenciais usuários.

Essa falha estrutural afeta diretamente a capacidade de implementação de um sistema de cobrança justo e eficaz, uma vez que, sem instrumentos precisos de medição, é impossível calcular com exatidão quanto cada usuário deve pagar pelo uso da água. A inexistência de barramentos adequados e a ausência de sistemas de medição fazem com que o processo de cobrança se torne inviável, perpetuando a informalidade no uso dos recursos hídricos. Como resultado, os governos estaduais enfrentam dificuldades para cobrar dos usuários, e o peso das faturas hídricas acaba recaindo sobre os operadores estaduais, como a AESA, que, por sua vez, se veem incapazes de realizar uma cobrança justa e proporcional ao volume efetivamente utilizado.

No contexto da modernização agrícola, a falta de incentivo à adoção de tecnologias mais eficientes no uso da água também é uma preocupação constante entre os entrevistados. O cultivo de culturas que demandam grandes volumes de água, como o arroz, em áreas que já sofrem com a escassez hídrica, é visto como uma prática insustentável. O representante dos usuários observa que é necessário buscar alternativas agrícolas com menor pegada hídrica, porém, essa transição é lenta e enfrenta resistência tanto dos produtores quanto das instituições. “Será que eu tenho água para plantar arroz no sertão?”, questiona o representante da SCO, exemplificando a falta de racionalidade na alocação dos recursos hídricos. Sem investimentos em tecnologias que permitam uma gestão mais eficiente da água, como sistemas de irrigação modernos e culturas menos dependentes de volumes elevados de água, a tendência é que a pressão sobre os recursos hídricos continue a aumentar, agravando os conflitos e as dificuldades de gestão.

Por fim, a análise dessas duas categorias revela um ciclo de retroalimentação entre as falhas de governança e a precariedade infraestrutural. A falta de uma governança robusta e bem estruturada impede que os investimentos necessários sejam realizados de maneira eficaz, enquanto a carência de infraestrutura adequada compromete a capacidade de governança, criando um ambiente de ineficiência e de conflitos latentes.

As transcrições ilustram essas problemáticas de maneira concreta. O representante da SCO, por exemplo, afirma que “o grande desafio é esse: mediar os conflitos em torno da água, que já é difícil, e a questão da fiscalização”, deixando claro que sem uma fiscalização efetiva, os esforços de governança se tornam ineficazes. Por outro lado, a falta de infraestrutura adequada é exposta quando afirma que “não vi ainda [...] investimento nas calhas dos rios no sentido de reduzir essas perdas”, ressaltando que a ausência de infraestrutura compromete o transporte eficiente da água. Ambos os aspectos, portanto, estão intrinsecamente ligados e precisam de soluções integradas.

b) Fiscalização e Monitoramento (FM) e Cobrança e Sustentabilidade Econômica (CSE)

A análise das categorias Fiscalização e Monitoramento (FM) e Cobrança e Sustentabilidade Econômica (CSE) no contexto das entrevistas com os representantes da Sociedade Civil Organizada (SCO) e dos Usuários revela um panorama de deficiências evidentes tanto no campo da fiscalização quanto na estrutura de cobrança, comprometendo o gerenciamento eficiente e sustentável da água.

No que tange à fiscalização e monitoramento, um dos problemas mais críticos apontados pelos entrevistados é a falta de um sistema integrado que permita uma fiscalização efetiva e contínua do uso dos recursos hídricos. O representante da SCO destaca que, apesar da existência de instrumentos legais, como a outorga de uso de água e a previsão de fiscalização em Lei, a realidade é que a fiscalização é ineficaz. Este menciona que “o grande gargalo e o grande desafio para essas entidades responsáveis pelo projeto do São Francisco” é justamente a fiscalização, tanto das outorgas quanto da captação dos recursos. A ausência de uma estrutura robusta para controlar o uso da água gera conflitos contínuos entre os diferentes setores de usuários, desde agricultores até entidades públicas e privadas, dificultando o cumprimento das regras estabelecidas.

Esse problema de fiscalização é exacerbado pela falta de infraestrutura adequada para o monitoramento das vazões e volumes de água transportados ao longo da transposição. O representante dos Usuários menciona, por exemplo, que há uma “necessidade urgente de investimento” na infraestrutura de monitoramento, pois a atual situação impede o acesso em tempo real às informações críticas sobre o volume de água disponível nos reservatórios. Ele relata que, no caso específico da barragem de Engenheiro Ávidos, “não se pode acessar todos os volumes disponíveis na barragem” devido à falta de conclusão das obras, o que compromete a gestão dos recursos hídricos na região.

Além disso, a questão do assoreamento dos rios é um fator que agrava a dificuldade de fiscalização. O assoreamento prejudica a capacidade de medir e monitorar com precisão a quantidade de água transportada e utilizada, como exemplificado pelo representante dos Usuários: “Hoje, o Açu está vertendo em média com trinta e oito centímetros e [...] já havia notícias de inundações nas áreas ribeirinhas a montante de São Gonçalo”. A falta de desassoreamento adequado compromete tanto a capacidade de controlar a vazão da água quanto a fiscalização do uso, tornando ainda mais difícil determinar o volume real de água disponível para os diferentes setores.

Em relação à cobrança e sustentabilidade econômica, a situação é igualmente complexa e está intrinsecamente ligada às falhas na fiscalização e no monitoramento. A cobrança pelo uso da água é vista como um elemento essencial para a sustentabilidade financeira do sistema de gestão dos recursos hídricos, mas sua implementação tem sido dificultada por uma série de fatores, incluindo a falta de um cadastro unificado de usuários e outorgas. Como afirma o representante da SCO, “enquanto não existe esse cadastro, você não tem como começar” o processo de cobrança. A ausência de um cadastro consolidado, que integre tanto os dados estaduais (sob responsabilidade da AESA) quanto os federais (sob responsabilidade da ANA), cria um vácuo de informações que inviabiliza a implementação de um sistema de cobrança justo e eficiente.

O conflito de interesses entre os usuários também emerge como um dos principais entraves à adoção de um modelo de cobrança. A cobrança, prevista na legislação desde 1997, esbarra em disputas entre diferentes setores, como a agricultura e o abastecimento humano, sobre quem deve arcar com os maiores custos. O entrevistado da SCO observa que essa questão é um “tabu” dentro dos comitês de bacia, e que a resistência política e econômica impede que o modelo de cobrança avance, mesmo com estudos técnicos já realizados. Ele menciona, por exemplo, que a cobrança na bacia Piancó-Piranhas-Açu ainda não foi implantada, embora já existam propostas e modelos. A implantação da cobrança esbarra, portanto, não apenas na falta de um sistema de fiscalização eficaz, mas também na ausência de consenso entre os usuários.

Outro fator que dificulta a implementação da cobrança é a falta de capacidade técnica dentro dos comitês de bacia. Embora existam membros tecnicamente capacitados, a igualdade de peso nas decisões entre representantes com diferentes níveis de conhecimento técnico cria um desequilíbrio nas discussões. O entrevistado da SCO revela que “um comitê que é formado tanto pela parte técnica como pela parte de usuários que não têm um conhecimento técnico” acaba por travar o avanço nas questões mais complexas, como a cobrança. A ausência de

consultorias especializadas para implementar modelos mais robustos de cobrança também é um problema recorrente, visto que os comitês frequentemente não dispõem de recursos financeiros para contratar tais serviços. A esse respeito, ele afirma que “você coloca um termo de referência de uma empresa especializada para fazer um estudo dessa natureza, ela vai cobrar em torno de 500, 600 mil para fazer um estudo de oito meses. Os comitês não têm esse recurso, mas cobra. E os caras ficam nas reuniões batendo cabeça, sem saber o que fazer. E não avança”.

A sustentabilidade econômica do sistema depende, em grande parte, de uma cobrança eficiente que permita não apenas cobrir os custos operacionais, mas também gerar receita para reinvestimentos na bacia, como na recuperação de matas ciliares e no desassoreamento dos rios. O representante da SCO aponta que um dos objetivos da cobrança seria justamente criar um “fundo de reserva para reinvestimento”, mas, sem a implementação de um modelo de cobrança, esse objetivo fica comprometido. A falta de infraestrutura adequada para monitorar o uso da água, como a ausência de medidores de vazão, também prejudica a cobrança. Sem esses instrumentos, é impossível determinar com precisão quanto cada usuário está utilizando, o que inviabiliza a aplicação de tarifas proporcionais ao uso real da água.

O representante dos Usuários, por sua vez, complementa a visão da SCO ao destacar que a modernização dos sistemas de irrigação e a conscientização dos produtores sobre o uso racional da água são fatores essenciais para garantir a sustentabilidade econômica do sistema. Ele menciona que “com a modernização dos perímetros irrigados, com a modernização dos sistemas de irrigação, a conscientização dos produtores [...] é uma grande oportunidade pra sociedade se conscientizar e ter eficiência e buscar essa eficiência na utilização desse recurso”. No entanto, essa modernização ainda é insuficiente, e muitos usuários, especialmente pequenos agricultores, continuam utilizando práticas que demandam grandes volumes de água, o que aumenta a pressão sobre o sistema e dificulta a implementação de uma cobrança justa e sustentável.

A integração entre os diferentes atores envolvidos na gestão dos recursos hídricos é outro ponto crítico levantado pelos entrevistados. A ausência de uma governança integrada que permita a troca de informações em tempo real entre os órgãos estaduais e federais prejudica tanto a fiscalização quanto a cobrança. O representante dos Usuários destaca que “a gente não tem informação em tempo real e disponibilizado publicamente dessas barragens que opera o PISF”, o que impede que os gestores tomem decisões baseadas em dados atualizados. A falta de integração também dificulta a gestão dos conflitos entre os usuários, especialmente em

períodos de escassez de água, quando as decisões sobre a alocação de volumes são cruciais para evitar crises hídricas.

Em resumo, a análise das categorias Fiscalização e Monitoramento e Cobrança e Sustentabilidade Econômica revela um ciclo de falhas que afeta a gestão dos recursos hídricos. A falta de infraestrutura adequada, aliada à ausência de um sistema de fiscalização eficaz e à dificuldade de implementar um modelo de cobrança justo e sustentável, perpetua a ineficiência do sistema. As transcrições exemplificam claramente essas dificuldades, como quando o representante da SCO afirma que “essa fatura vai chegar um dia”, referindo-se à necessidade iminente de resolver os problemas de fiscalização e cobrança, e o representante dos Usuários alerta para o impacto negativo da falta de informações em tempo real na gestão dos volumes de água.

c) Conscientização e Participação dos Usuários (CPU) e Eficiência e Tecnologias para o Uso da Água (ETA)

A falta de conhecimento sobre o funcionamento do sistema hídrico da transposição, aliada à necessidade premente de implementar tecnologias que garantam a eficiência no uso da água, caracteriza o cenário desafiador revelado pela análise das categorias "Conscientização e Participação dos Usuários" (CPU) e "Eficiência e Tecnologias para o Uso da Água" (ETA). As entrevistas com o representante da Sociedade Civil Organizada (SCO) e o representante dos Usuários destacam o papel central dessas dimensões na promoção da sustentabilidade e na governança eficaz da integração do Rio São Francisco com a Bacia Piranhas-Açu, oferecendo uma visão mais ampla e detalhada das questões envolvidas.

Na categoria Conscientização e Participação dos Usuários (CPU), emergem vários pontos críticos. O representante da SCO sublinha a existência de um entendimento equivocado por parte de muitos usuários sobre o projeto de transposição, especialmente no que tange ao objetivo de tornar os rios perenes. Ele destaca que "as pessoas não entenderam ainda o que é o projeto de transposição das águas do Rio São Francisco", mencionando que muitos acreditam que o propósito é transformar os rios em rios perenes, quando, na verdade, trata-se de um projeto de transposição de volumes de água. Esse equívoco reflete a falta de conscientização generalizada e um distanciamento dos usuários em relação ao real funcionamento e limitações do sistema. O representante argumenta que essa questão deveria ser abordada com um trabalho de conscientização contínuo, não apenas focado nos membros técnicos dos comitês, que já

possuem um certo grau de capacitação, mas ampliado para as comunidades e os usuários diretos da água, como agricultores e moradores ribeirinhos.

Esse ponto é corroborado pelo representante dos Usuários, que reforça a insuficiência na participação social nos processos decisórios. Ele reconhece que, embora tenha havido melhorias na participação, muitos atores-chave ainda não estão engajados nas discussões sobre a alocação de volumes de água, como as alocações anuais. Essa lacuna é agravada pelo *déficit* de acesso a informações cruciais em tempo real, especialmente sobre os volumes nas barragens e a operação do sistema. Como o mesmo afirma: "A gente não tem essa informação em tempo real e disponibilizado publicamente dessas barragens que opera o PISF". A falta de transparência e atualização nas informações prejudica a capacidade de os usuários se envolverem de forma mais ativa e informada nas decisões que envolvem a gestão dos recursos hídricos.

Outro fator que agrava a situação da conscientização é a ausência de um trabalho educativo consistente com as comunidades ribeirinhas e agricultores, no qual se possa esclarecer as reais condições de uso da água e as prioridades de distribuição, conforme estabelecido pela Lei nº 9.433/1997. O representante da SCO observa que a resistência a certos mecanismos, como a cobrança pelo uso da água, está diretamente relacionada à falta de compreensão dos usuários sobre a gestão hídrica. Ele destaca, por exemplo, que "há um falso entendimento hoje na comunidade civil", referindo-se à expectativa errônea de que a transposição garantirá rios perenes, quando, na verdade, trata-se de volumes controlados e de uso específico. Essa resistência, de acordo com ele, é potencializada por interesses econômicos e políticos que moldam o debate em torno do uso da água, exacerbando a polarização entre diferentes setores da sociedade.

Dentro desse contexto de conscientização, a efetiva participação dos usuários no comitê de bacia é também um ponto de controvérsia. O representante dos Usuários sugere que o comitê deveria ser liderado por membros da sociedade civil, argumentando que "quando surgem conflitos entre os órgãos públicos [...] você perde um pouco a capacidade de dirimir esses conflitos". Segundo ele, membros da sociedade civil teriam mais autonomia para mediar conflitos de forma imparcial, sem serem influenciados por posições institucionais que podem dificultar a negociação entre os diferentes interesses. Isso reflete a necessidade de reequilibrar as estruturas de poder dentro da governança hídrica, de modo que os usuários possam participar de maneira mais equitativa e assertiva nas decisões.

Quanto à categoria Eficiência e Tecnologias para o Uso da Água (ETA), ambos os entrevistados são enfáticos na necessidade de modernização dos sistemas de irrigação e de promoção do uso racional da água. O representante da SCO critica a falta de conscientização quanto às limitações dos recursos hídricos da região e questiona o uso de culturas que demandam grandes volumes de água, como o arroz, que possui uma "pegada hídrica" elevada para as condições semiáridas do sertão. Ele argumenta que é urgente a implementação de tecnologias que otimizem o consumo de água e que incentivem práticas agrícolas mais sustentáveis, além de promover a transição para culturas com menor demanda hídrica.

O representante dos Usuários compartilha dessa visão, destacando que a modernização dos perímetros irrigados é essencial para maximizar o uso da água, sobretudo no setor agrícola. Ele ressalta que "a modernização dos sistemas de irrigação" precisa ser acompanhada de uma conscientização dos produtores sobre a importância de economizar água, considerando a escassez do recurso. Segundo ele, a transposição representa uma oportunidade para a região adotar tecnologias mais eficientes, promovendo o uso sustentável da água em um contexto onde a eficiência é cada vez mais valorizada globalmente.

Além disso, a ausência de infraestrutura tecnológica adequada para medir e monitorar o uso da água surge como um desafio significativo à eficiência. O representante dos Usuários aponta que a falta de barragens e sistemas de medição compromete a gestão eficaz dos volumes de água destinados aos diferentes estados e setores. Ele observa que "esses investimentos não foram feitos" e defende a instalação de barramentos e medidores que permitam calcular com precisão a quantidade de água utilizada ao longo dos trechos do Rio Piancó-Piranhas-Açu. Essa infraestrutura seria fundamental não apenas para garantir uma alocação mais justa e eficiente dos recursos hídricos, mas também para viabilizar um sistema de cobrança proporcional e transparente.

A necessidade de investimentos em infraestrutura também é sublinhada pelo representante dos Usuários, que menciona diretamente o impacto negativo da falta de conclusão das obras de modernização, como as comportas da barragem de Engenheiro Ávidos. Ele alerta que a incompletude dessas obras impede o acesso total aos volumes disponíveis, comprometendo a operação plena do sistema. Ele afirma: "A obra [...] se arrasta e isso tem trazido prejuízos para os usuários". A conclusão dessas obras é vista como essencial para garantir a eficiência operacional do sistema de transposição, permitindo uma utilização mais equilibrada e sustentável dos recursos hídricos disponíveis.

A questão da cobrança pelo uso da água é outro ponto que conecta diretamente a eficiência no uso dos recursos hídricos à necessidade de adoção de tecnologias e infraestrutura de medição. Para o representante da SCO, um sistema de cobrança que leve em conta o volume de água utilizado e a eficiência dos sistemas empregados poderia incentivar o uso racional da água. Ele sugere que a diferenciação no preço cobrado de acordo com o volume utilizado e a eficiência dos sistemas de irrigação poderia estimular os usuários a adotar tecnologias mais modernas e a racionalizar o consumo. Esse estímulo econômico, como ele aponta, seria uma forma eficaz de promover a eficiência hídrica, especialmente em uma região onde os recursos são limitados e as pressões sobre o sistema são crescentes.

Em síntese, as categorias Conscientização e Participação dos Usuários e Eficiência e Tecnologias para o Uso da Água revelam a interdependência entre a necessidade de educação e capacitação dos usuários e a implementação de tecnologias que permitam o uso eficiente e sustentável dos recursos hídricos. As entrevistas destacam uma demanda clara por esses investimentos, tanto em infraestrutura tecnológica quanto em educação e conscientização, para garantir que os usuários compreendam melhor o sistema e possam atuar de maneira proativa na governança hídrica, assegurando o uso racional e eficiente da água a longo prazo.

d) Impactos Ambientais e Qualidade da Água (IAQA) e Segurança Hídrica e Abastecimento (SHA)

Em relação aos impactos ambientais, os desafios são evidentes, particularmente no que tange à degradação dos corpos hídricos, um problema exacerbado pela fragilidade ecológica das áreas afetadas pelo projeto de transposição. O representante da SCO é categórico ao destacar o problema do assoreamento dos rios, especialmente no trecho que vai de São Gonçalo ao Rio Grande do Norte, identificando-o como uma das principais causas da perda de eficiência na transposição. O assoreamento não apenas reduz a capacidade de transporte de água, como também compromete sua qualidade. Ele afirma: "A gente tem um rio que é bastante assoreado, isso é fato", apontando para a necessidade urgente de investimentos em infraestrutura que favoreçam a manutenção das calhas dos rios e a recuperação de matas ciliares, fundamentais para reduzir a erosão e, conseqüentemente, a sedimentação dos leitos fluviais.

Além do assoreamento, a poluição industrial é um fator adicional que prejudica a qualidade da água em determinadas áreas da bacia. Trechos específicos, como os rios Piancó e Seridó, sofrem com a contaminação resultante da presença de indústrias, em particular a indústria de couro, cuja atividade afeta diretamente a potabilidade e qualidade da água

disponível. Nas palavras do SCO, "Essa região de Caicó tem muita questão de couro também, que dá uma baixada na qualidade da água", sublinhando que, embora a qualidade hídrica em grande parte da bacia do Piranhas-Açu seja considerada aceitável, ainda há áreas onde a degradação ambiental representa uma barreira significativa à gestão sustentável dos recursos hídricos.

O problema da poluição, no entanto, não se limita à atividade industrial. O representante dos Usuários também menciona a contaminação resultante da falta de saneamento básico, principalmente pelo lançamento de esgoto não tratado diretamente nos corpos d'água, o que compromete ainda mais a qualidade da água e amplia os riscos para a saúde pública e a segurança hídrica. Ele alerta para a "necessidade urgente de investimento nessa área além de outras como saneamento, esgotos que ainda acessam ao longo do rio", referindo-se ao Rio Piranhas como um exemplo claro da falta de infraestrutura sanitária adequada, o que coloca em risco a integridade ambiental da bacia e a qualidade da água disponível para diferentes usos.

Além da degradação ambiental, um desafio adicional é o da perda de água ao longo da transposição, causada por fenômenos naturais como evaporação e desvios não autorizados. O SCO aponta que essas perdas naturais devem ser contabilizadas no planejamento de longo prazo do sistema, enfatizando que "você tem perdas por evaporação, você tem os desvios naturais, o próprio furto da água". Essas perdas não apenas afetam a quantidade de água disponível para os usuários finais, mas também colocam em xeque a viabilidade econômica do projeto de transposição, especialmente em um cenário de escassez hídrica como o do semiárido brasileiro.

A questão da segurança hídrica, diretamente associada à capacidade de abastecimento contínuo e confiável de água, é outro ponto crítico evidenciado nas entrevistas. Um dos principais desafios destacados pelos entrevistados é a precariedade da infraestrutura necessária para garantir a distribuição adequada dos volumes transpostos. O representante da SCO menciona repetidamente a falta de sistemas eficientes de medição e fiscalização, o que impede uma gestão eficaz dos recursos hídricos. Ele aponta que, sem sistemas de controle rigorosos, a distribuição da água entre os estados e setores usuários é comprometida, pois "sem esses sistemas de medição, não é possível garantir a alocação justa da água ou realizar a cobrança proporcional ao volume utilizado".

O representante dos Usuários também sublinha essa deficiência estrutural ao destacar, novamente, a falta de conclusão de obras importantes, como as comportas da barragem de Engenheiro Ávidos. Ele observa que a ineficiência estrutural da barragem prejudica a gestão

dos recursos hídricos e inviabiliza a operação plena do sistema de transposição, uma vez que "não se pode acessar todos os volumes disponíveis na barragem de Engenheiro Ávidos" (como já destacado). Essa situação não só agrava a insegurança no abastecimento de água para a região, mas também limita as capacidades de planejamento e alocação dos volumes entre os diferentes setores e estados atendidos pela transposição.

O SCO ressalta que a falta de sistemas de barramento e de medições precisas impede que os gestores do projeto tenham uma visão clara sobre o uso real da água ao longo dos trechos transpostos, dificultando a cobrança e o planejamento estratégico de uso. O mesmo menciona que a implementação de pontos de controle, como barragens simples para medição da lâmina de água, é essencial para garantir que os volumes transpostos sejam devidamente mensurados e que os usuários paguem pelo que efetivamente consomem: "Pontos de controle [...] para que você possa efetivamente saber quanto você vai pagar e quantos metros cúbicos exatamente vai pagar em termos de cobrança".

Outro ponto crítico em relação à segurança hídrica diz respeito à gestão inadequada dos recursos hídricos já disponíveis. O SCO exemplifica isso com a cidade de Sousa, que, apesar de contar com uma disponibilidade hídrica significativa no reservatório de São Gonçalo, enfrenta problemas de racionamento devido à má gestão dos recursos. Ele afirma que "o problema não é recursos hídricos, é o gerenciamento desse recurso", apontando que, sem um sistema de governança eficiente, mesmo regiões com abundância relativa de água podem sofrer com a escassez. Esse aspecto ressalta a necessidade de fortalecer as estruturas de governança hídrica, não apenas para garantir a alocação justa dos recursos, mas também para otimizar seu uso.

A eficiência no uso da água é outro aspecto central que emerge das entrevistas. O SCO critica duramente o uso de culturas agrícolas que demandam volumes excessivos de água, como o arroz, cuja produção não é compatível com as condições hídricas limitadas da região semiárida, destacando a necessidade de promover uma mudança no padrão de uso da água na agricultura, incentivando a adoção de culturas que sejam mais adequadas às limitações hídricas da região. A sugestão do SCO aponta para a urgência de se buscar práticas agrícolas mais sustentáveis e a modernização dos sistemas de irrigação como forma de aumentar a eficiência no uso dos recursos hídricos.

O representante dos Usuários complementa essa visão, enfatizando que a modernização dos perímetros irrigados é fundamental para garantir a sustentabilidade da transposição a longo

prazo. Ele menciona que "a modernização dos sistemas de irrigação, a conscientização dos produtores com a necessidade de modernização" são elementos cruciais para promover o uso racional da água, especialmente em um contexto global onde a escassez hídrica é uma preocupação crescente. Nesse sentido, a segurança hídrica depende tanto de investimentos em infraestrutura quanto de uma conscientização mais ampla dos usuários sobre a necessidade de economizar água e adotar tecnologias mais eficientes.

Em síntese, a análise das reflete uma demanda clara por investimentos em infraestrutura, tecnologias de gestão hídrica e práticas mais sustentáveis de uso da água, de modo a enfrentar os desafios de um sistema complexo que ainda enfrenta importantes limitações operacionais e ambientais.

4.9.2 Poder Público e Gestão da Bacia Hidrográfica Piancó-Piranhas-Açu

a) Gestão e Governança dos Recursos Hídricos (GG) e Infraestrutura e Investimentos Necessários (INF)

Na dimensão da Gestão e Governança dos Recursos Hídricos, emergem questões que envolvem tanto a articulação institucional quanto a eficiência operacional das estruturas responsáveis pela gestão da transposição. O representante do IGARN destaca uma carência clara de coordenação entre as várias instituições envolvidas no processo. Afirma que "os comitês ainda não estão assim, essa discussão da transposição ela não tá ainda dentro dos comitês, de forma institucionalizada, sistemática", o que revela que, embora a transposição já seja uma realidade, o debate sobre a sua gestão integrada ainda não foi consolidado nos espaços de governança participativa, como os comitês de bacia. Essa lacuna é preocupante, visto que a falta de integração institucional e de clareza nas atribuições pode comprometer a eficácia na tomada de decisões, especialmente em relação à gestão compartilhada dos recursos hídricos.

Essa ausência de institucionalização reflete uma governança fragmentada, onde a falta de clareza nas responsabilidades entre os diferentes órgãos gestores é uma constante. O presidente do Comitê da Bacia Piancó-Piranhas-Açu, por exemplo, ressalta que "não se pode centralizar a gestão do PISF", pois, na visão dele, a gestão dos recursos deve ser realizada de forma descentralizada e partilhada, envolvendo os comitês de bacia e as instâncias governamentais estaduais e federais. Esse modelo de governança partilhada, no entanto, ainda está distante de ser plenamente implementado, e a falta de um fórum de discussão regular entre

os principais atores envolvidos, como sugere o entrevistado, impede que se estabeleça uma governança mais coesa e eficiente. O entrelaçamento de responsabilidades entre estados, União e comitês cria uma teia burocrática que atrasa a implementação de políticas eficazes para a gestão dos recursos.

Além disso, a questão da cobrança pelo uso da água da transposição emerge como um tema central nas discussões sobre governança. A complexidade desse processo é amplamente reconhecida pelos entrevistados, que concordam quanto à urgência de sua implementação, mas reconhecem os obstáculos envolvidos. O presidente do Comitê da Bacia Piancó-Piranhas-Açu sublinha que "a cobrança é uma questão séria", acrescentando que, sem a sua implementação, "não vamos conseguir fazer gestão de bacia". Essa cobrança não se trata apenas de um mecanismo financeiro, mas de um instrumento crucial para assegurar a sustentabilidade da gestão hídrica na região. O uso dos recursos arrecadados com a cobrança seria, de acordo com o presidente, fundamental para fomentar o desenvolvimento das bacias e viabilizar a manutenção da infraestrutura necessária. No entanto, ele observa que a estruturação de um sistema de cobrança é desafiadora, especialmente em uma região onde a dominialidade das águas é compartilhada entre diferentes instâncias de poder.

Essa divisão de competências é particularmente evidente nas dificuldades relacionadas à fiscalização, outro ponto sensível da governança dos recursos hídricos. O representante da AESA enfatiza que a fiscalização no contexto da transposição deve ser "educativa, mas também punitiva", indicando que, além da necessidade de conscientizar os usuários sobre o uso racional da água, é crucial a aplicação de sanções para aqueles que infringirem as regras de uso. Ele menciona que a "outorga dos direitos de uso da água deve ser revisada e ajustada periodicamente", a fim de garantir que os volumes alocados estejam de acordo com as reais necessidades dos usuários, evitando desperdícios e a apropriação indevida da água, um problema que já se manifestou em outros sistemas de gestão hídrica no país.

A sobreposição entre as águas de domínio federal e estadual também gera desafios operacionais. O representante do IGARN destaca essa questão ao explicar que, no caso do Rio Grande do Norte, "o Rio Piranhas é de domínio da União, então a outorga é da ANA. Mas a água da transposição é uma água comprada, então é água do Estado". Esse cenário gera uma situação confusa, pois, enquanto a fiscalização da água do Rio Piranhas é responsabilidade da União, a água da transposição, por ser paga, requer uma fiscalização estadual. O representante ainda acrescenta que "não dá para separar essa água do Piancó e essa água do Piranhas, elas estão misturadas ali", o que evidencia a complexidade da gestão hídrica nesse contexto.

No campo da Infraestrutura e Investimentos Necessários, as entrevistas revelam uma necessidade urgente de melhorias e adequações no sistema de transposição para garantir sua eficiência operacional. Embora a infraestrutura principal do PISF tenha sido elogiada por todos os entrevistados, especialmente o presidente do Comitê da Bacia Piancó-Piranhas-Açu, que a considera "um projeto magnífico", há uma série de obras complementares que ainda precisam ser realizadas para assegurar que o sistema funcione de maneira plena. O representante do IGARN, por exemplo, ressalta a falta de pontos de controle adequados na divisa entre o Rio Grande do Norte e a Paraíba, necessários para medir com precisão o volume de água que é transferido entre os estados. Ele afirma que "precisa trabalhar melhor isso, ter um portal de entrega mais calibrado para essa água", evidenciando a precariedade atual dos instrumentos de medição e controle da água transposta.

Essas deficiências também são observadas no sistema de desassoreamento dos rios que compõem a bacia. O representante da AESA menciona que a área do perímetro irrigado de Sousa, na Paraíba, tem sido severamente impactada pelo acúmulo de sedimentos nos rios, o que tem causado alagamentos e prejudicado a atividade agrícola. Ele explica que "o problema não é apenas o assoreamento, mas também a presença de afloramentos rochosos que dificultam o fluxo da água", o que torna a obra de desassoreamento mais complexa e dispendiosa do que o inicialmente previsto. Além disso, ele ressalta a importância da instalação de medidores de vazão ao longo do rio, pois são essenciais para controlar o uso da água e garantir que os estados paguem pelo volume efetivamente utilizado. Sem esses medidores, a gestão da água transposta fica comprometida, o que pode levar a conflitos entre os estados receptores e a União.

Outro ponto crítico mencionado nas entrevistas é a questão da adequação dos reservatórios receptores. O presidente do Comitê da Bacia Piancó-Piranhas-Açu destaca que, embora os reservatórios, como Engenheiro Ávidos e São Gonçalo, estejam passando por reformas e adequações para receber as águas da transposição, essas obras ainda estão longe de serem concluídas. Ele sugere que o processo de adequação é contínuo e que "todo projeto de engenharia pode apresentar alguma questão de necessidade de adequação" após a sua conclusão, o que indica que investimentos contínuos serão necessários para garantir que o sistema opere de maneira eficiente e segura.

b) Fiscalização e Monitoramento (FM) e Cobrança e Sustentabilidade Econômica (CSE)

No que se refere à fiscalização e monitoramento, um dos grandes desafios apontados pelos entrevistados é a falta de um sistema de fiscalização bem estruturado e a sobreposição de responsabilidades entre os entes federais e estaduais. O representante do IGARN enfatiza a dificuldade que o Rio Grande do Norte enfrenta na delimitação clara das competências de fiscalização: “Hoje a fiscalização das águas do Rio Piranhas é da ANA. Quando chegar a transposição, a água paga, a fiscalização terá que ser do Estado. Isso revela um quadro de ambiguidade que compromete a eficiência no monitoramento dos recursos hídricos. No entanto, a falta de clareza sobre quem deve fiscalizar e como isso será feito, especialmente quando há mistura de águas transpostas e naturais, como ocorre no Rio Piancó, agrava ainda mais a situação. A integração de dois sistemas de águas (endógenas e exógenas) sem uma demarcação clara de competência pode resultar em lacunas de fiscalização, como bem exposto pelo mesmo representante: “Não dá para separar essa água do Piancó e essa água do Piranhas, elas estão misturadas ali.”

Além disso, o presidente do Comitê da Bacia Piancó-Piranhas-Açu (CBPPA) destaca outro aspecto da fiscalização, que é a ausência de uma estrutura institucional que assegure o monitoramento adequado ao longo do percurso da transposição. Segundo ele, “a água chega no portal de Monteiro, chega lá em Caiçara, vai para Engenheiro Ávidos e São Gonçalo, e daí sai para o Rio Grande do Norte. Mas tem um percurso enorme de São Gonçalo até a divisa com o Rio Grande do Norte. Quem vai fiscalizar?”. Esse depoimento reforça a urgência de estabelecer mecanismos claros de fiscalização ao longo dos canais de transposição, garantindo que a água não seja desviada ilegalmente ou mal utilizada.

A necessidade de investimentos em infraestrutura adequada ao monitoramento também foi amplamente discutida. O representante da AESA (Agência Executiva de Gestão das Águas da Paraíba) sublinhou a importância de medidores de vazão ao longo dos trechos críticos da bacia para quantificar a água que efetivamente chega aos usuários finais. Esses dispositivos são fundamentais para coibir o roubo de água e para uma gestão mais eficiente. Ele menciona: “Tá sendo colocado também alguns medidores de vazão para saber quanto de água tá passando aqui e ali, são três, e quanto chega no Rio Grande do Norte, que é o que o Rio Grande do Norte vai pagar”

No que tange à cobrança e sustentabilidade econômica, a questão se mostra igualmente delicada. A integração do PISF impõe um desafio econômico, já que a água transposta tem um

custo mais elevado, e sua cobrança precisa ser equacionada de forma que seja sustentável financeiramente, mas ao mesmo tempo acessível aos usuários. O representante do IGARN ilustra essa complexidade ao afirmar que os usuários não têm condições financeiras de arcar com o custo total da água transposta: “Os usuários das bacias não têm o poder aquisitivo para pagar o custo dessa água, que é uma água mais cara do que as demais águas, né? Então, a ideia é dividir pelos consumidores urbanos, através de uma conta de água”. Tal proposta reflete a necessidade de pensar em um modelo de cobrança que redistribua os custos, evitando sobrecarregar setores mais vulneráveis, como a agricultura familiar e pequenos irrigantes.

O presidente do CBPPA, por sua vez, enfatiza que a cobrança pela água deve ser implementada o mais rápido possível, pois sem isso, a gestão das bacias ficará financeiramente insustentável. Ele argumenta que a cobrança é necessária não apenas para garantir o uso racional dos recursos hídricos, mas também para possibilitar o desenvolvimento das bacias: “Nós não vamos conseguir fazer gestão de bacia, gestão na bacia sem que haja cobrança. [...] A cobrança pelo uso de recursos hídricos trata-se de um evento além do valor econômico da água, também é um evento necessário para implementar o desenvolvimento da bacia”. Ele ainda salienta a complexidade das taxas, que incluem tanto a cobrança pelo uso da água transposta quanto pelas águas internas à bacia, o que exige um mecanismo que diferencie esses dois tipos de uso.

Essa necessidade de revisão do modelo de cobrança é compartilhada também pelo representante da AESA, que observa que os valores atuais das outorgas são baixos e precisam ser reajustados: “Tá sendo feito um reestudo de valores de outorgas, que é muito baixo, né?”. Essa revisão é fundamental para garantir que a arrecadação seja suficiente para a manutenção do sistema e que os usuários sejam incentivados a usar a água de forma eficiente.

Em termos de sustentabilidade econômica, uma das maiores preocupações levantadas é o elevado custo da água transposta, que, segundo o presidente do CBPPA, torna inviável seu uso na agricultura sob os moldes atuais. Ele destaca que é necessário criar mecanismos para que a água chegue a um preço mais acessível, especialmente para usos produtivos: “A água está chegando cara, não dá para pagar o preço da água agora para usar na agricultura”. Essa observação demonstra que, sem um ajuste nos preços e na forma de cobrança, a água do São Francisco não será utilizada para atividades produtivas de maneira ampla, o que pode frustrar os objetivos de desenvolvimento socioeconômico da região.

Assim, a sustentabilidade econômica da transposição está diretamente ligada a um sistema de cobrança bem estruturado, que leve em consideração as condições socioeconômicas dos usuários e a necessidade de reinvestimento nos sistemas de gestão e monitoramento. A fiscalização eficaz e o monitoramento contínuo, por sua vez, garantem que os recursos arrecadados sejam utilizados de forma eficiente, garantindo a perenidade do sistema e evitando desperdícios.

c) Conscientização e Participação dos Usuários (CPU) e Eficiência e Tecnologias para o Uso da Água (ETA)

No que tange à Conscientização e Participação dos Usuários (CPU), um ponto central é a necessidade de aumentar a participação dos diferentes grupos sociais nos processos de decisão e gestão dos recursos hídricos. O presidente do Comitê da Bacia Piancó-Piranhas-Açu (CBPPA) destaca que a representatividade dentro dos comitês de bacia, responsáveis pela gestão participativa, ainda enfrenta grandes desafios. Ele afirma: "Nós temos 147 prefeituras no Piancó-Piranhas-Açu, e muitos municípios não têm um prefeito participando. Às vezes, tem um secretário que é uma boa representatividade porque é uma pessoa que tem conhecimento, mas muitas vezes a indicação é de pessoas que não têm nada a ver". Esse cenário revela a falta de compromisso e engajamento por parte dos municípios, comprometendo a efetividade da gestão descentralizada.

Além disso, a participação dos usuários de água é frequentemente limitada pela falta de recursos e incentivos. O mesmo entrevistado aponta que "os poderes públicos municipais não querem participar do comitê e não querem arcar com as despesas dos seus representantes", ressaltando a necessidade de uma conscientização maior tanto das autoridades quanto dos usuários. Isso inclui o reconhecimento da importância dos comitês como instâncias consultivas e a valorização do papel dos representantes nos processos decisórios, que muitas vezes são vistos como tarefas secundárias.

Outro aspecto fundamental da conscientização dos usuários está ligado à compreensão dos desafios impostos pela transposição do Rio São Francisco. Segundo o representante do IGARN, há uma lacuna na disseminação de informações sobre a gestão dos recursos advindos da transposição, tanto no âmbito técnico quanto no administrativo. A falta de clareza sobre como será gerida a água da transposição reflete uma lacuna na integração do processo de conscientização, o que compromete a capacidade dos usuários de participarem de maneira efetiva nas discussões e decisões relativas ao uso desses recursos.

Paralelamente, a participação ativa dos usuários está diretamente relacionada à Eficiência e Tecnologias para o Uso da Água (ETA). A adoção de soluções tecnológicas para otimizar o uso da água é crucial para garantir a sustentabilidade dos recursos hídricos em uma bacia que enfrenta problemas crônicos de escassez. O presidente do CBPPA sugere que a água da transposição do Rio São Francisco deveria ser destinada prioritariamente ao abastecimento humano, enquanto as águas endógenas, resultantes das chuvas, poderiam ser direcionadas para outros usos, como a irrigação e a indústria. Ele afirma: "A água do São Francisco para garantia do quê? De que o povo não morra de sede. O povo da cidade, da cidade toda, seja contemplado com sistemas de abastecimento público de água". Essa abordagem mostra a necessidade de uma estratégia de gestão que diferencie as finalidades de uso da água, otimizando a alocação dos recursos conforme as necessidades de cada setor.

A eficiência no uso da água é especialmente importante no contexto agrícola, onde a irrigação consome grande parte dos recursos hídricos disponíveis. O representante da AESA destaca que, para melhorar a gestão, é preciso investir em infraestrutura que permita monitorar e controlar o uso da água em áreas irrigadas. O uso de tecnologias como medidores de vazão é fundamental para garantir uma distribuição equitativa da água e evitar o desperdício, possibilitando também uma maior transparência na cobrança pelo uso dos recursos hídricos.

Ademais, o investimento em tecnologias de irrigação mais eficientes é visto como um caminho imprescindível para assegurar que a água seja usada de maneira racional. O presidente do CBPPA sugere que "é necessário a gente poupar água dentro de critérios de irrigação e culturas também, tanto de cultura de irrigação quanto culturas econômicas". A utilização de sistemas de irrigação modernos, que minimizam as perdas e maximizam a eficiência hídrica, é essencial em regiões semiáridas como o PPA, onde cada metro cúbico de água conta.

Além das tecnologias voltadas diretamente para o uso agrícola, o representante da AESA também salienta a importância de corrigir problemas estruturais que comprometem a eficiência no uso da água. Ele menciona, por exemplo, a necessidade de desassorear trechos do rio e de aprofundar calhas fluviais, medidas que, segundo ele, têm o potencial de "alagar todo o projeto" se não forem implementadas adequadamente. Ele explica que "o desassoreamento é porque naquele rio tem muito afloramento rochoso. Quando tem um afloramento rochoso, a água tem que passar por cima, então acumula a montante e alaga". A falta de obras complementares e de manutenção das infraestruturas fluviais compromete a eficiência da distribuição de água e aumenta os riscos de desperdício.

Por fim, tanto a conscientização dos usuários quanto a adoção de tecnologias eficientes dependem de uma governança que consiga integrar esses dois aspectos de forma harmoniosa e sustentável. O presidente do CBPPA reitera que a água da transposição, por ser cara, precisa ser usada de maneira extremamente criteriosa, o que só é possível com uma gestão baseada em dados precisos e em tecnologias que permitam o monitoramento e a alocação correta dos recursos. Ele alerta que "a água está chegando cara, não dá para pagar o preço da água agora para usar na agricultura", evidenciando que o custo da água transposta é um fator limitante para seu uso em setores como o agrícola, a menos que sejam adotadas tecnologias que permitam um uso mais eficiente.

d) Impactos Ambientais e Qualidade da Água (IAQA) e Segurança Hídrica e Abastecimento (SHA)

No âmbito da categoria Impactos Ambientais e Qualidade da Água (IAQA), um dos principais desafios identificados é a modificação do ecossistema local em razão da transposição. Conforme pontua o presidente do Comitê da Bacia Piancó-Piranhas-Açu, a chegada de águas de outra bacia hidrográfica pode alterar significativamente os corpos d'água receptores, impactando desde a fauna aquática até a dinâmica de sedimentos. Ele afirma: "Existem alguns fatores que se falam em questão da biofauna, mas eu acredito que o que vem para o bem a gente tem de saber que pode trazer algumas imperfeições, ter alguma migração de alguma espécie de peixe que seja nociva às nossas espécies aqui". Essa observação revela a preocupação com o risco de introdução de espécies exóticas que podem afetar negativamente o equilíbrio dos ecossistemas aquáticos locais, exigindo estudos mais aprofundados sobre os impactos potenciais da transposição na biodiversidade.

Outro ponto crucial é a qualidade da água transposta, que, segundo o representante da AESA, é superior à água presente nos rios da bacia PPA. Ele comenta que "a água do São Francisco, o padrão de água do São Francisco é excelente", trazendo benefícios claros para a qualidade dos corpos d'água da bacia receptora. Todavia, também aponta que esse influxo de água de melhor qualidade pode gerar uma mudança brusca no habitat aquático, especialmente para as espécies que se adaptaram às condições mais salinas ou com maior carga de sólidos dissolvidos. Isso sugere que, embora a água transposta melhore os padrões de potabilidade e uso humano, há incertezas quanto aos seus efeitos ecológicos, que devem ser investigadas para evitar impactos ambientais adversos a longo prazo.

O representante do IGARN também levanta a questão da ausência de um sistema formal de enquadramento dos corpos d'água na bacia Piancó-Piranhas-Açu. Ele observa que, em muitos trechos, os rios estão secos por longos períodos, tornando o processo de enquadramento complexo: "No caso do Rio Piranhas, no estado da Paraíba, de Sousa até Pombal, é um rio seco. Então, enquadrar um rio seco é uma coisa meio complicada ainda". A ausência de um enquadramento adequado, que estabeleça critérios de qualidade para os diversos usos da água, é uma lacuna na gestão ambiental da bacia, dificultando o planejamento de ações que preservem a integridade dos corpos d'água e a saúde dos ecossistemas associados.

Já na categoria Segurança Hídrica e Abastecimento (SHA), a questão do abastecimento humano é central. O presidente do CBPPA destaca que a água proveniente da transposição do Rio São Francisco deve ser prioritariamente utilizada para garantir o abastecimento urbano, assegurando que as populações locais não enfrentem desabastecimento em períodos de seca prolongada. Isso demonstra a importância de uma gestão criteriosa que privilegie o consumo humano como principal destino dos recursos hídricos transpostos, assegurando que as populações não enfrentem vulnerabilidades hídricas em um contexto de escassez crônica.

Entretanto, o alto custo da água transposta gera preocupações quanto à sustentabilidade desse modelo de abastecimento. O presidente do CBPPA, conforme já mencionado, observa que "a água está chegando cara, não dá para pagar o preço da água agora para usar na agricultura". A elevada tarifa da água transposta inviabiliza seu uso para atividades produtivas como a irrigação, impondo desafios para a agricultura local. Isso evidencia a necessidade de estratégias que otimizem o uso da água disponível, diferenciando entre usos nobres, como o consumo humano, e usos menos prioritários, como a irrigação agrícola, a fim de garantir a segurança hídrica a longo prazo.

No tocante à segurança hídrica, o presidente do CBPPA sugere que a transposição oferece uma oportunidade de reestruturar o uso dos recursos hídricos na bacia PPA, priorizando o abastecimento humano com a água transposta e reservando as águas locais para atividades produtivas de menor valor econômico: "É uma saída, né, que pode acontecer. O estado pode ter essa linha também de otimizar dessa forma aí, também ficaria continuamente necessitando de água". Essa abordagem busca equilibrar a oferta limitada de recursos hídricos com as diversas demandas, garantindo que a água mais cara e de melhor qualidade seja direcionada para o abastecimento humano, enquanto as águas endógenas, mais baratas, sejam usadas para outros fins, como a irrigação.

Contudo, a complexidade na gestão dos recursos hídricos transpostos impõe desafios institucionais. O representante da AESA ressalta que há dificuldades em definir claramente as responsabilidades de fiscalização e gestão entre os diferentes entes envolvidos, como o Estado e a União. Ele observa que "a nossa gestão vai ser em função de fiscalização dessa água, que não é barata. Fiscalização e integração estado-união nessas questões de dominialidade da água". Esse ponto levanta a necessidade de um arcabouço institucional mais robusto, que defina com clareza as competências de cada órgão envolvido na gestão da transposição, evitando conflitos e assegurando uma governança eficiente dos recursos hídricos.

4.9.3 Professores Especialistas da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)

a) Gestão e Governança dos Recursos Hídricos (GG) e Infraestrutura e Investimentos Necessários (INF)

A Gestão e Governança dos Recursos Hídricos (GG) é um dos pilares centrais no processo de integração do Rio São Francisco com a Bacia Piranhas-Açu. A análise dos entrevistados revela uma complexa teia de relações entre diferentes esferas de poder (federal, estadual e municipal), com implicações diretas na eficácia do gerenciamento dos recursos hídricos. O sucesso desse processo depende, sobretudo, de uma interação integrada e eficiente entre esses diferentes níveis de governo. O Professor 1 foi enfático ao destacar que “o sucesso de qualquer obra dessa magnitude só ocorre quando há uma interação bem orquestrada entre o governo federal, estadual e municipal”, apontando falhas históricas em gestões passadas, como as dos perímetros irrigados do DNOCS, que fracassaram pela ausência de uma cooperação mais articulada entre essas instâncias de poder. Ele traça um paralelo direto entre essas falhas e o atual desafio de governança na transposição, indicando que o projeto está fadado ao insucesso se não houver um esforço conjunto para superar as barreiras político-administrativas.

Esse cenário de fragmentação institucional é corroborado pelo Professor 2, que apontou que a falta de harmonia entre as gestões federal e estadual continua sendo um obstáculo significativo, gerando uma espécie de "estrangulamento político". Ele explica que a falta de sintonia entre os governos “pode ser um dos entraves” na implementação de ações coordenadas. O professor detalhou ainda que, em algumas ocasiões, disputas partidárias chegam a comprometer a execução de projetos, prejudicando diretamente o cronograma e o fluxo de recursos, o que cria um ciclo de atraso e ineficiência. A partir dessa análise, é evidente que a

política de recursos hídricos precisa estar blindada contra a volatilidade político-partidária, de modo que o foco principal permaneça no desenvolvimento sustentável da região e na gestão eficaz da água.

Outro aspecto essencial discutido pelos especialistas foi o papel dos comitês de bacia na governança dos recursos. O Professor 1 mencionou que, embora os comitês de bacia tenham um papel estratégico na gestão, a capacitação técnica dos membros desses comitês ainda é uma barreira significativa. Ele sugeriu que, caso “os comitês de bacia não estejam capacitados, o estado, a AESA ou mesmo a ANA têm condições de oferecer essa capacitação”, evidenciando a necessidade de maior apoio institucional para que esses grupos possam desempenhar suas funções com maior eficácia. No entanto, há uma necessidade urgente de aprimorar o preparo técnico dos representantes dos comitês para que estejam aptos a lidar com os novos desafios trazidos pela transposição.

O Professor 3 trouxe uma contribuição importante ao discutir a governança inclusiva, ressaltando a necessidade de um envolvimento mais ativo da sociedade civil e dos atores locais na tomada de decisões. Ele afirmou que “a governança da água, por envolver atores de diversas áreas e interesses conflitantes, poderá ser a saída para encontrar soluções plausíveis para os desafios de gestão”, defendendo um modelo de gestão que promova o diálogo entre as esferas públicas e privadas e que fomente a participação popular. Isso aponta para um problema mais profundo, que é a subutilização da capacidade instalada de conhecimento e da experiência prática de vários setores, tanto na academia quanto no meio rural, industrial e de serviços, que poderiam contribuir para soluções mais inovadoras e eficazes no uso da água. Esse tipo de cooperação intersetorial e interinstitucional é fundamental para que a governança da água seja eficiente, especialmente em regiões semiáridas, onde a escassez de recursos hídricos impõe desafios únicos.

Além disso, a transparência e o acesso a informações também foram apontados como lacunas significativas na gestão dos recursos hídricos. O Professor 4 foi enfático ao destacar que, embora instituições como a AESA disponibilizem informações regulares, “não há um sistema de informações diretamente relacionado à integração que apoie efetivamente os tomadores de decisão”. Essa falta de um sistema integrado e acessível compromete a transparência no processo de gestão, dificultando o planejamento estratégico e a tomada de decisões fundamentadas. Decisões cruciais, como a gestão de outorgas e a fiscalização do uso da água, dependem de dados atualizados e de fácil acesso, e a ausência de uma plataforma única que consolide essas informações gera ineficiências e prejudica a governança. Essa crítica aponta

para a necessidade de investimentos na criação de sistemas robustos de monitoramento e de plataformas digitais que facilitem o fluxo de informações entre os diversos atores envolvidos na gestão dos recursos hídricos.

A análise da categoria Infraestrutura e Investimentos Necessários (INF) destaca as deficiências e lacunas estruturais que ainda precisam ser preenchidas para que a integração do Rio São Francisco com a Bacia Piranhas-Açu atinja todo o seu potencial. Os especialistas convergem na percepção de que, embora o projeto já esteja em andamento, ele ainda requer investimentos contínuos em manutenção, modernização e expansão da infraestrutura existente. O Professor 1 foi claro ao afirmar que "são obras físicas que constantemente carecem de reparos, de manutenção", e ressaltou que o sucesso a longo prazo do projeto dependerá da implementação de novas tecnologias, especialmente no que diz respeito aos sistemas de irrigação para pequenos produtores. Segundo ele, esses produtores ainda não têm acesso à tecnologia adequada para otimizar o uso da água, o que compromete a produtividade e a sustentabilidade de suas atividades.

Essa visão é corroborada pelo Professor 2, que apontou para falhas recorrentes no sistema de bombeamento, um dos principais pilares da infraestrutura hídrica da transposição. Ele destacou que "a ausência de reposição de bombas que sejam suplentes de reserva seria algo que precisa ter um projeto desse", sugerindo que o sistema atual é frágil e suscetível a paralisações constantes devido à falta de peças sobressalentes e uma manutenção preventiva inadequada. Essa fragilidade estrutural impede que o sistema funcione de forma contínua e compromete a segurança hídrica dos usuários finais, tanto para consumo humano quanto para atividades agrícolas. Para mitigar esses problemas, seria necessário um planejamento mais robusto de manutenção, com contratos de longo prazo que garantam a reposição rápida de equipamentos críticos, além da diversificação de fontes energéticas para minimizar os custos operacionais.

Neste ponto, a Professora 3 fez uma contribuição significativa ao sugerir que o sistema deveria explorar fontes renováveis de energia, como a solar e a eólica, para reduzir os custos de operação. Ela mencionou que as bombas e outras estruturas do sistema "funcionam com fontes de energia convencionais ou já aderiram às fontes de energia eólica e solar?", questionando se há um planejamento para a transição energética. De fato, a adoção dessas fontes poderia não apenas reduzir os custos, mas também promover uma maior sustentabilidade ambiental, um aspecto vital para a longevidade do projeto em um cenário de mudanças climáticas e crises energéticas.

Outro ponto crucial na infraestrutura levantado pelos entrevistados é a necessidade de monitoramento da qualidade da água. A Professora 3 sugeriu a criação de laboratórios móveis que pudessem "fazer análises básicas para verificar a qualidade da água", mencionando que, no caso de Campina Grande, surgiram "problemas com toxinas e bactérias" logo após a chegada da água da transposição. Esse alerta destaca a importância de garantir que, ao longo de todo o percurso da água, haja mecanismos de controle de qualidade que possam identificar e mitigar rapidamente qualquer tipo de contaminação. Nesse sentido, o monitoramento contínuo da qualidade da água, aliado a tecnologias avançadas de tratamento, é essencial para assegurar que o projeto atenda aos padrões de segurança hídrica esperados.

Além disso, o impacto econômico e social dos investimentos em infraestrutura de irrigação foi amplamente discutido. A Professora 3 questionou se “os pequenos produtores receberam os equipamentos adequados de irrigação”, sugerindo que, sem esses investimentos, a integração não atenderá às expectativas de desenvolvimento rural. Para ela, é fundamental que a distribuição da água seja acompanhada de políticas de apoio à infraestrutura agrícola, garantindo que os pequenos produtores possam competir em condições mais equitativas e maximizar o uso da água da transposição de forma eficiente.

Por fim, os especialistas foram unânimes ao apontar que a infraestrutura do projeto precisa de investimentos contínuos, mas também de melhorias na gestão interinstitucional. O Professor 4 foi enfático ao afirmar que “os desafios de coordenação e participação efetiva entre atores” são um obstáculo significativo para a implementação de obras de infraestrutura e para a execução de políticas públicas associadas à integração. Segundo ele, sem uma coordenação eficiente entre os diferentes níveis de governo e sem uma participação ativa de todos os setores da sociedade, qualquer avanço em infraestrutura será limitado e insustentável a longo prazo.

b) Fiscalização e Monitoramento (FM) e Cobrança e Sustentabilidade Econômica (CSE)

A Fiscalização e Monitoramento (FM) é uma dimensão que perpassa todas as etapas do processo de transposição do Rio São Francisco, sendo essencial para assegurar a eficiência, equidade e sustentabilidade do projeto ao longo do tempo. O consenso entre os especialistas é claro: a infraestrutura do projeto está longe de ser suficiente sem um sistema rigoroso de monitoramento e fiscalização, que garanta tanto o uso adequado dos recursos hídricos quanto a preservação da qualidade ambiental e social. A ausência de fiscalização efetiva, como ressaltou o Professor 1, é um dos principais fatores que comprometem o sucesso da integração, uma vez que “a manutenção, uma fiscalização mais adequada” são elementos essenciais para garantir a

durabilidade e funcionalidade das infraestruturas hídricas. Este depoimento sinaliza que, apesar da monumentalidade da obra, não foram previstos mecanismos adequados para garantir o cumprimento das normativas de gestão e fiscalização, algo que compromete a eficiência do sistema como um todo.

A necessidade de monitorar a qualidade da água foi um ponto reiteradamente levantado. O impacto direto da transposição sobre a qualidade da água distribuída nas bacias receptoras é uma preocupação constante. A Professora 3, ao tratar dos problemas enfrentados em Campina Grande, ressaltou que a chegada da água da transposição trouxe consigo a percepção de que ela, por si só, resolveria os problemas de qualidade. Essa observação sugere que o monitoramento contínuo é vital não apenas para assegurar a qualidade da água em sua fonte, mas também ao longo de todo o percurso do canal, em especial nos reservatórios intermediários, onde a proliferação de organismos e a contaminação são mais prováveis.

Esse ponto de vista é apoiado também pelo Professor 2, que, como já mencionado, apontou a infraestrutura precária de manutenção das bombas e sistemas de bombeamento como uma falha crucial no projeto. Ele observou que "a ausência de reposição de bombas que sejam suplentes de reserva" leva a frequentes paralisações do sistema, interrompendo o fluxo de água e, conseqüentemente, dificultando a fiscalização de sua distribuição e uso. Nesse sentido, ele advoga por uma política de manutenção preventiva que não apenas assegure o funcionamento contínuo do sistema, mas que também permita o monitoramento constante dos recursos ao longo de todo o percurso da transposição.

Além da infraestrutura física, o monitoramento das outorgas de água também foi levantado como um desafio significativo para a governança do sistema. A Professora 3 destacou que, embora a outorga seja uma ferramenta fundamental para "organizar o uso" da água, ela carece de um sistema eficiente que garanta sua aplicação de forma justa e equitativa. Nesse sentido, ele comentou que a outorga "é uma coisa boa... ela organiza o uso", permitindo que os recursos hídricos sejam distribuídos de forma equilibrada entre os diferentes usuários. No entanto, sem um sistema de monitoramento eficaz, a outorga corre o risco de ser mal aplicada, resultando em uso excessivo por alguns setores em detrimento de outros, além de possíveis conflitos entre usuários. Assim, o monitoramento da aplicação das outorgas é visto como um pilar essencial para a gestão sustentável da água.

A participação social foi outro elemento-chave identificado no processo de fiscalização, com ênfase na necessidade de um engajamento mais direto dos diferentes atores envolvidos. O

Professor 4 chamou atenção para a "falta de transparência e participação" no processo decisório, algo que, segundo ele, é um obstáculo para a implementação de uma fiscalização mais democrática e eficiente. Ele sugere que a governança da transposição deve envolver não apenas os agentes governamentais, mas também as comunidades locais e os usuários finais, fortalecendo assim o monitoramento por meio de uma abordagem mais colaborativa. Esse ponto é fundamental, pois amplia a noção de fiscalização de uma prática meramente técnica para uma dimensão social, onde o envolvimento da sociedade civil se torna um fator de controle social e garantia de transparência no uso dos recursos.

Por sua vez, sobre Cobrança e Sustentabilidade Econômica (CSE), os professores especialistas da UFCG concordam que a cobrança pelo uso da água é uma necessidade inevitável, porém destacam a importância de que esse processo seja conduzido de forma gradual, transparente e acompanhada de uma conscientização pública.

O Professor 1, ao abordar a questão da cobrança, reconhece que "ninguém gosta de imposto", mas sustenta que uma campanha de conscientização sobre os benefícios da transposição pode ajudar a mitigar o impacto dessa medida, especialmente entre os usuários que estão mais acostumados ao acesso gratuito à água. Ele sugere que a cobrança deve ser precedida por um esforço massivo de comunicação e educação, para que a população entenda que os custos associados à captação e distribuição da água são necessários para garantir a sustentabilidade do sistema. Essa abordagem educativa é essencial, segundo ele, para amenizar a resistência inicial ao pagamento pelo uso da água.

O desafio da cobrança é especialmente agudo no setor agrícola, particularmente entre os pequenos irrigantes, que dependem da água transposta para manter suas atividades produtivas. O Professor 2 abordou essa questão de maneira crítica, trazendo dados de sua própria pesquisa para ilustrar os desafios enfrentados pelos produtores. Ele observou que, em simulações de cobrança, os irrigantes já pagam um alto custo pela energia necessária para operar os sistemas de bombeamento, e que a adição de uma tarifa pela água poderia dobrar esse custo, inviabilizando economicamente a agricultura irrigada. Ele comenta que "quando eu fiz o cálculo na minha tese, cheguei a empatar o valor que já se pagava de energia". Esse dado é emblemático, pois aponta para a necessidade de se pensar em modelos de cobrança que sejam justos e que considerem as realidades econômicas dos pequenos agricultores, sob o risco de inviabilizar a sustentabilidade econômica do projeto.

A Professora 3 complementa essa visão, sugerindo que, para garantir a sustentabilidade econômica da transposição, é necessário também investir em tecnologias sustentáveis que reduzam os custos operacionais e aumentem a eficiência do uso da água. Essa proposta está alinhada com a necessidade de se pensar em soluções inovadoras para garantir que a transposição não se torne um fardo econômico, especialmente para os pequenos produtores e comunidades mais vulneráveis.

Além disso, a transparência no modelo de cobrança foi outro aspecto amplamente discutido. O Professor 2 levantou a questão de como diferenciar a água transposta da água que já existe nas bacias locais, trazendo à tona um ponto crítico: “quem é que me diz que essa água que eu estou pagando é a água que vem transportada? ”. Essa observação reflete uma preocupação legítima sobre a origem da água e sobre a justiça da cobrança, especialmente em áreas onde os usuários têm acesso a outras fontes de água, como poços artesianos. Nesse contexto, o desenvolvimento de um sistema transparente de medição e cobrança torna-se essencial para evitar conflitos e garantir que o modelo seja aceito pela sociedade.

Por fim, o Professor 4 trouxe à discussão a dimensão política e institucional da cobrança, destacando que, sem uma governança eficiente, o sistema de cobrança corre o risco de se tornar um fator de tensão e divisão entre os diferentes grupos de interesse. Ele afirma que "a governança da água por envolver atores de diversas áreas e interesses conflitantes poderá ser a saída para encontrar soluções plausíveis", reforçando a necessidade de um diálogo contínuo entre os setores público, privado e a sociedade civil para construir um modelo de cobrança que seja socialmente justo e economicamente viável. Nesse sentido, a cobrança pelo uso da água deve ser vista não apenas como uma questão técnica, mas também como um processo político que exige negociação e consenso entre os diferentes atores.

c) Conscientização e Participação dos Usuários (CPU) e Eficiência e Tecnologias para o Uso da Água (ETA)

A conscientização dos usuários sobre a importância do projeto e a necessidade de participação ativa na sua gestão são temas recorrentes nas entrevistas. O Professor 1 enfatiza que "a sociedade civil tem que realmente cobrar dos gestores para que seja finalizada essa grande e importante obra". Ele reconhece que a transposição é uma obra sem precedentes no Brasil, talvez até no mundo, e ressalta a falta de dimensão completa do projeto pelos gestores iniciais. Essa falta de entendimento pleno pode ter contribuído para deficiências na implementação e operação do sistema. O professor argumenta que, para superar essas

deficiências, é fundamental que a sociedade civil esteja informada e engajada, cobrando ações efetivas dos gestores públicos.

Além disso, o mesmo destaca a necessidade de campanhas de divulgação para promover a conscientização sobre a importância da água e da transposição. Ele afirma que "se fizermos uma campanha de divulgação da importância da água, da transposição [...] talvez, com certeza, eles estariam mais aptos a pagar e aceitariam de forma mais amena o impacto de mais um imposto". Essa observação ressalta a resistência natural da população à cobrança pelo uso da água, especialmente em contextos onde a água historicamente foi percebida como um bem gratuito. A educação ambiental emerge, portanto, como uma ferramenta essencial para modificar percepções e comportamentos, promovendo a aceitação de políticas necessárias para a sustentabilidade financeira do projeto.

A Professora 3 reforça essa perspectiva, apontando que a falta de diálogo com a sociedade pode gerar conflitos e comprometer os resultados do projeto. Ela questiona se houve uma gestão adequada dos conflitos potenciais, como impactos em sítios arqueológicos, terras indígenas e outras questões socioambientais. Segundo ela, "deveria haver maior diálogo com a sociedade. Acho que isso daria oportunidade de se obter melhores resultados com esse projeto, que envolve muito dinheiro, muito investimento e muita esperança também". A professora sugere a inclusão de escolas de diferentes níveis de ensino no processo, promovendo oficinas e atividades educativas que possam sensibilizar as comunidades locais sobre a relevância e os benefícios da integração das bacias.

A participação dos usuários também é analisada sob a ótica das organizações e comitês de bacia. A Professora 3 acredita que, embora não possa afirmar categoricamente sobre a capacitação atual dessas entidades, existe um potencial significativo que pode ser desenvolvido. Ela afirma que "essas são pessoas bem capacitadas, que elas têm o potencial de, se nesse momento elas não estão completamente capacitadas e habilitadas, mas elas têm o potencial de ir buscar essa capacitação". Essa visão sugere que o investimento em capacitação e formação continuada é fundamental para que as organizações de usuários e comitês de bacia desempenhem efetivamente seus papéis no sistema de gerenciamento dos recursos hídricos.

O Professor 2 aborda a questão da cobrança pelo uso da água, apontando as dificuldades práticas e econômicas envolvidas. Ele observa que "o problema de cobrar, embora seja bonito em forma de lei [...] nesse caso da transposição, tem um fator diferencial que você tem um investimento de um transporte de recurso hídrico e tem a energia gerada para elevar, que não é

fácil". Ele destaca que os custos associados à energia para bombeamento e transporte da água são elevados, tornando a cobrança pelo uso da água um fardo pesado para os usuários, especialmente para os irrigantes.

Essa perspectiva é complementada pela Professora 3, que ressalta os desafios enfrentados pelos agricultores na região. Ela aponta que "temos relato de agricultores que têm água, têm bomba, mas não conseguem ligar as bombas por causa do custo da energia". Esse cenário evidencia que, além da conscientização, é necessário abordar questões estruturais e econômicas que afetam a capacidade dos usuários de utilizarem os recursos hídricos de forma eficiente e sustentável.

A governança da água é outro tema central nas entrevistas. O Professor 4 destaca que "a governança da água por envolver atores de diversas áreas e interesses conflitantes poderá ser a saída para encontrar soluções plausíveis para o enfrentamento da gestão e gerenciamento dos recursos hídricos em seus diferentes níveis de atuação". Ele identifica dificuldades como a falta de transparência, participação, apoio técnico e coesão social, indicando que a coordenação e participação efetiva entre atores e instâncias de poder são desafios a serem superados.

Os entrevistados também apontam para a necessidade de investimentos em infraestrutura e tecnologia para aprimorar a eficiência no uso da água. O Professor 1 menciona que "são obras físicas que constantemente carecem de reparos, de manutenção, e vão surgindo novas tecnologias que devem ser incorporadas". Ele ressalta a importância de implementar tecnologias avançadas, especialmente em áreas destinadas a pequenos produtores, onde a alta tecnologia é necessária para tornar as pequenas áreas produtivas.

O Professor 2 critica a metodologia atual de transporte de água por canais abertos, apontando para as perdas significativas e dificuldades de controle associadas a esse modelo. Ele sugere que "tinha que ser via tubulação. Tinha toda a chance de ter controle". Além disso, destaca a necessidade de estrutura de bombeamento adequada, incluindo bombas suplentes para evitar interrupções no sistema: "A ausência de reposição de bombas que sejam suplentes de reserva seria algo que precisa ter um projeto desse".

A Professora 3, conforme já observado, enfatiza a importância de investir em fontes de energia renováveis, como eólica e solar, para reduzir os custos operacionais e tornar o sistema mais sustentável. Ela também sugere o uso de tecnologias de comunicação e monitoramento remoto para melhorar a gestão e resposta a problemas no sistema: "Será que em alguns pontos

estratégicos tem uma rede de comunicação que a pessoa possa... que os técnicos aqui possam se comunicar entre si?".

A qualidade da água é outro aspecto crítico destacado pelos professores. A Professora 3 menciona, mais uma vez, a necessidade de laboratórios móveis para análises rápidas e eficientes, garantindo que problemas sejam identificados e solucionados prontamente: "Um laboratório móvel que pudesse fazer análises básicas para verificar a qualidade da água seria muito importante". O Professor 2 reforça a importância de monitorar a qualidade da água ao longo do trajeto, alertando para possíveis contaminações e impactos ambientais: "Monitorar a qualidade da água quanto aos teores de elementos principais, digamos assim, de potabilidade da água".

Além dos desafios técnicos e operacionais, os professores apontam para questões institucionais e políticas que afetam a eficiência e gestão do projeto. O Professor 2 destaca que "um dos maiores problemas é essa falta mesmo de harmonia entre os poderes", referindo-se às dificuldades de coordenação entre os governos federal, estadual e municipal. Ele menciona que divergências políticas podem criar obstáculos à implementação eficaz do projeto, prejudicando a sincronização necessária entre os estados envolvidos.

A necessidade de indicadores de desempenho robustos para avaliar o sucesso da integração é também enfatizada. O Professor 2 sugere monitorar o tempo de funcionamento do canal, a vazão transportada e a qualidade da água como indicadores-chave: "O tempo de funcionamento do canal, porque esse para e para, para mim é um índice de fracasso". A Professora 3 propõe indicadores relacionados ao aumento do número de residências abastecidas, quantidade de água disponível por pessoa, expansão da área irrigada e crescimento da agroindústria: "Quantas residências têm saneamento? Quantos litros de água uma pessoa ou uma família consome? [...] Qual é a área irrigada na bacia?".

Em conclusão, as entrevistas com os professores especialistas da UFCG revelam a complexidade multifacetada da integração das bacias hidrográficas do Rio São Francisco e Piancó-Piranhas-Açu. A conscientização e participação dos usuários são reconhecidas como fundamentais para o sucesso do projeto, mas enfrentam desafios relacionados à falta de informação, resistência à cobrança pelo uso da água e conflitos de interesses. Os professores apontam para a necessidade de uma abordagem integrada que considere aspectos técnicos, econômicos, sociais e ambientais. A governança da água emerge como um elemento central,

demandando transparência, coordenação entre diferentes níveis de governo e participação efetiva da sociedade civil.

d) Impactos Ambientais e Qualidade da Água (IAQA) e Segurança Hídrica e Abastecimento (SHA)

Os impactos ambientais decorrentes da transposição do Rio São Francisco para a Bacia Piancó-Piranhas-Açu são motivo de preocupação entre os especialistas entrevistados. A Professora 3 destaca a complexidade de se transferir água entre bacias distintas, afirmando: "Você está trazendo água de uma bacia e colocando em outras bacias. A gente sabe que isso tem impactos. Você pode estar trazendo organismos para cá, então isso vai mudar a qualidade." Essa observação sublinha o risco de introdução de espécies exóticas ou patógenos que não são nativos dos ecossistemas receptores, o que pode provocar desequilíbrios ecológicos significativos.

A translocação de organismos aquáticos pode resultar em competição com espécies nativas, predação e alterações nos habitats, afetando a biodiversidade local. Por exemplo, a introdução de peixes predadores pode impactar negativamente populações de espécies endêmicas, comprometendo a integridade ecológica dos ecossistemas aquáticos. Além disso, a transferência de micro-organismos patogênicos pode representar riscos à saúde humana e animal, especialmente em comunidades que dependem diretamente dos recursos hídricos para consumo e atividades produtivas.

O Professor 2 também expressa preocupações relacionadas à qualidade da água transposta, especificamente em relação à eutrofização. Ele afirma: "Eu suspeito muito que ela é uma água rica em nutrientes e essa água pode eutrofizar." A eutrofização é um processo causado pelo excesso de nutrientes, como nitrogênio e fósforo, que promove o crescimento excessivo de algas e cianobactérias. Isso pode levar à redução do oxigênio dissolvido na água, morte de organismos aquáticos, alterações na cadeia alimentar e produção de toxinas prejudiciais à saúde humana e animal.

A experiência prática corrobora essas preocupações. A Professora 3, conforme já pontuado, relata que, após a chegada da água da transposição em Campina Grande, "houve muitos problemas com toxinas, bactérias... As pessoas pensaram que, por estar chegando água nova, água boa, esses problemas não aconteceriam mais, mas continuam acontecendo." Isso indica que a introdução de água de outra bacia não resolve automaticamente problemas de

qualidade existentes e pode introduzir novos desafios, reforçando a necessidade de monitoramento contínuo e eficaz.

Além disso, o Professor 2 menciona a possibilidade de contaminação ao longo do trajeto da transposição: "Eu passo por um ambiente de chão e volto a contaminá-lo com elementos. E ao longo do trecho desse chão pode ter contaminantes orgânicos e tal." Isso sugere que a água pode adquirir poluentes ao interagir com solos contaminados ou áreas com uso de agrotóxicos, o que pode comprometer sua qualidade ao chegar aos destinos finais.

A introdução de espécies invasoras é outro ponto de destaque. O Professor 2 refere-se a "possíveis ovos de piranhas, por exemplo, ou de outros peixes conseguirem sobreviver a um transporte desse e trazer peixes que não são da mesma natureza da bacia." A presença de espécies invasoras pode ter impactos ecológicos devastadores, alterando a dinâmica dos ecossistemas aquáticos, reduzindo a biodiversidade e causando prejuízos econômicos, especialmente em comunidades que dependem da pesca.

Apesar dessas preocupações, o Professor 1 apresenta uma visão mais otimista. Ele argumenta que "quando vem a água do São Francisco, como a água do São Francisco também é uma água muito boa, a qualidade da água aqui vai melhorar." Essa perspectiva positiva considera que a água do Rio São Francisco pode diluir poluentes e melhorar a qualidade dos corpos hídricos receptores. No entanto, ele reconhece potenciais impactos negativos: "O que pode, o impacto negativo pode acontecer com alguma substância que possa vir. Um peixe, não sei, algum animal, algum animalzinho que possa vir nessa água que não tem aqui."

Diante dessas considerações, torna-se evidente a necessidade de estratégias robustas de monitoramento e gestão ambiental. A Professora 3 enfatiza a importância de capacitar profissionais para identificar e responder rapidamente a problemas, afirmando que "se as pessoas estiverem bem capacitadas, elas vão rapidamente identificar esses pontos problemáticos." A implementação de sistemas de monitoramento contínuo permitiria acompanhar parâmetros essenciais, como concentrações de nutrientes, presença de patógenos, oxigênio dissolvido e outros indicadores de qualidade da água. Isso é crucial para detectar tendências negativas e implementar medidas corretivas em tempo hábil, prevenindo impactos adversos sobre a saúde humana e os ecossistemas.

Por sua vez, a segurança hídrica e o abastecimento são aspectos centrais da transposição, sendo amplamente reconhecidos pelos professores como benefícios essenciais do projeto. O Professor 1 enfatiza a importância da transposição para cidades como Campina Grande,

especialmente durante períodos de seca extrema: "Imagina a cidade de Campina Grande, como seria sem a transposição do São Francisco durante esses períodos grandes de seca que nós tivemos em 2014, 2015, 2016, 2017 e outros anos." Essa afirmação evidencia que a transposição tem sido vital para garantir o abastecimento de água em regiões historicamente afetadas pela escassez hídrica.

O Professor 2 reforça essa perspectiva, descrevendo a transposição como uma "segurança hídrica" fundamental. Ele relata: "A transposição realmente veio ao conforto. Então, eu considero que é um projeto hiper, super necessário porque nós temos uma população alta, é um semiárido que tem uma população do interior muito elevada, e você garantir a água para beber e para os animais, que tem um consumo pequeno." Isso demonstra que o projeto atende a necessidades básicas de consumo humano e animal, contribuindo para a qualidade de vida e o desenvolvimento socioeconômico da região.

No entanto, ambos os professores destacam desafios relacionados ao uso da água para fins agrícolas. O Professor 2 aponta que "no caso de irrigação, o produtor terá uma deficiência muito grande de custos para prover esse investimento." Ele explica que os custos de energia para bombeamento e manutenção da infraestrutura tornam a irrigação com água da transposição economicamente inviável para muitos produtores rurais. Esse obstáculo limita o potencial da transposição para impulsionar a agricultura irrigada e promover o desenvolvimento regional.

A Professora 3 compartilha preocupações semelhantes, afirmando que "os custos de energia hoje são altíssimos. Então, realmente tem que prover isso tudo com uma energia que o agricultor possa pagar." Ela destaca a dificuldade de fazer agricultura na região, enfatizando que "toda vez que você vê um pé de alface ou qualquer coisa sendo produzida aqui, é uma vitória." Essa realidade indica que a disponibilidade de água, embora necessária, não é suficiente para superar os desafios estruturais enfrentados pelos agricultores.

O Professor 2 também critica o método de transporte da água através de canais abertos, especialmente em um clima semiárido com altas taxas de evaporação. Ele argumenta: "O nosso vilão climático é perder água e se você deixa um transporte de 200 km, você faz trajetórias muito abertas, essa água já tem uma perda por evaporação." Ele sugere o uso de tubulações fechadas como alternativa para reduzir perdas e melhorar o controle sobre o recurso hídrico.

Por outro lado, a Professora 3 destaca a complexidade da gestão das outorgas de uso da água, afirmando que "é um problema muito difícil de gerenciar." Ela explica que a outorga é essencial para organizar o uso e garantir que os ecossistemas continuem fornecendo serviços

hídricos, mas também reconhece as dificuldades em atender às demandas de diferentes usuários de forma equitativa. Isso ressalta a importância de mecanismos eficazes de governança que conciliem os interesses dos diversos *stakeholders*.

Em relação ao enquadramento dos corpos d'água, a Professora 3 acredita que a transposição terá um impacto positivo: "Ela impacta e muito no enquadramento dos corpos hídricos. E impacta, assim, da forma mais positiva possível." Ela sugere que a melhoria na qualidade e quantidade de água pode elevar a classificação dos corpos hídricos, ampliando os usos possíveis e beneficiando os ecossistemas locais. No entanto, isso depende de uma gestão eficaz e de monitoramento contínuo para garantir que os padrões de qualidade sejam mantidos.

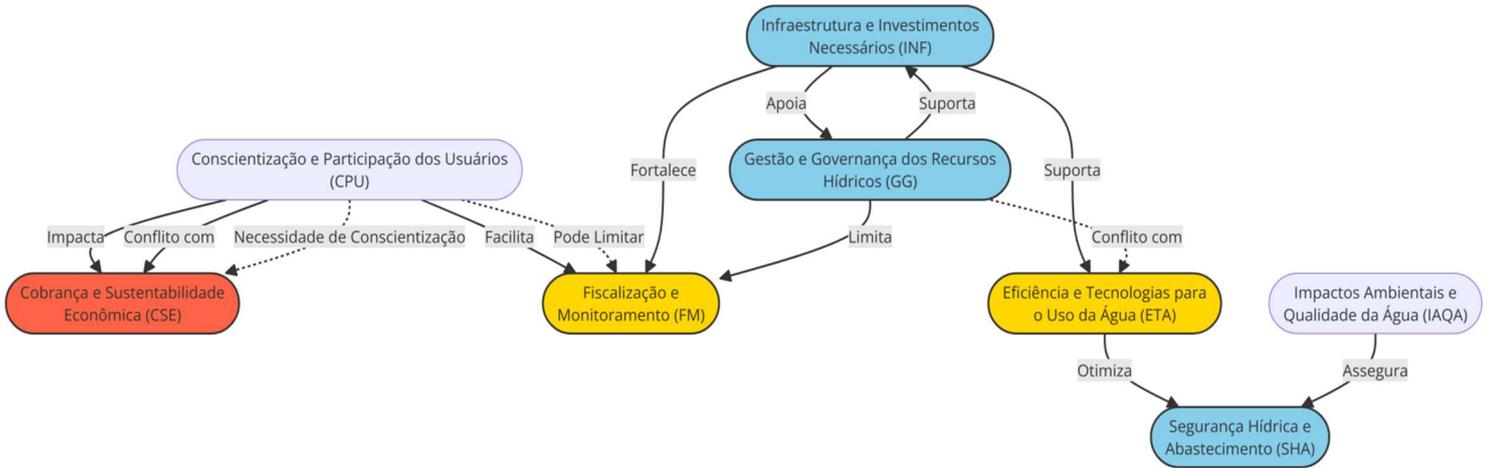
Por outro lado, o Professor 2 expressa preocupações sobre a capacidade de manter a qualidade da água ao longo do sistema: "Sem o monitoramento de qualidade de água? Ninguém tem. E depois sofremos, porque os mananciais ficam carregados com elementos perigosos e a gente nem sabe." Essa observação ressalta a necessidade de investimentos em infraestrutura de monitoramento e laboratórios de análise, bem como de políticas públicas que priorizem a qualidade ambiental.

4.9.4 Mapa de Rede de Categorias Temáticas Analisadas

Esta seção apresenta um mapa de dimensões (figura 7) que visa ilustrar as relações complexas e interconectadas entre as categorias temáticas identificadas na análise da integração das bacias hidrográficas do Rio São Francisco e Piancó-Piranhas-Açu. A construção deste mapa foi orientada pela Análise de Conteúdo de Bardin, focando nas relações de causalidade, complementaridade e contradição entre as categorias, de modo a fornecer uma compreensão mais profunda e abrangente do contexto estudado.

O mapa de rede permite visualizar como as categorias temáticas – Gestão e Governança dos Recursos Hídricos (GG), Infraestrutura e Investimentos Necessários (INF), Fiscalização e Monitoramento (FM), Cobrança e Sustentabilidade Econômica (CSE), Conscientização e Participação dos Usuários (CPU), Eficiência e Tecnologias para o Uso da Água (ETA), Impactos Ambientais e Qualidade da Água (IAQA) e Segurança Hídrica e Abastecimento (SHA) – se inter-relacionam, formando um sistema dinâmico de interdependências e tensões que caracterizam a gestão dos recursos hídricos na região semiárida do Nordeste.

Figura 7 – Mapa de rede de categorias temáticas



Fonte: Autoria própria (2024)

Por meio desta representação gráfica, é possível identificar os principais pontos de convergência e divergência entre as categorias, facilitando a compreensão das forças que impulsionam ou dificultam o sucesso do projeto de integração das bacias, conforme se desenvolve a seguir. As relações de causalidade, complementaridade e contradição foram estabelecidas com base nas transcrições e análises qualitativas das entrevistas realizadas com os *stakeholders* envolvidos, revelando como aspectos como infraestrutura, governança, fiscalização e participação social estão interligados e dependem de uma abordagem integrada para assegurar uma gestão eficiente e sustentável dos recursos hídricos.

a) Conscientização e Participação dos Usuários (CPU) e a Cobrança e Sustentabilidade Econômica (CSE)

A relação entre a Conscientização e Participação dos Usuários (CPU) e a Cobrança e Sustentabilidade Econômica (CSE) é uma das dimensões mais significativas para a compreensão das dinâmicas de gestão de recursos hídricos na integração do Rio São Francisco com a Bacia Piranhas-Açu. A categoria CPU se apresenta como um fator determinante para a efetivação de um modelo de cobrança que seja ao mesmo tempo socialmente justo e economicamente viável. É possível observar que o grau de envolvimento e entendimento da população sobre a gestão dos recursos hídricos impacta diretamente a aceitação da ideia de cobrança pelo uso da água, conforme explicitado nas entrevistas realizadas com os diferentes atores.

Os entrevistados indicam que a resistência dos usuários em aceitar a cobrança decorre, em grande parte, da falta de informação clara e acessível sobre os objetivos e benefícios da

transposição. Essa deficiência de conscientização gera uma percepção equivocada de que a água é um recurso inesgotável e de que sua cobrança constitui apenas um fardo adicional para os usuários, especialmente para pequenos agricultores e moradores das áreas ribeirinhas. As entrevistas destacam a necessidade de campanhas educativas e de sensibilização, que envolvam tanto os comitês de bacia quanto a comunidade em geral, como meio de amenizar a resistência inicial ao pagamento pelo uso da água. Sem um entendimento adequado do que está em jogo, muitos dos potenciais benefícios econômicos e sociais associados à implementação de um sistema de cobrança eficiente acabam se perdendo.

A resistência evidenciada à cobrança não é apenas fruto de uma falta de esclarecimento técnico, mas também de uma descrença generalizada na capacidade das instituições gestoras em efetivamente aplicar os recursos arrecadados em melhorias na infraestrutura hídrica e no gerenciamento dos recursos. Esse aspecto está intimamente ligado à percepção de que há uma falha estrutural na comunicação entre as instâncias gestoras e os usuários finais, o que alimenta um círculo vicioso de desconfiança e resistência. Conforme evidenciado nas entrevistas, muitos agricultores consideram que a cobrança pela água se tornaria um fardo financeiro insuportável, especialmente considerando os elevados custos de energia para bombeamento, os quais já oneram sobremaneira a atividade agrícola na região. Essa visão negativa é, em parte, fruto da ausência de informações claras sobre como os recursos advindos da cobrança poderiam ser revertidos em benefícios tangíveis para a comunidade.

O envolvimento dos usuários, portanto, é um fator crucial para transformar essa relação de resistência em uma relação de colaboração. O fortalecimento da participação ativa nos comitês de bacia e a promoção de espaços de diálogo entre os diferentes *stakeholders* foram apontados como estratégias para mitigar a resistência à cobrança. Ao envolver os usuários de maneira mais direta nos processos decisórios, torna-se possível fomentar um maior entendimento sobre as limitações do sistema de transposição e sobre a importância da sustentabilidade econômica para garantir a continuidade do abastecimento hídrico. A consciência de que a água é um recurso finito e de que sua gestão adequada exige investimentos contínuos é um passo importante para que a cobrança não seja vista como um simples imposto, mas como uma ferramenta para a melhoria dos serviços e a garantia de acesso a longo prazo.

Além disso, a análise das entrevistas demonstra que a ausência de uma estrutura clara e participativa para a definição das tarifas de cobrança agrava ainda mais a resistência dos usuários. A falta de transparência no processo de determinação dos valores a serem cobrados cria uma sensação de injustiça e de desigualdade, sobretudo entre os pequenos agricultores, que

frequentemente não possuem os recursos necessários para arcar com custos adicionais. Esse ponto foi levantado sublinhando a necessidade de se estabelecer uma estrutura de cobrança que seja diferenciada, levando em consideração as características e possibilidades econômicas de cada grupo de usuários. Assim, a conscientização também envolve um trabalho de construção de confiança, que pode ser alcançado por meio de uma maior transparência e da inclusão dos usuários nos processos de definição das políticas de gestão hídrica.

Portanto, a relação entre Conscientização e Participação dos Usuários (CPU) e Cobrança e Sustentabilidade Econômica (CSE) é marcada por uma interdependência complexa, na qual a falta de envolvimento e entendimento adequado por parte dos usuários impacta negativamente a implementação de um modelo de cobrança eficaz. Essa resistência à cobrança, por sua vez, compromete a sustentabilidade financeira do projeto e limita a capacidade de investimento em melhorias estruturais e tecnológicas que poderiam beneficiar todos os envolvidos. Assim, para que a transposição alcance seu potencial máximo, torna-se fundamental que se promovam iniciativas de educação ambiental e de conscientização, visando integrar de forma mais ativa os usuários nos processos de gestão dos recursos hídricos e garantir uma distribuição mais equitativa dos custos e benefícios associados ao uso da água.

b) Conscientização e Participação dos Usuários (CPU) e a Fiscalização e Monitoramento (FM)

A partir das análises realizadas com base nas entrevistas, identificou-se que a falta de informação e transparência no processo de gestão dos recursos hídricos contribui significativamente para a resistência dos usuários em aceitar os mecanismos de controle e fiscalização. Essa resistência, muitas vezes, se manifesta por meio de uma desconfiança generalizada em relação às autoridades e aos processos envolvidos na fiscalização do uso da água, criando barreiras substanciais para a implementação eficaz das ações de monitoramento. A tensão entre essas categorias evidencia que a conscientização inadequada dos usuários está intimamente ligada a uma falta de adesão aos processos de controle, o que gera um ambiente de conflito constante entre aqueles que propõem as normas de gestão e aqueles que as devem seguir.

Os entrevistados apontaram que a resistência à fiscalização, alimentada pela falta de clareza sobre os objetivos e a necessidade dessas práticas, limita a capacidade de implementação de uma governança efetiva dos recursos hídricos. A desinformação e a carência de campanhas educativas contribuem para que os usuários percebam a fiscalização não como

uma medida necessária à sustentabilidade e ao equilíbrio do uso da água, mas como uma imposição externa que não contempla seus interesses e particularidades locais. As entrevistas mencionam que a ausência de um entendimento comum e de um diálogo efetivo entre os gestores e os usuários cria um ambiente hostil para a fiscalização, pois as pessoas tendem a se opor ao que não compreendem ou consideram injusto. Essa oposição se torna evidente nos momentos de implementação das outorgas e no controle dos volumes de captação, onde os usuários frequentemente resistem ao cumprimento das diretrizes estabelecidas por entenderem que elas desconsideram suas realidades.

Por outro lado, a "Conscientização e Participação dos Usuários" também tem o potencial de facilitar e fortalecer as práticas de fiscalização e monitoramento, desde que haja um investimento adequado na promoção da participação ativa e no esclarecimento dos usuários quanto à importância dessas práticas. Quando as comunidades são adequadamente informadas e envolvidas nos processos de tomada de decisão e gestão dos recursos hídricos, há uma maior predisposição em colaborar com as ações de fiscalização, o que facilita a implementação dos mecanismos de controle. Os entrevistados ressaltaram que o engajamento comunitário, associado à capacitação técnica dos membros dos comitês de bacia e à transparência no processo de gestão, contribui para a construção de uma percepção positiva das ações de fiscalização, transformando-as de imposições externas para práticas de proteção coletiva do recurso hídrico.

Essa mudança de perspectiva é crucial para a criação de um ambiente de cooperação, onde os usuários deixam de ver a fiscalização como um ônus ou uma ameaça e passam a percebê-la como uma ferramenta essencial para garantir a equidade no acesso à água e a sustentabilidade do projeto de integração. O fortalecimento da fiscalização, a partir da conscientização, também se reflete na melhoria da eficiência dos processos de monitoramento, uma vez que usuários engajados tendem a aderir de forma mais rigorosa às normas estabelecidas e a colaborar na identificação de irregularidades. Além disso, a participação ativa dos usuários no monitoramento contribui para uma maior legitimidade das ações de controle, criando uma rede de fiscalização comunitária que complementa as ações dos órgãos oficiais.

c) Infraestrutura e Investimentos Necessários (INF) e Gestão e Governança dos Recursos Hídricos (GG)

A relação entre "Infraestrutura e Investimentos Necessários (INF)" e "Gestão e Governança dos Recursos Hídricos (GG)" evidencia a importância dos aportes em

infraestrutura para assegurar uma governança mais eficiente e integrada dos recursos hídricos na transposição do Rio São Francisco para a Bacia Piranhas-Açu. Esse vínculo é central para o sucesso do projeto, uma vez que a solidez da infraestrutura influencia diretamente a qualidade e a eficácia da gestão, permitindo que as estratégias de governança atinjam seus objetivos de sustentabilidade e eficiência no uso da água.

A categoria "Infraestrutura e Investimentos Necessários" apoia diretamente a "Gestão e Governança dos Recursos Hídricos" ao oferecer as bases materiais e tecnológicas necessárias para a implementação das políticas de gestão. Nesse sentido, o desenvolvimento de uma infraestrutura sólida é fundamental para criar condições que possibilitem uma governança eficaz. Como apontado pelos entrevistados, a ausência de uma estrutura de bombeamento confiável, a falta de manutenção dos canais de distribuição e a não substituição de bombas suplentes são fatores que fragilizam a capacidade de gestão dos recursos. Assim, o investimento contínuo na modernização e manutenção da infraestrutura se traduz em suporte direto às atividades de governança, proporcionando segurança hídrica e operacional que possibilitam a execução das práticas de gestão planejadas.

Além disso, a infraestrutura adequada fortalece as capacidades institucionais e de governança. Os entrevistados enfatizaram que a eficiência da operação do sistema de transposição está intimamente ligada à qualidade da infraestrutura disponível, incluindo a implementação de tecnologias modernas de bombeamento e monitoramento. A ausência de uma infraestrutura robusta resulta em falhas operacionais que dificultam a capacidade dos gestores em tomar decisões embasadas e tempestivas. Por exemplo, a falta de sistemas de medição de vazão e de monitoramento da qualidade da água compromete a capacidade de alocação eficiente dos recursos hídricos e de fiscalização do uso. Isso cria um cenário em que a governança, mesmo que tecnicamente planejada, se vê limitada em sua atuação por problemas infraestruturais.

Os entrevistados destacaram que o papel da infraestrutura vai além do suporte físico e operacional; ela é um elemento que fortalece a governança ao criar um ambiente de maior previsibilidade e confiança entre os atores envolvidos. Um sistema de infraestrutura bem gerido permite a implementação de modelos de gestão integrada que considerem as peculiaridades regionais, facilitando o diálogo entre as esferas federal, estadual e municipal. A governança da água, que requer a articulação de interesses diversos — como a alocação de água para uso agrícola, consumo humano e manutenção dos ecossistemas —, depende de uma infraestrutura capaz de garantir a segurança e a eficiência desses usos. Nesse contexto, os investimentos

adequados em infraestrutura fortalecem as capacidades institucionais, pois permitem que as entidades gestoras — como a Agência Nacional de Águas (ANA), AESA e os comitês de bacia — tenham as condições materiais necessárias para implementar suas decisões de maneira efetiva.

Portanto, a relação entre "Infraestrutura e Investimentos Necessários" e "Gestão e Governança dos Recursos Hídricos" se caracteriza por uma interdependência em que a infraestrutura sustenta e fortalece a governança, criando as condições propícias para a implementação das práticas de gestão de recursos hídricos. Sem os investimentos necessários, as limitações infraestruturais comprometem a capacidade de gestão integrada e eficiente, gerando riscos à sustentabilidade do projeto de transposição e à segurança hídrica das regiões beneficiadas. Dessa forma, é evidente que a infraestrutura não apenas serve como um suporte técnico, mas é um elemento que fortalece as estruturas de governança, permitindo que os objetivos de gestão integrada e uso sustentável dos recursos hídricos possam ser alcançados.

d) Gestão e Governança dos Recursos Hídricos (GG) e Fiscalização e Monitoramento (FM)

A análise das entrevistas revela que as falhas na gestão e governança são, em grande parte, responsáveis por dificultar a implementação de um sistema integrado de fiscalização e monitoramento que atenda às demandas do projeto e dos atores envolvidos. A "Gestão e Governança dos Recursos Hídricos" se depara com diversas limitações institucionais e operacionais que repercutem diretamente na capacidade de realizar um monitoramento eficaz dos recursos. A falta de coordenação entre as esferas federal, estadual e municipal emerge como um dos principais obstáculos, gerando o que os entrevistados denominaram de "estrangulamento político" — uma situação em que disputas partidárias e a ausência de um alinhamento de prioridades entre os governos comprometem as ações de fiscalização e monitoramento. Os entrevistados destacaram que essa fragmentação institucional dificulta o desenvolvimento de políticas integradas e contínuas para a fiscalização do uso da água, resultando em um sistema ineficaz que não é capaz de garantir o controle adequado das outorgas e do uso dos recursos.

Um exemplo claro dessa limitação é a relação entre os órgãos responsáveis pela gestão dos recursos hídricos. A interação fragmentada entre a Agência Nacional de Águas (ANA), a Agência Executiva de Gestão das Águas da Paraíba (AESA) e outros órgãos estaduais e federais impede que se desenvolva uma estrutura coordenada de fiscalização. Como mencionado nas entrevistas, essa falta de coordenação resulta na incapacidade de monitorar o uso adequado das

outorgas, deixando muitos usuários operando sem controle rigoroso. Essa fragmentação gera um ambiente de sobreposição de responsabilidades e, frequentemente, uma falta de clareza quanto ao papel de cada entidade, o que compromete a eficácia das ações de fiscalização e o uso eficiente dos recursos hídricos.

Além disso, a falta de uma infraestrutura informacional robusta, tal como sistemas integrados de informação e monitoramento, é outro fator limitador para a fiscalização eficaz dos recursos hídricos. A ausência de um sistema de informações integrado, conforme destacado nas entrevistas, compromete a transparência e dificulta o acesso dos tomadores de decisão a dados atualizados e relevantes sobre o uso da água. Sem essas informações, torna-se impossível realizar uma fiscalização precisa e eficiente. Isso cria uma lacuna significativa na gestão da bacia, visto que decisões cruciais, como a concessão de outorgas ou a alocação dos volumes de água, são feitas sem o devido suporte informacional, o que limita a capacidade de se desenvolver e implementar ações corretivas quando irregularidades são detectadas.

A falta de capacitação técnica dos membros dos comitês de bacia também é um fator que limita a eficácia da fiscalização e do monitoramento. Os entrevistados salientaram que muitos dos representantes dos comitês, que deveriam desempenhar um papel essencial na governança da água, não possuem a formação técnica necessária para lidar com os desafios complexos da transposição. Sem um preparo técnico adequado, os comitês ficam limitados em sua capacidade de contribuir efetivamente para a fiscalização do uso da água e de propor ações de monitoramento eficazes. Assim, a própria estrutura de governança, ao não proporcionar condições adequadas de capacitação e suporte, acaba por limitar as práticas de fiscalização, criando um ciclo vicioso de ineficácia que compromete a sustentabilidade do sistema.

Outro ponto que deve ser considerado é a dificuldade em se implementar uma fiscalização integrada devido à falta de uma governança que considere as especificidades locais. A transposição do Rio São Francisco é um projeto de escala nacional, que requer uma gestão em múltiplos níveis — nacional, estadual e local — e uma articulação entre os diferentes atores envolvidos. No entanto, os entrevistados destacaram que a governança atual não é capaz de acomodar essa diversidade, resultando em um cenário de imposição de regras que nem sempre se adequam às realidades locais. Essa falta de flexibilidade na governança resulta em um ambiente onde os mecanismos de fiscalização se tornam limitados e pouco eficazes, já que as práticas implementadas não refletem as necessidades e condições específicas dos diferentes territórios e dos múltiplos usuários da água.

Portanto, a relação entre "Gestão e Governança dos Recursos Hídricos" e "Fiscalização e Monitoramento" é caracterizada por limitações institucionais e operacionais que restringem a capacidade de realizar um controle efetivo do uso dos recursos hídricos. As complexidades inerentes à governança dos recursos — especialmente no contexto da transposição, que envolve múltiplas esferas de poder e uma ampla gama de interesses — acabam por limitar a implementação de um sistema de fiscalização que seja integrado, robusto e eficaz. Essa interdependência entre governança e fiscalização reforça a necessidade de um esforço conjunto e coordenado, que envolva a superação dos desafios institucionais e a construção de um sistema de gestão da água que seja verdadeiramente integrado e eficaz.

e) Gestão e Governança dos Recursos Hídricos (GG) e Eficiência e Tecnologias para o Uso da Água (ETA)

A relação entre "Gestão e Governança dos Recursos Hídricos (GG)" e "Eficiência e Tecnologias para o Uso da Água (ETA)" é caracterizada por tensões que refletem a complexidade e a burocracia presentes no cenário institucional da gestão dos recursos hídricos no Brasil, especialmente no contexto do projeto de integração do Rio São Francisco com a Bacia Piranhas-Açu. Esse conflito surge principalmente devido à falta de coordenação entre os diversos níveis de governo e à natureza intrinsecamente burocrática da governança, que frequentemente impede ou dificulta a implementação de tecnologias mais eficientes no manejo e distribuição dos recursos hídricos.

A partir das análises dos entrevistados, observou-se que a adoção de tecnologias mais eficientes, que poderiam transformar a forma como a água é utilizada e distribuída, tem enfrentado barreiras significativas impostas pela governança atual. A introdução de sistemas tecnológicos, como novas práticas de irrigação, monitoramento remoto de vazões e fontes alternativas de energia, depende de uma estrutura institucional que ofereça suporte e incentive tais iniciativas. No entanto, a realidade apontada pelos especialistas indica que há um desalinhamento entre a política pública, os instrumentos de governança e a capacidade de implementar tais inovações de maneira coordenada e sistemática.

Uma das principais dificuldades evidenciadas nas entrevistas está relacionada à rigidez da burocracia que permeia o processo de gestão dos recursos hídricos. Essa rigidez dificulta o avanço de tecnologias que poderiam melhorar a eficiência no uso da água. Conforme destacado nas entrevistas, o sucesso da implementação de inovações tecnológicas depende de uma interação integrada entre as esferas federal, estadual e municipal. Contudo, as falhas históricas

em projetos anteriores, como os dos perímetros irrigados do DNOCS, demonstram que a falta de cooperação articulada entre essas instâncias é um fator que impede a inovação. A falta de integração faz com que a introdução de tecnologias modernas, como sistemas de irrigação mais eficientes e técnicas de monitoramento contínuo, se depare com barreiras administrativas e políticas que inviabilizam sua adoção.

O papel da governança é crucial não apenas na implementação de tecnologias, mas também na criação de um ambiente propício para sua difusão. Contudo, os entrevistados revelaram que a falta de incentivos específicos para a adoção de tecnologias voltadas para a eficiência hídrica representa uma grande limitação. Mesmo que algumas tecnologias já estejam disponíveis, a ausência de incentivos financeiros e institucionais desencoraja os usuários a adotá-las. Isso reflete uma lacuna entre a definição das políticas e a implementação prática das inovações tecnológicas. Governança e gestão são, portanto, elementos que, ao falharem em criar condições favoráveis para a adoção de tecnologias, acabam por se tornar obstáculos à eficiência.

A relação conflituosa entre "Gestão e Governança dos Recursos Hídricos" e "Eficiência e Tecnologias para o Uso da Água" também se manifesta na falta de priorização de investimentos e na ausência de uma abordagem estratégica que considere as inovações tecnológicas como parte integrante da gestão dos recursos hídricos. Um exemplo citado pelos especialistas é a falta de um plano para a utilização de fontes de energia renováveis no bombeamento da água da transposição. A análise das entrevistas destacou a necessidade de integrar tecnologias de energia solar e eólica como forma de garantir a sustentabilidade do projeto e reduzir os custos operacionais. No entanto, a inexistência de um planejamento que alinhe governança e tecnologia implica na manutenção de práticas obsoletas, que aumentam os custos e limitam a eficiência do sistema. Isso ilustra a incapacidade da estrutura de governança de promover a modernização, uma vez que as decisões não estão alinhadas com o potencial de inovação disponível.

Além disso, a ausência de uma governança flexível, que possa se adaptar às novas demandas e tecnologias, contribui para agravar os conflitos com a eficiência no uso da água. A introdução de sistemas tecnológicos, como a irrigação moderna, enfrenta resistência tanto por parte dos produtores quanto das estruturas de governança que regulam o uso da água. Muitos dos instrumentos de gestão atualmente em vigor foram concebidos para um contexto em que tais tecnologias não estavam disponíveis ou eram pouco utilizadas, o que cria um descompasso entre a regulação existente e as práticas inovadoras que poderiam ser adotadas. Assim, a

governança não apenas falha em incentivar a modernização, como, em muitos casos, acaba criando obstáculos que dificultam a implementação de tecnologias que tornariam o uso da água mais eficiente.

Outro ponto crítico é a interação entre a gestão dos recursos hídricos e os comitês de bacia, que, como mencionaram os entrevistados, carecem de capacitação e suporte técnico para promover a adoção de novas tecnologias. A análise apontou que a capacitação dos comitês de bacia é essencial para que esses grupos possam desempenhar um papel mais ativo na gestão integrada dos recursos hídricos. No entanto, sem o devido suporte institucional, os comitês não têm a capacidade de incentivar os usuários a adotar tecnologias eficientes. Isso gera uma contradição inerente: enquanto a governança busca promover uma gestão eficiente e sustentável dos recursos, suas estruturas e práticas acabam por limitar a própria implementação das ferramentas que poderiam viabilizar essa eficiência.

A falta de integração entre os diversos atores envolvidos na governança dos recursos hídricos também se apresenta como uma barreira para a eficiência. A fragmentação entre as diferentes esferas de poder resulta em sobreposições e lacunas que afetam diretamente a implementação de tecnologias voltadas para a eficiência no uso da água. O conflito entre interesses locais, estaduais e federais cria um ambiente onde as inovações tecnológicas se tornam difíceis de implementar, pois os recursos e responsabilidades são frequentemente disputados entre as diferentes instâncias. Isso cria um cenário em que as tecnologias disponíveis não conseguem ser incorporadas de maneira eficaz, resultando em práticas de uso da água que não são adequadas para um contexto de escassez hídrica como o do semiárido brasileiro.

Portanto, a relação entre "Gestão e Governança dos Recursos Hídricos" e "Eficiência e Tecnologias para o Uso da Água" é caracterizada por uma série de conflitos que dificultam a modernização e a adoção de práticas mais sustentáveis na gestão dos recursos. A burocracia, a falta de coordenação entre os diferentes níveis de governo e a ausência de incentivos institucionais são fatores que impedem a introdução de tecnologias que poderiam otimizar o uso da água, reduzir custos e promover uma maior sustentabilidade no sistema. Essa relação conflituosa evidencia a necessidade de uma reavaliação das práticas de governança, de modo que estas possam se alinhar às inovações tecnológicas e criar um ambiente propício para a eficiência no uso dos recursos hídricos.

f) Eficiência e Tecnologias para o Uso da Água (ETA) e Segurança Hídrica e Abastecimento (SHA)

A aplicação de tecnologias modernas desempenha um papel essencial ao otimizar o uso dos recursos hídricos, minimizando desperdícios e garantindo uma distribuição mais eficaz e equitativa, especialmente em contextos de escassez. A eficiência tecnológica, portanto, é vista como um alicerce fundamental para assegurar a segurança hídrica, promovendo um abastecimento estável e seguro para consumo humano, irrigação e outras atividades econômicas na região.

Os especialistas entrevistados foram enfáticos ao destacar que as tecnologias voltadas para o uso eficiente da água, como a modernização dos sistemas de irrigação e a implementação de sistemas de monitoramento, são elementos cruciais para a otimização dos recursos disponíveis e, conseqüentemente, para a melhoria da segurança hídrica. O uso de tecnologias avançadas no sistema de transposição tem o potencial de transformar um cenário historicamente marcado pela ineficiência e escassez. Tecnologias como a irrigação por gotejamento, por exemplo, permitem uma aplicação precisa da água, reduzindo significativamente as perdas por evaporação e garantindo que a quantidade ideal de água seja fornecida às culturas, sem desperdício. Ao reforçar a necessidade de tecnologias adequadas, a análise enfatizou que essas inovações não apenas aumentam a eficiência, mas também permitem que o pequeno agricultor consiga manter suas atividades de maneira mais produtiva e sustentável, fortalecendo a segurança alimentar e econômica.

Além disso, o uso de tecnologias que possibilitem o monitoramento contínuo da qualidade e da quantidade da água disponível é essencial para a segurança hídrica. Nas entrevistas foi sugerido a criação de laboratórios móveis e o uso de tecnologias de comunicação para monitorar os parâmetros da água ao longo de toda a extensão do sistema de transposição. Esses sistemas de monitoramento não apenas permitem uma avaliação constante da potabilidade e da qualidade da água, mas também garantem que qualquer problema, como contaminações ou variações nos níveis de nutrientes, seja rapidamente detectado e tratado. Essa capacidade de resposta rápida é um elemento essencial para a segurança hídrica, uma vez que permite a manutenção da qualidade da água fornecida à população, assegurando que esta seja adequada para o consumo humano.

A eficiência no uso da água também implica a adoção de tecnologias que minimizem perdas ao longo do percurso do sistema de transposição. Um entrevistado destacou que o

transporte de água em canais abertos resulta em elevadas perdas por evaporação, especialmente em uma região de clima semiárido, e sugeriu que a adoção de sistemas de transporte em tubulações fechadas seria uma alternativa mais eficiente. Essa tecnologia permitiria não apenas a redução das perdas por evaporação, mas também um controle mais preciso sobre o volume de água distribuído ao longo do sistema, contribuindo para uma distribuição mais equitativa e sustentável. A utilização de tubulações fechadas, além de garantir maior segurança contra desvios e furtos de água, também oferece a possibilidade de realizar um monitoramento preciso, garantindo que o volume de água liberado esteja em conformidade com as outorgas concedidas e que seja suficiente para atender às necessidades dos usuários finais, tanto para consumo humano quanto para atividades produtivas.

A relação de otimização também se estende ao uso de tecnologias energéticas que permitam uma operação mais sustentável e menos custosa do sistema de transposição. A análise sugeriu a incorporação de fontes renováveis de energia, como a solar e a eólica, para reduzir os custos de bombeamento e, conseqüentemente, tornar o sistema mais viável economicamente. A alta dependência de energia para o bombeamento da água tem sido um dos principais obstáculos para a viabilidade da transposição, especialmente para pequenos agricultores que dependem da água para irrigação. A adoção de energias renováveis não apenas reduziria os custos associados ao bombeamento, mas também contribuiria para a sustentabilidade ambiental do sistema, promovendo uma maior resiliência em um contexto de mudanças climáticas e crises energéticas. Com uma operação mais eficiente e menos onerosa, a segurança hídrica dos usuários, especialmente dos pequenos produtores, seria significativamente fortalecida, garantindo um abastecimento mais contínuo e previsível.

Os sistemas tecnológicos para irrigação e monitoramento da água não apenas melhoram a eficiência do uso dos recursos hídricos, mas também contribuem diretamente para a segurança hídrica ao proporcionar uma alocação mais justa e racional dos recursos. A implementação de tecnologias modernas permite um planejamento hídrico mais detalhado, assegurando que a água seja direcionada para onde é mais necessária e evitando o uso excessivo em determinadas áreas. Essa abordagem racionalizada do uso dos recursos hídricos serve para garantir que todos os setores, incluindo abastecimento humano, agricultura e atividades industriais, tenham acesso à água de maneira equilibrada e justa. Como se destacou nas entrevistas, a importância da governança integrada para assegurar que a alocação da água seja feita de forma equitativa, e a adoção de tecnologias eficientes é um componente chave para alcançar esse objetivo.

Ademais, a eficiência tecnológica permite lidar de maneira mais eficaz com eventos extremos, como secas prolongadas, que são comuns na região Nordeste. A introdução de práticas de irrigação modernas e de tecnologias de controle e monitoramento contribui para uma gestão mais adaptativa dos recursos hídricos, permitindo que o sistema de transposição se torne mais resiliente a variações climáticas. A segurança hídrica depende diretamente da capacidade de lidar com a variabilidade climática, e as tecnologias de eficiência hídrica desempenham um papel fundamental ao permitir que os gestores ajustem as operações de acordo com as condições meteorológicas e hidrológicas em constante mudança.

Assim, a relação entre "Eficiência e Tecnologias para o Uso da Água" e "Segurança Hídrica e Abastecimento" é uma relação de otimização, onde a aplicação de tecnologias modernas possibilita um uso mais racional e eficiente dos recursos hídricos, assegurando que o abastecimento seja contínuo e seguro. A eficiência no uso da água, alcançada por meio da modernização dos sistemas de irrigação, do uso de energias renováveis para bombeamento e da implementação de sistemas de monitoramento contínuo, não apenas reduz as perdas e melhora a qualidade da água distribuída, mas também fortalece a capacidade do sistema de transposição de atender às necessidades da população e dos setores produtivos de maneira sustentável e resiliente.

g) Infraestrutura e Investimentos Necessários (INF) e Eficiência e Tecnologias para o Uso da Água (ETA)

A relação entre "Infraestrutura e Investimentos Necessários (INF)" e "Eficiência e Tecnologias para o Uso da Água (ETA)" reflete uma interdependência básica, na qual a infraestrutura disponível e os investimentos realizados atuam como elementos de sustentação para a aplicação e desenvolvimento de tecnologias que aumentam a eficiência do uso dos recursos hídricos. A implementação de tecnologias avançadas depende de uma infraestrutura robusta e de investimentos contínuos que possibilitem tanto a instalação quanto a manutenção dessas tecnologias. Nesse contexto, a infraestrutura serve como a base física e operacional sobre a qual se constroem os esforços para tornar o uso da água mais racional e eficiente, garantindo a sustentabilidade do sistema de gestão hídrica, especialmente no âmbito do projeto de integração do Rio São Francisco com a Bacia Piranhas-Açu.

Os especialistas entrevistados destacaram repetidamente que os investimentos em infraestrutura são essenciais para a viabilidade do projeto e para a garantia de sua eficiência a longo prazo. Um dos entrevistados ressaltou que as obras físicas da transposição

"constantemente carecem de reparos, de manutenção", e que a modernização das tecnologias é necessária para maximizar a eficiência do sistema, particularmente nas áreas onde a água é utilizada para a irrigação. Esse argumento aponta diretamente para a relação de suporte que a infraestrutura e os investimentos proporcionam ao avanço das tecnologias de uso eficiente da água. Sem a base de infraestrutura adequada e os recursos financeiros necessários, as tecnologias que poderiam transformar a gestão dos recursos hídricos e otimizar o uso da água não podem ser aplicadas de forma eficaz.

O investimento na modernização dos sistemas de irrigação, por exemplo, é um componente essencial da relação de suporte entre INF e ETA. A análise das entrevistas evidenciou que a metodologia de transporte de água por canais abertos, comum no atual sistema de transposição, apresenta grandes perdas por evaporação, especialmente em um clima semiárido. Para lidar com esse problema, sugeriu-se que o transporte da água deveria ser realizado por meio de tubulações fechadas, que minimizam perdas e permitem um controle mais preciso sobre a distribuição dos recursos hídricos. Contudo, a implementação de tal infraestrutura exige investimentos significativos que vão além das obras de construção inicial, incluindo manutenção contínua e a substituição de peças críticas. Sem esses investimentos, a adoção de tecnologias mais eficientes fica comprometida, e o sistema como um todo sofre com a falta de eficiência e a perpetuação de práticas que resultam em desperdício de água.

A análise também trouxe contribuições ao discutir a necessidade de diversificar as fontes de energia utilizadas no projeto de transposição, sugerindo o uso de fontes renováveis, como energia solar e eólica, para operar as bombas de elevação. Essa inovação tecnológica, que visa aumentar a eficiência energética e reduzir o impacto ambiental, depende diretamente de investimentos em infraestrutura que permitam a transição do uso de fontes de energia convencionais para fontes renováveis. Sem um suporte financeiro e técnico para a instalação de sistemas solares ou eólicos e para a integração desses sistemas com as tecnologias de bombeamento já existentes, a eficiência do uso da água continua sendo limitada pelos altos custos operacionais de energia, especialmente em áreas rurais e semiáridas onde a energia elétrica é um insumo caro e de difícil acesso.

A infraestrutura existente também desempenha um papel fundamental no suporte à implementação de tecnologias de monitoramento da qualidade e da quantidade de água. Como já mencionado, sugeriu-se o uso de laboratórios móveis para a análise da qualidade da água ao longo do sistema de transposição, assim como tratou-se sobre a importância do monitoramento contínuo da potabilidade e dos parâmetros ambientais da água transportada. Esses sistemas de

monitoramento são essenciais para garantir que a água esteja em condições adequadas para consumo humano e para uso agrícola, bem como para detectar e tratar possíveis problemas antes que se tornem críticos. No entanto, esses sistemas requerem uma infraestrutura que suporte tanto a coleta de dados quanto a sua análise e interpretação, além de investimentos em tecnologia de comunicação para permitir a transmissão de informações em tempo real. Sem a infraestrutura física e tecnológica adequada, os sistemas de monitoramento não podem ser eficazmente implementados, comprometendo a eficiência e a sustentabilidade do uso dos recursos hídricos.

Os investimentos também são cruciais para garantir que as tecnologias de eficiência hídrica sejam acessíveis aos pequenos produtores rurais, que frequentemente não têm condições financeiras de adquirir ou instalar sistemas de irrigação moderna por conta própria. Um dos entrevistados destacou a necessidade de que "os pequenos produtores recebam os equipamentos adequados de irrigação", sugerindo que, sem esses investimentos, a integração das bacias não cumprirá seu objetivo de promover o desenvolvimento rural e aumentar a produtividade de forma sustentável. A adoção de tecnologias de irrigação que otimizam o uso da água e aumentam a produtividade agrícola só pode ser realizada se houver investimentos direcionados para subsidiar esses pequenos produtores e garantir que eles tenham acesso às tecnologias necessárias. Nesse sentido, a infraestrutura de suporte e os investimentos financeiros são fundamentais para democratizar o acesso às inovações tecnológicas e assegurar que a eficiência no uso da água seja uma realidade para todos os setores, independentemente de sua capacidade financeira.

Outro ponto importante diz respeito à manutenção e à modernização contínua da infraestrutura de transposição e distribuição da água. A análise evidenciou que, para garantir a qualidade e a eficiência do sistema de transposição, é necessário que a infraestrutura passe por atualizações regulares, incorporando novas tecnologias e métodos que se tornem disponíveis. A obsolescência das tecnologias, a falta de manutenção preventiva e a ausência de peças sobressalentes são fatores que podem comprometer a eficiência dos sistemas de bombeamento e a segurança hídrica dos usuários finais. Nesse contexto, os investimentos contínuos não apenas suportam a implementação inicial de tecnologias eficientes, mas também garantem que essas tecnologias sejam mantidas e atualizadas, promovendo um ciclo contínuo de melhoria e eficiência. Sem uma infraestrutura modernizada e adequadamente mantida, as tecnologias aplicadas rapidamente se tornam ineficazes, comprometendo o sistema de gestão dos recursos hídricos como um todo.

A infraestrutura e os investimentos necessários também desempenham um papel crítico no fortalecimento das capacidades institucionais e de governança, que por sua vez afetam a implementação de tecnologias eficientes. Se destacou que "os desafios de coordenação e participação efetiva entre atores" são um obstáculo significativo para a realização de melhorias na infraestrutura e para a aplicação de políticas públicas que promovam o uso eficiente da água. Nesse sentido, uma infraestrutura sólida e investimentos adequados também são essenciais para fortalecer as instituições responsáveis pela gestão dos recursos hídricos, capacitando-as para lidar com a complexidade dos desafios que envolvem a introdução de novas tecnologias e a otimização do uso da água. O suporte financeiro e a infraestrutura física são, portanto, importantes para garantir que as inovações tecnológicas sejam acompanhadas de capacidades institucionais adequadas, assegurando que a eficiência do uso da água seja incorporada de forma integrada e duradoura na gestão hídrica.

Assim, a relação entre "Infraestrutura e Investimentos Necessários" e "Eficiência e Tecnologias para o Uso da Água" é uma relação de suporte essencial, na qual a infraestrutura e os investimentos constituem a base sobre a qual se constroem os esforços para aumentar a eficiência na gestão dos recursos hídricos. Vê-se que a eficiência no uso da água não pode ser alcançada de forma isolada; ela depende de uma infraestrutura que suporte a implementação e o funcionamento das tecnologias necessárias, bem como de investimentos contínuos que assegurem a manutenção e a modernização dessas tecnologias.

h) Impactos Ambientais e Qualidade da Água (IAQA) e Segurança Hídrica e Abastecimento (SHA)

Por fim, a relação entre "Impactos Ambientais e Qualidade da Água (IAQA)" e "Segurança Hídrica e Abastecimento (SHA)" é uma relação direta e de mútua influência, onde a preservação ambiental e a manutenção da qualidade da água asseguram a segurança hídrica das populações atendidas. A proteção dos ambientes aquáticos e o controle dos impactos ambientais são cruciais para garantir que a água destinada ao abastecimento seja de qualidade adequada e disponível em quantidade suficiente. Essa relação parece vital para que os benefícios da transposição do Rio São Francisco possam ser sustentáveis e eficazes.

As entrevistas com os especialistas revelaram uma preocupação consistente com a qualidade da água ao longo do sistema de transposição e com os impactos ambientais decorrentes desse processo. A análise das entrevistas evidenciou a complexidade envolvida na transferência de água entre bacias distintas, afirmando que o transporte de água "pode estar

trazendo organismos para cá, então isso vai mudar a qualidade". Essa observação ressalta o risco da introdução de espécies exóticas e de patógenos nos ecossistemas receptores, o que pode comprometer a integridade ecológica e, conseqüentemente, a qualidade da água. Quando a qualidade da água é afetada negativamente por organismos invasores ou contaminantes, isso representa uma ameaça direta à segurança hídrica, uma vez que a água torna-se inadequada para consumo humano e para outros usos fundamentais, como a irrigação e o abastecimento industrial.

A degradação ambiental dos corpos d'água e a introdução de poluentes também têm um impacto direto na segurança hídrica. Um dos entrevistados mencionou que a água transportada pode adquirir contaminantes ao longo do trajeto, ao passar por ambientes que já estão comprometidos por práticas como o uso de agrotóxicos ou a deposição de resíduos. Ele afirmou que "ao longo do trecho desse chão pode ter contaminantes orgânicos", evidenciando a vulnerabilidade do sistema à poluição ambiental. A presença de contaminantes químicos e biológicos compromete não apenas a qualidade da água, mas também a sua segurança para consumo e utilização, aumentando os custos de tratamento e dificultando a manutenção de padrões de potabilidade.

Além disso, o problema da eutrofização, é outro exemplo de como os impactos ambientais afetam diretamente a segurança hídrica. O entrevistado mencionou que a água do Rio São Francisco "é uma água rica em nutrientes e essa água pode eutrofizar", o que poderia afetar drasticamente a qualidade dos corpos hídricos receptores. A eutrofização não só torna a água imprópria para o consumo humano, como também prejudica os ecossistemas aquáticos e reduz a disponibilidade de água de boa qualidade para outros usos, comprometendo a segurança hídrica.

A preservação de matas ciliares, a recuperação das calhas dos rios e o controle do assoreamento também são ações relevantes para assegurar a qualidade da água e, por conseguinte, a segurança hídrica. A falta de manutenção dessas áreas críticas foi mencionada pelos entrevistados como um ponto de vulnerabilidade que precisa ser tratado com urgência. Sugeriu-se, como já apontado, a implementação de um "laboratório móvel que pudesse fazer análises básicas para verificar a qualidade da água", indicando a necessidade de monitoramento contínuo e eficaz. Essa proposta de monitoramento serviria para garantir que qualquer degradação ambiental seja identificada precocemente e que medidas corretivas possam ser implementadas a tempo de prevenir o comprometimento da qualidade da água. A capacidade de monitorar e assegurar a qualidade da água ao longo do sistema de transposição é um fator

determinante para a segurança hídrica, pois permite que os gestores tomem decisões informadas sobre a alocação e o uso dos recursos.

Os impactos ambientais também afetam a segurança hídrica por meio da alteração da capacidade de armazenamento e transporte da água. Nesse sentido, criticou-se a metodologia atual de transporte da água por canais abertos, destacando as grandes perdas por evaporação em um clima semiárido. Essas perdas por evaporação representam não apenas um desperdício significativo de um recurso já escasso, mas também uma diminuição direta da segurança hídrica das populações que dependem da transposição. A introdução de tecnologias que reduzem essas perdas e garantem a proteção dos recursos hídricos contra contaminações externas é essencial para assegurar a continuidade e a qualidade do abastecimento.

A segurança hídrica e a qualidade da água também estão interligadas através do enquadramento dos corpos hídricos. Conforme se evidenciou, a transposição tem o potencial de impactar positivamente o enquadramento dos corpos hídricos, elevando-os a classes superiores de qualidade que permitem um uso mais diversificado e seguro da água. Essa elevação na classificação dos corpos d'água depende da manutenção dos padrões de qualidade da água, o que por sua vez requer um esforço contínuo para preservar os ambientes aquáticos e controlar os impactos ambientais adversos. Assim, o enquadramento adequado dos corpos hídricos assegura a disponibilidade de água de qualidade para os diferentes usos necessários, contribuindo diretamente para a segurança hídrica e a sustentabilidade do sistema.

A qualidade da água não é apenas um aspecto técnico do sistema de gestão de recursos hídricos, mas também um componente central para a garantia de segurança hídrica e bem-estar da população. Essa percepção otimista sugere que a introdução de água de boa qualidade, como a do Rio São Francisco, pode diluir contaminantes locais e melhorar a qualidade geral dos corpos hídricos receptores. Contudo, essa melhoria potencial só pode ser assegurada se houver um controle rigoroso sobre os impactos ambientais ao longo do percurso da transposição e se forem tomadas medidas para evitar a degradação da qualidade da água após sua chegada às bacias receptoras.

Portanto, a relação entre "Impactos Ambientais e Qualidade da Água (IAQA)" e "Segurança Hídrica e Abastecimento (SHA)" é uma relação essencial e garantidora. A preservação dos ambientes aquáticos, o controle rigoroso da poluição e a manutenção da qualidade da água são fundamentais para garantir que os recursos hídricos sejam adequados para consumo humano e para outros usos críticos. A qualidade da água afeta diretamente a

capacidade do sistema de cumprir sua função primordial de fornecer água em quantidade e qualidade adequadas, reforçando a importância de políticas ambientais integradas e de uma governança hídrica que priorize a proteção e o monitoramento contínuo dos recursos hídricos.

4.9.5 Análise Crítica da Aplicação dos Instrumentos da PNRH no Contexto do PISF: Percepções dos Stakeholders

A gestão dos recursos hídricos no Brasil é orientada pela Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), instituída pela Lei nº 9.433/1997. Essa política estabelece instrumentos e diretrizes para o uso sustentável da água, promovendo a gestão integrada e participativa dos recursos hídricos. O Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF) representa uma das mais significativas iniciativas no contexto da gestão hídrica nacional, visando atender às demandas de regiões com escassez de água por meio da transposição de recursos hídricos.

Esta seção intenta conectar as percepções dos diferentes atores envolvidos — Poder Público, Sociedade Civil Organizada, Usuários e Especialistas Acadêmicos — sobre a relação entre o PISF e os instrumentos de gestão da PNRH aplicáveis à área de estudo. A importância de entender as percepções dos diferentes atores reside no fato de que a eficácia da gestão dos recursos hídricos depende não apenas de marcos legais e instrumentos de política, mas também da forma como esses são implementados na prática e percebidos por aqueles diretamente envolvidos ou afetados. As divergências ou convergências nas percepções podem indicar pontos de alinhamento ou conflitos potenciais, influenciando a efetividade dos instrumentos de gestão e a sustentabilidade das ações empreendidas.

a) Planos de Recursos Hídricos

Os Planos de Recursos Hídricos, conforme estabelecido no Artigo 6º, inciso I, da Lei nº 9.433/1997, são instrumentos fundamentais para orientar a gestão e o planejamento dos recursos hídricos em uma determinada bacia hidrográfica. No contexto do Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF), esses planos deveriam servir como base para coordenar as ações entre os diversos atores envolvidos, garantindo uma gestão integrada e sustentável dos recursos hídricos na área de estudo.

A análise das entrevistas revela que a implementação dos Planos de Recursos Hídricos no âmbito do PISF enfrenta desafios significativos. Representantes dos três grupos — Poder Público, Sociedade Civil Organizada e Usuários, e Professores Especialistas da UFCG —

apontam para uma lacuna entre o planejamento previsto nos instrumentos da PNRH e a realidade prática na gestão dos recursos hídricos.

No âmbito do Poder Público, há uma percepção de que as discussões relacionadas ao PISF não estão plenamente institucionalizadas nos comitês de bacia. Essa ausência de integração indica que os planos não estão sendo efetivamente implementados ou atualizados para incluir as novas dinâmicas introduzidas pelo PISF, o que compromete a gestão integrada e participativa preconizada pela PNRH.

Os Professores Especialistas reforçam essa percepção ao apontar a falta de coordenação entre os diferentes níveis de governo. Eles enfatizam que o sucesso de um projeto dessa magnitude depende de uma interação bem orquestrada entre os governos federal, estadual e municipal. A falta de articulação intergovernamental reflete diretamente na implementação deficiente dos planos, uma vez que a coordenação entre as esferas de governo é essencial para a execução eficaz das políticas públicas de recursos hídricos.

A Sociedade Civil Organizada e os Usuários expressam preocupações quanto à falta de planejamento adequado e à ausência de clareza sobre os objetivos e funcionamento do PISF. Há um entendimento equivocado entre muitos usuários sobre o propósito da transposição, o que indica que os planos não estão sendo comunicados de forma eficaz à população e aos usuários diretos. Isso resulta em expectativas incorretas e dificulta a participação social informada, conforme preconiza o Artigo 1º, inciso VI, da Lei nº 9.433/1997, que estabelece a gestão descentralizada e participativa dos recursos hídricos.

Além disso, a falta de investimentos em infraestrutura complementar, que deveria ser prevista nos planos, é destacada pelos entrevistados. Carências como a conclusão de obras essenciais em barragens comprometem a operacionalização do PISF e refletem um planejamento inadequado ou insuficiente nos Planos de Recursos Hídricos. Esses planos deveriam contemplar não apenas a transposição em si, mas também as obras complementares necessárias para sua plena funcionalidade.

Os Professores Especialistas também apontam para deficiências no planejamento estratégico, questionando se houve uma gestão adequada dos conflitos potenciais, como impactos em sítios arqueológicos, terras indígenas e outras questões socioambientais. Isso sugere que os planos não estão considerando adequadamente os aspectos socioambientais e culturais da região, essenciais para a sustentabilidade e legitimidade das ações previstas.

A Lei nº 9.433/1997 estabelece que os Planos de Recursos Hídricos devem ser elaborados com base nos princípios da descentralização, integração e participação social. No entanto, as percepções dos *stakeholders* indicam que esses princípios não estão sendo plenamente aplicados no contexto do PISF. A falta de participação efetiva dos usuários e da sociedade civil na elaboração e revisão dos planos é um ponto crítico, evidenciado pela incompreensão da comunidade sobre o projeto.

Ademais, a ausência de coordenação interinstitucional compromete a eficácia dos planos. Problemas como falhas recorrentes no sistema de bombeamento são atribuídos, em parte, à falta de sintonia entre os governos, o que impacta diretamente na implementação das ações planejadas. Essa falta de articulação intergovernamental dificulta a execução eficaz das políticas públicas de recursos hídricos e pode comprometer a gestão integrada prevista na PNRH.

Os desafios identificados na implementação dos Planos de Recursos Hídricos no contexto do PISF incluem a falta de integração institucional, a baixa participação social, deficiências na infraestrutura e inadequação nos aspectos socioambientais. Por outro lado, há oportunidades para fortalecer a implementação dos planos, como o fortalecimento dos comitês de bacia, melhoria na comunicação com a população, integração interinstitucional e atualização dos planos para incluir as novas dinâmicas e desafios introduzidos pelo PISF, com foco nos aspectos socioambientais.

Conclui-se que os Planos de Recursos Hídricos, enquanto instrumentos essenciais da PNRH, não estão sendo plenamente implementados no contexto do PISF, conforme evidenciado pelas percepções dos diferentes grupos de *stakeholders*. Para alinhar a prática aos princípios estabelecidos pela Lei nº 9.433/1997, é imperativo reforçar a implementação dos Planos de Recursos Hídricos, promovendo a participação efetiva de todos os atores envolvidos, garantindo a coordenação entre as diferentes esferas de governo e assegurando que os planos reflitam as necessidades reais da região e considerem os aspectos socioambientais e culturais locais.

b) Enquadramento dos Corpos de Água em Classes

O enquadramento dos corpos de água em classes é um instrumento essencial da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), estabelecido no Artigo 9º da Lei nº 9.433/1997. Esse instrumento visa classificar os corpos hídricos de acordo com seus usos preponderantes e estabelecer metas de qualidade da água a serem alcançadas ou mantidas ao longo do tempo. No

contexto do Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF), o enquadramento deveria orientar ações para garantir que a qualidade da água transposta atenda aos padrões necessários para os diversos usos na Bacia Piancó-Piranhas-Açu.

A análise das entrevistas indica que a aplicação do enquadramento dos corpos de água em classes no âmbito do PISF enfrenta obstáculos significativos. Representantes dos três grupos — Poder Público, Sociedade Civil Organizada e Usuários, e Professores Especialistas — apontam para uma falta de entendimento e implementação desse instrumento na área de estudo. No âmbito do Poder Público, há reconhecimentos de que o enquadramento é um desafio, especialmente em rios que sofrem com a intermitência e a escassez hídrica. Um representante ressalta que enquadrar rios secos ou com fluxos altamente variáveis é complexo, o que dificulta a definição de metas de qualidade da água e a aplicação efetiva do instrumento na região.

Os Professores Especialistas também destacam a ausência de ações concretas relacionadas ao enquadramento dos corpos de água no contexto do PISF. Eles apontam que a transposição do Rio São Francisco introduz novas dinâmicas nos corpos hídricos receptores, podendo alterar a qualidade da água e os ecossistemas locais. Apesar disso, não há evidências de que o enquadramento esteja sendo utilizado para orientar medidas de monitoramento e controle da qualidade da água transposta. Essa lacuna sugere uma desconexão entre o instrumento previsto na PNRH e a prática na gestão dos recursos hídricos na região.

A Sociedade Civil Organizada e os Usuários expressam preocupações quanto à qualidade da água e aos impactos ambientais decorrentes da transposição, mas não mencionam explicitamente o enquadramento dos corpos de água. Há relatos sobre poluição industrial, contaminação por esgoto doméstico e problemas de assoreamento, que afetam diretamente a qualidade dos corpos hídricos locais. Esses problemas indicam que as metas de qualidade da água, que deveriam ser estabelecidas pelo enquadramento, não estão sendo efetivamente perseguidas ou não foram definidas de forma participativa e clara para a comunidade.

A falta de aplicação do enquadramento dos corpos de água em classes tem implicações diretas nas preocupações dos *stakeholders* sobre a qualidade da água e os impactos ambientais. Sem metas de qualidade bem definidas e estratégias para alcançá-las, torna-se difícil implementar ações de controle da poluição, conservação ambiental e uso sustentável dos recursos hídricos. Isso compromete a gestão integrada e participativa dos recursos hídricos, conforme estabelecido pela PNRH.

Além disso, os Professores Especialistas ressaltam que a introdução de água do Rio São Francisco pode trazer mudanças na qualidade dos corpos hídricos da Bacia Piancó-Piranhas-Açu. Há preocupações sobre a possibilidade de eutrofização, introdução de espécies não nativas e alterações nos ecossistemas aquáticos locais. Essas questões evidenciam a necessidade de monitoramento contínuo e de estratégias de gestão baseadas no enquadramento dos corpos de água, para garantir que a transposição não comprometa a qualidade ambiental da região.

Os desafios na aplicação do enquadramento incluem a falta de dados e monitoramento sistemático da qualidade da água, a complexidade técnica para enquadrar rios com características específicas da região semiárida e a baixa participação social no processo de definição das classes dos corpos hídricos. A ausência de coordenação entre os órgãos gestores também dificulta a implementação efetiva desse instrumento.

Para superar esses desafios, é necessário fortalecer as capacidades técnicas das instituições responsáveis, investir em sistemas de monitoramento da qualidade da água e promover a participação ativa dos usuários e da sociedade civil no processo de enquadramento. A integração interinstitucional é fundamental para alinhar as ações e políticas relacionadas ao enquadramento dos corpos de água, garantindo que as metas de qualidade sejam estabelecidas de forma realista e alcançável.

Conclui-se que o enquadramento dos corpos de água em classes, embora previsto na Lei nº 9.433/1997 como um instrumento crucial para a gestão da qualidade dos recursos hídricos, não está sendo adequadamente entendido ou aplicado no contexto do PISF. Essa falta de aplicação compromete a capacidade de enfrentar os desafios relacionados à qualidade da água e aos impactos ambientais decorrentes da transposição.

c) Outorga de Direitos de Uso de Recursos Hídricos

Outro pilar da PNRH, a outorga de direitos de uso de recursos hídricos é estabelecida no Artigo 11 da Lei nº 9.433/1997. Esse instrumento tem como objetivo assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água, bem como garantir o efetivo exercício dos direitos de acesso aos recursos hídricos. No contexto do Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF), a outorga desempenha um papel crucial na regulação do acesso à água transposta, promovendo uma distribuição equitativa e sustentável entre os diversos usuários na Bacia Piancó-Piranhas-Açu.

A análise das entrevistas revela uma percepção convergente entre os diferentes grupos — Poder Público, Sociedade Civil Organizada e Usuários, e Professores Especialistas da UFCG — sobre os desafios enfrentados na implementação eficaz da outorga de direitos de uso de recursos hídricos no contexto do PISF. Todos reconhecem que, embora seja um instrumento legalmente estabelecido e fundamental para a gestão hídrica, a outorga não está sendo plenamente efetivada na prática, resultando em uma série de problemas operacionais e institucionais.

No âmbito do Poder Público, os representantes reconhecem a complexidade inerente à gestão das outorgas, especialmente devido à sobreposição de competências entre órgãos federais e estaduais. Há um reconhecimento de que, em trechos específicos da bacia, a água é de domínio da União, enquanto em outros é de domínio dos estados, o que gera confusão sobre a autoridade responsável pela emissão e fiscalização das outorgas. Essa ambiguidade institucional dificulta a aplicação efetiva do instrumento e compromete o controle sobre o uso dos recursos hídricos. Além disso, a mistura física das águas de diferentes origens dificulta a distinção entre a água transposta e a água nativa da bacia, tornando a gestão das outorgas ainda mais complexa.

A Sociedade Civil Organizada e os Usuários expressam preocupações significativas quanto à eficácia da outorga como instrumento de gestão. Relatam que a fiscalização é ineficiente, permitindo que usuários captem água além dos volumes autorizados ou mesmo sem qualquer outorga. A ausência de fiscalização efetiva resulta em uso irregular da água, prejudicando outros usuários e comprometendo a disponibilidade do recurso. Além disso, a falta de um cadastro unificado de usuários e outorgas é apontada como um obstáculo crítico; sem um sistema consolidado que integre os dados estaduais e federais, torna-se inviável implementar um sistema de gestão eficiente. Essa carência de informações dificulta o monitoramento e a fiscalização, permitindo que práticas de uso inadequado dos recursos hídricos persistam.

Por sua vez, os Professores Especialistas reforçam a importância da outorga como ferramenta essencial para organizar o uso da água e prevenir conflitos entre os usuários. Apontam que a falta de fiscalização efetiva compromete a eficácia do instrumento, e sem um sistema de monitoramento e controle rigoroso, a outorga perde sua função reguladora. Isso resulta em uso excessivo por alguns setores em detrimento de outros e potencializa conflitos. Além disso, destacam que a ausência de sistemas de medição precisos e a falta de transparência

nas informações sobre o uso da água agravam o problema, dificultando a implementação das políticas públicas de recursos hídricos.

As questões relacionadas à fiscalização e ao uso irregular da água são centrais na percepção dos *stakeholders* sobre a outorga. A falta de infraestrutura adequada para monitorar o uso da água, como medidores de vazão e sistemas de informação integrados, impede que os órgãos gestores saibam exatamente quanto cada usuário está captando. Essa ausência de dados precisos torna impossível verificar o cumprimento das condições estabelecidas nas outorgas e aplicar sanções em casos de descumprimento. Além disso, a sobreposição de competências entre os órgãos federais e estaduais contribui para a ineficácia da fiscalização. A falta de clareza sobre quem é responsável pela emissão e fiscalização das outorgas em diferentes trechos do rio cria lacunas na gestão, e essa ambiguidade institucional dificulta a coordenação de ações de fiscalização e a implementação de políticas consistentes.

A falta de recursos humanos e financeiros para realizar a fiscalização é um problema recorrente. Os órgãos gestores frequentemente não dispõem de equipes suficientes ou adequadamente treinadas para monitorar extensas áreas da bacia hidrográfica. A falta de investimentos em tecnologia de monitoramento, como sistemas de telemetria e sensores remotos, limita ainda mais a capacidade de fiscalização. O uso irregular da água é agravado pela falta de conscientização dos usuários sobre a importância da outorga e o cumprimento das condições estabelecidas. Há uma percepção de que a água é um recurso abundante e de livre acesso, o que leva a práticas de captação sem autorização e uso excessivo. Essa situação é exacerbada pela falta de campanhas educativas e de mecanismos de participação social que promovam o entendimento sobre a necessidade de regular o uso da água para garantir a sustentabilidade dos recursos hídricos.

A ineficiência na implementação da outorga de direitos de uso de recursos hídricos tem impactos significativos na gestão dos recursos hídricos no objeto de estudo desta pesquisa. Sem um controle efetivo sobre quem utiliza a água, em que volumes e para quais finalidades, torna-se difícil planejar e gerir adequadamente a distribuição do recurso, especialmente em uma região marcada pela escassez hídrica. A falta de fiscalização e controle sobre o uso da água pode levar a conflitos entre usuários, particularmente entre os setores agrícola, industrial e de abastecimento humano. O uso indiscriminado da água por alguns usuários pode comprometer a disponibilidade do recurso para outros, exacerbando tensões sociais e econômicas na região. Além disso, a captação não autorizada de água pode comprometer a vazão ecológica dos rios, afetando negativamente os ecossistemas aquáticos e a biodiversidade local.

A ausência de uma gestão eficaz das outorgas também dificulta a implementação de outros instrumentos da PNRH, como a cobrança pelo uso da água. Sem um cadastro atualizado e confiável de usuários e volumes outorgados, é inviável estabelecer um sistema de cobrança justo e eficiente. Isso compromete a sustentabilidade econômica da gestão dos recursos hídricos, uma vez que os recursos arrecadados poderiam ser utilizados para financiar ações de conservação, monitoramento e melhorias na infraestrutura hídrica.

Para superar os desafios identificados, é necessário promover ações integradas que fortaleçam a aplicação do instrumento da outorga e a fiscalização do uso da água no contexto do PISF. É fundamental estabelecer de forma clara as atribuições dos órgãos federais e estaduais na emissão e fiscalização das outorgas, evitando sobreposições e lacunas. A assinatura de acordos de cooperação técnica e a definição de protocolos de atuação conjunta podem contribuir para uma gestão mais eficiente. Desenvolver um sistema unificado de cadastro de usuários e outorgas, que integre os dados dos órgãos federais e estaduais, é essencial para o monitoramento e fiscalização. Esse sistema deve ser atualizado regularmente e estar acessível aos gestores e à sociedade, promovendo transparência.

Além disso, investir em infraestrutura de monitoramento, como a implementação de tecnologias de monitoramento em tempo real, medidores de vazão, sensores remotos e sistemas de telemetria, permite um controle mais preciso do uso da água. Essas tecnologias facilitam a detecção de irregularidades e apoiam a tomada de decisões em tempo hábil. Capacitar as equipes dos órgãos gestores em técnicas de fiscalização, uso de tecnologias de monitoramento e legislação aplicada é fundamental para aprimorar a eficácia das ações de controle. Promover campanhas educativas sobre a importância da outorga e o uso sustentável da água contribui para a mudança de comportamento dos usuários. A participação ativa dos usuários nos processos de gestão e fiscalização, por meio de comitês de bacia e outras instâncias, reforça a legitimidade das ações e facilita a adesão às normas.

Conclui-se que a outorga de direitos de uso de recursos hídricos, embora seja um instrumento central previsto na Lei nº 9.433/1997, enfrenta dificuldades significativas de implementação no contexto do PISF. Para alinhar a prática aos princípios da PNRH, é importante promover ações que fortaleçam a aplicação da outorga, garantindo o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água, a distribuição equitativa do recurso e a prevenção de conflitos entre os usuários.

d) Cobrança pelo Uso de Recursos Hídricos

A cobrança pelo uso de recursos hídricos é mais um dos instrumentos fundamentais basilares da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), conforme disposto no Artigo 19 da Lei nº 9.433/1997. Seu objetivo é reconhecer a água como um bem econômico, incentivar o uso racional e sustentável dos recursos hídricos e obter recursos financeiros para investimentos na gestão e preservação dos recursos hídricos. No contexto do Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF), a implementação da cobrança pelo uso da água é crucial para assegurar a sustentabilidade econômica do projeto e promover a eficiência no uso dos recursos hídricos na Bacia Piancó-Piranhas-Açu.

A análise das entrevistas revela que a implementação da cobrança pelo uso de recursos hídricos enfrenta diversas dificuldades e resistências, evidenciadas pelas percepções dos diferentes grupos envolvidos. No âmbito do Poder Público, há reconhecimento de que a cobrança pelo uso da água é necessária, mas também uma percepção de que sua implementação é complexa. Representantes das agências estaduais de gestão hídrica ressaltam que a água transportada tem um custo elevado, o que torna a cobrança um tema sensível. Há preocupações sobre a capacidade dos usuários, especialmente os pequenos agricultores e comunidades carentes, de arcar com os custos adicionais. Além disso, a falta de um sistema de medição preciso e confiável dificulta a quantificação exata do volume de água consumido por cada usuário, o que é fundamental para a aplicação justa da cobrança.

A Sociedade Civil Organizada e os Usuários expressam resistência à implementação da cobrança pelo uso da água, principalmente devido ao impacto econômico que isso representa. Há uma percepção de que a água é um recurso essencial e que historicamente foi disponibilizado sem custos diretos para a população. A introdução de uma tarifa é vista como um ônus financeiro adicional, especialmente em uma região marcada por baixos índices socioeconômicos. Usuários relatam que os custos de produção agrícola já são elevados, em grande parte devido aos gastos com energia elétrica para bombeamento de água, e que a cobrança pelo uso da água poderia tornar suas atividades inviáveis economicamente.

Os Professores Especialistas, por sua vez, aprofundam essa discussão, destacando que a cobrança pelo uso da água é essencial para a sustentabilidade econômica do PISF, mas reconhecem as dificuldades práticas em sua implementação. Apontam que os custos operacionais do projeto, incluindo energia para bombeamento e manutenção da infraestrutura, são altos e precisam ser cobertos para garantir a continuidade e eficiência do sistema. No

entanto, enfatizam que a cobrança deve ser implementada de forma gradual e justa, considerando a capacidade de pagamento dos diferentes usuários e setores.

Há também uma percepção compartilhada de que a falta de conscientização e educação ambiental contribui para a resistência à cobrança. A população em geral pode não compreender plenamente os benefícios de longo prazo associados ao uso sustentável da água e à necessidade de investimentos contínuos na gestão hídrica. Essa falta de entendimento dificulta a aceitação de políticas que introduzem custos adicionais para os usuários.

A relação entre a cobrança pelo uso da água, a sustentabilidade econômica e a eficiência no uso dos recursos hídricos é central nessa discussão. A cobrança é vista como um instrumento que pode incentivar práticas mais eficientes e sustentáveis, promovendo a redução de desperdícios e o uso racional da água. No entanto, para que isso ocorra, é necessário que os usuários percebam valor na água e entendam que o pagamento contribui para a manutenção e melhoria dos serviços hídricos.

Os representantes do Poder Público reconhecem que a cobrança pode fornecer recursos financeiros para investimentos em infraestrutura, monitoramento e fiscalização, que são fundamentais para a gestão eficaz dos recursos hídricos. No entanto, apontam que a falta de um sistema de medição adequado dificulta a implementação da cobrança baseada no consumo real. Sem medidores precisos, torna-se difícil calcular o volume de água utilizado por cada usuário e aplicar tarifas proporcionais.

A Sociedade Civil Organizada e os Usuários expressam preocupações com a equidade na aplicação da cobrança. Há temores de que a cobrança possa penalizar os usuários mais vulneráveis, enquanto grandes consumidores possam não ser devidamente responsabilizados. Além disso, há dúvidas sobre como os recursos arrecadados serão utilizados e se realmente beneficiarão a gestão dos recursos hídricos e as comunidades locais.

Os Professores Especialistas destacam que, para que a cobrança seja eficaz e aceitável, é necessário que seja acompanhada de transparência na gestão dos recursos arrecadados e de investimentos visíveis em melhorias nos sistemas de abastecimento e gestão hídrica. Enfatizam que a implementação da cobrança deve ser acompanhada de programas de educação ambiental e conscientização, para que os usuários compreendam a importância do uso sustentável da água e os benefícios de longo prazo associados à cobrança.

Além disso, apontam que a cobrança pode servir como um incentivo econômico para a adoção de tecnologias e práticas mais eficientes no uso da água. Usuários que implementam sistemas de irrigação mais eficientes ou adotam práticas de conservação poderiam ser beneficiados com tarifas reduzidas ou outros incentivos, promovendo a eficiência hídrica.

No entanto, a implementação desses incentivos depende de um sistema de gestão eficaz, que inclua monitoramento preciso do consumo de água e mecanismos de tarifação flexíveis. A falta de infraestrutura adequada e de sistemas de medição confiáveis é, portanto, um obstáculo significativo à operacionalização desses mecanismos.

A resistência cultural à cobrança pelo uso da água também é um fator a ser considerado. Em muitas comunidades, a água é vista como um bem comum e um direito básico, e a ideia de pagar pelo seu uso pode ser percebida como injusta ou inaceitável. Essa percepção requer abordagens sensíveis e programas de engajamento comunitário para explicar os motivos da cobrança e como ela contribui para a sustentabilidade dos recursos hídricos.

Para superar as dificuldades e resistências na implementação da cobrança pelo uso de recursos hídricos, é necessário um esforço conjunto de todos os atores envolvidos. O Poder Público precisa investir em infraestrutura de medição e monitoramento, desenvolver sistemas de tarifação justos e transparentes, e promover a participação dos usuários no processo de tomada de decisões. A Sociedade Civil Organizada pode desempenhar um papel importante na mobilização e educação da população, promovendo a conscientização sobre a importância do uso sustentável da água. Os Usuários, por sua vez, precisam ser envolvidos de forma ativa, contribuindo com *feedback* e participando dos mecanismos de gestão.

Os Professores Especialistas sugerem que a implementação da cobrança deve ser gradual e acompanhada de medidas de mitigação para os usuários mais vulneráveis. Propõem a criação de subsídios ou tarifas sociais para garantir que o acesso à água não seja comprometido para aqueles que não podem arcar com os custos. Além disso, recomendam a implementação de programas de incentivo para a adoção de tecnologias de eficiência hídrica, que podem reduzir o consumo de água e, conseqüentemente, os custos para os usuários.

Conclui-se que a cobrança pelo uso de recursos hídricos, embora seja um instrumento essencial previsto na Lei nº 9.433/1997, enfrenta desafios concretos de implementação no contexto do PISF. As dificuldades e resistências decorrem de questões econômicas, sociais, culturais e institucionais. Convém complementar que, ao promover a eficiência no uso da água, a cobrança pode contribuir para a conservação dos recursos hídricos e a segurança hídrica na

região. No entanto, para alcançar esses objetivos, é necessário enfrentar as resistências e dificuldades identificadas, por meio de ações que promovam a transparência, a participação dos usuários, a educação ambiental e a implementação de sistemas de gestão eficazes.

e) Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos

Por fim, o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH) é o último dos instrumentos fundamentais da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), conforme estabelecido no Artigo 25 da Lei nº 9.433/1997. Seu propósito é coletar, organizar e disseminar dados e informações sobre a quantidade, qualidade e uso dos recursos hídricos, visando subsidiar a gestão integrada e participativa. No contexto do Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF), a disponibilidade e transparência das informações são fator central para a tomada de decisões informadas pelos diversos *stakeholders* envolvidos na Bacia Piancó-Piranhas-Açu.

A análise das entrevistas revela que a implementação do SNIRH no âmbito do PISF enfrenta desafios significativos relacionados à disponibilidade, qualidade e acessibilidade das informações. Representantes do Poder Público, Sociedade Civil Organizada e Usuários, e Professores Especialistas da UFCG apontam lacunas na coleta, processamento e disseminação de dados, o que dificulta a gestão eficaz dos recursos hídricos e a participação informada dos usuários.

No âmbito do Poder Público, há reconhecimento de que a falta de um sistema integrado e acessível de informações compromete a transparência e a eficiência na gestão dos recursos hídricos. Os órgãos gestores enfrentam dificuldades na obtenção de dados atualizados e confiáveis sobre a disponibilidade hídrica, usos da água, qualidade dos corpos hídricos e demandas dos diferentes setores. Essa carência de informações impede o planejamento adequado, a emissão de outorgas fundamentadas e a fiscalização eficaz do uso dos recursos hídricos. Além disso, a ausência de uma plataforma unificada dificulta a coordenação entre os diferentes níveis de governo e órgãos responsáveis pela gestão hídrica.

A Sociedade Civil Organizada e os Usuários expressam insatisfação com a falta de transparência e acesso às informações relacionadas ao PISF e à gestão dos recursos hídricos na região. Há relatos de que os usuários não têm acesso a dados essenciais, como níveis dos reservatórios, vazões dos rios, qualidade da água e volumes outorgados. Essa falta de informação dificulta a participação ativa dos usuários nos processos de gestão, impede o monitoramento independente das ações dos órgãos gestores e compromete a confiança nas

instituições responsáveis. Além disso, a ausência de informações claras e acessíveis aumenta a percepção de insegurança hídrica e incertezas quanto ao futuro abastecimento de água.

Os Professores Especialistas destacam que a disponibilidade e transparência das informações são fundamentais para a tomada de decisões informadas e para a implementação eficaz dos instrumentos da PNRH. Apontam que a falta de dados confiáveis limita a capacidade de realizar análises técnicas, avaliações de impactos e planejamentos estratégicos. Além disso, ressaltam que a ausência de um sistema de informações robusto prejudica a pesquisa científica e o desenvolvimento de soluções inovadoras para os desafios enfrentados na gestão dos recursos hídricos na região.

A carência de informações também afeta a capacidade de monitoramento e fiscalização dos recursos hídricos. Sem dados precisos sobre os volumes de água disponíveis, consumidos e a qualidade dos corpos hídricos, torna-se inviável verificar o cumprimento das outorgas, identificar usos irregulares e aplicar sanções quando necessário. Além disso, a falta de transparência dificulta a identificação de áreas críticas que requerem intervenções prioritárias, como regiões com escassez hídrica, degradação ambiental ou conflitos pelo uso da água.

A conexão com as demandas dos *stakeholders* por maior acesso a dados para a tomada de decisão é evidente. Os usuários e a sociedade civil buscam informações que lhes permitam planejar suas atividades, seja na agricultura, indústria ou abastecimento humano. Querem compreender como as decisões relacionadas ao PISF e à gestão dos recursos hídricos os afetam, e desejam participar de forma ativa e informada nos processos de governança. A disponibilização de informações claras, atualizadas e acessíveis é essencial para promover a participação social efetiva, conforme preconizado pela PNRH.

Os representantes do Poder Público reconhecem a necessidade de aprimorar os sistemas de informação, mas apontam desafios relacionados a recursos financeiros, tecnológicos e humanos. A implantação de sistemas modernos de coleta e processamento de dados requer investimentos significativos, além de capacitação técnica das equipes responsáveis. Há também a necessidade de integração entre os diferentes sistemas existentes nos âmbitos federal, estadual e municipal, o que demanda esforços de coordenação e padronização.

Os Professores Especialistas sugerem que a adoção de tecnologias avançadas, como sensores remotos, sistemas de informação geográfica (SIG) e plataformas digitais de compartilhamento de dados, pode contribuir para melhorar a disponibilidade e transparência das informações. Destacam que a inovação tecnológica pode facilitar a coleta automatizada de

dados, o processamento em tempo real e a disseminação ampla das informações. Além disso, apontam que parcerias entre universidades, centros de pesquisa, órgãos governamentais e iniciativa privada podem acelerar o desenvolvimento e implantação desses sistemas.

A transparência das informações também está relacionada à confiança nas instituições responsáveis pela gestão dos recursos hídricos. A disponibilização pública de dados e informações reforça a prestação de contas, permite o escrutínio público das ações dos órgãos gestores e contribui para a legitimidade das decisões tomadas. Além disso, a transparência é fundamental para identificar problemas, propor soluções e promover a cooperação entre os diferentes atores envolvidos.

Para atender às demandas dos *stakeholders* por maior acesso a dados, é necessário implementar ações que promovam a disponibilidade e transparência das informações sobre recursos hídricos. Algumas medidas importantes podem incluir:

- **Desenvolvimento de Plataformas Integradas de Informação:** Criar sistemas unificados que consolidem dados de diferentes fontes e níveis de governo, facilitando o acesso pelos usuários e gestores. Essas plataformas devem ser intuitivas, atualizadas regularmente e disponibilizadas de forma aberta ao público.
- **Investimento em Tecnologias de Monitoramento:** Implementar tecnologias modernas de coleta de dados, como sensores automáticos de nível de água, qualidade e vazão, sistemas de transmissão remota de dados e ferramentas de análise em tempo real.
- **Capacitação de Profissionais:** Formar e treinar equipes técnicas especializadas na gestão de informações sobre recursos hídricos, incluindo coleta, processamento, análise e disseminação de dados.
- **Participação Social e Educação Ambiental:** Promover programas que envolvam a comunidade na coleta de dados, como redes de monitoramento participativo, e que eduquem a população sobre a importância das informações para a gestão sustentável dos recursos hídricos.
- **Transparência e Acesso à Informação:** Estabelecer políticas claras de acesso à informação, garantindo que dados relevantes estejam disponíveis de forma transparente, tempestiva e compreensível para todos os interessados.

Conclui-se que o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos, embora previsto como instrumento essencial na Lei nº 9.433/1997, também enfrenta desafios significativos de

implementação no contexto do PISF. A falta de disponibilidade e transparência das informações compromete a gestão eficaz dos recursos hídricos, a tomada de decisões informadas e a participação ativa dos *stakeholders*. A melhoria na disponibilidade e transparência das informações sobre recursos hídricos pode facilitar a coordenação entre os órgãos gestores, promover a participação social, apoiar a fiscalização e monitoramento, e embasar decisões estratégicas que visam o desenvolvimento sustentável da região.

A síntese das percepções dos diferentes grupos em relação aos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) no contexto do Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF) é apresentada no Quadro 9. Este proporciona uma visão consolidada dos principais pontos levantados pelos representantes do Poder Público, Sociedade Civil Organizada e Usuários, e Professores Especialistas da UFCG, permitindo uma análise comparativa das perspectivas sobre a implementação e eficácia dos instrumentos de gestão hídrica na área de estudo.

Quadro 9 – Síntese das Percepções dos *Stakeholders* sobre os Instrumentos da PNRH no Contexto do PISF

| Instrumentos da PNRH | Poder Público | Sociedade Civil Organizada e Usuários | Professores Especialistas da UFCG |
|---|--|---|---|
| 1. Planos de Recursos Hídricos | <ul style="list-style-type: none"> - Desafios na institucionalização das discussões do PISF nos comitês de bacia. - Falta de integração e atualização dos planos para incluir o PISF. | <ul style="list-style-type: none"> - Preocupação com o planejamento inadequado e falta de clareza sobre os objetivos do PISF. - Planos não são efetivamente comunicados, dificultando a participação. | <ul style="list-style-type: none"> - Deficiências no planejamento estratégico e consideração inadequada dos aspectos socioambientais e culturais. - Falta de coordenação entre os níveis de governo. |
| 2. Enquadramento dos Corpos de Água em Classes | <ul style="list-style-type: none"> - Dificuldade na aplicação em rios intermitentes ou secos, complicando o estabelecimento de metas de qualidade. | <ul style="list-style-type: none"> - Preocupações com a qualidade da água e impactos ambientais, mas falta de conhecimento sobre o instrumento. | <ul style="list-style-type: none"> - Instrumento não está sendo utilizado efetivamente para orientar ações. - Preocupação com alterações na qualidade da água devido ao PISF; necessidade de monitoramento. |
| 3. Outorga de Direitos de Uso de Recursos Hídricos | <ul style="list-style-type: none"> - Complexidades devido à sobreposição de competências entre órgãos federais e estaduais. - Confusão sobre a autoridade responsável pela outorga. | <ul style="list-style-type: none"> - Fiscalização ineficaz leva ao uso não autorizado e excessivo da água. - Ausência de cadastro consolidado de usuários dificulta a gestão. | <ul style="list-style-type: none"> - Falta de fiscalização efetiva compromete a eficácia do instrumento. - Necessidade de sistemas de medição precisos e transparência nas informações. |
| 4. Cobrança pelo Uso de Recursos Hídricos | <ul style="list-style-type: none"> - Reconhece a necessidade, mas a implementação é complexa. - Preocupações sobre a capacidade de pagamento dos usuários, especialmente os vulneráveis. | <ul style="list-style-type: none"> - Resistência devido ao impacto econômico. - Percepção da água como recurso essencial historicamente sem custo direto. | <ul style="list-style-type: none"> - Importante para a sustentabilidade econômica, mas reconhece dificuldades práticas. - Sugere implementação gradual e justa, considerando a capacidade de pagamento. |
| 5. Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos | <ul style="list-style-type: none"> - Falta de um sistema integrado e acessível de informações. - Dificuldade em obter dados atualizados e confiáveis prejudica o planejamento. | <ul style="list-style-type: none"> - Insatisfação com a falta de transparência e acesso a dados essenciais. - Dificulta a participação ativa e aumenta a percepção de insegurança hídrica. | <ul style="list-style-type: none"> - Ausência de dados limita análises técnicas e planejamento estratégico. - Necessidade de sistemas de informação robustos para apoiar pesquisa e inovação. |

Fonte: Autoria própria (2024)

Vê-se que as dificuldades apontadas na implementação efetiva dos instrumentos—como a falta de coordenação interinstitucional, deficiências na infraestrutura, baixa participação social, resistências culturais e insuficiências nos sistemas de informação—destacam a necessidade de uma abordagem mais integrada e colaborativa. A superação desses desafios requer não apenas esforços dos órgãos governamentais, mas também o engajamento ativo da sociedade civil, usuários e comunidade acadêmica.

4.10 Perspectivas Documentais e de *Stakeholders* na Gestão do PISF – Eixo Norte: Uma Abordagem Integrativa

Esta seção aprofunda a análise dos resultados obtidos por meio da confrontação entre as abordagens de análise documental e de análise de conteúdo das entrevistas, com foco em identificar convergências, divergências e lacunas presentes nas informações coletadas acerca do objeto de estudo nesta Tese. O intuito da mesma é compreender como os diferentes tipos de análise—baseados em documentos oficiais, relatórios, atas de reuniões e percepções expressas pelos *stakeholders* diretamente envolvidos—podem complementar ou contradizer-se mutuamente, oferecendo uma visão mais complexa e detalhada dos resultados e permitindo uma possibilidade de triangulação na interpretação.

A análise documental, amparada nos registros institucionais e em documentos normativos, fornece uma perspectiva oficial e prescritiva sobre a implementação do PISF, revelando como as diretrizes da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e os planos de gestão hídrica são formalmente concebidos para integrar os recursos do rio São Francisco com a Bacia Piancó-Piranhas-Açu. Por outro lado, a análise de conteúdo, com base nos depoimentos de diversos atores evidencia as práticas concretas, as percepções locais e os desafios diários enfrentados na operacionalização do projeto. Ao confrontar essas duas fontes de dados, busca-se evidenciar como os discursos institucionais e as práticas locais se relacionam, apontando pontos de alinhamento, contradições e lacunas na implementação das políticas de gestão hídrica.

A convergência dos resultados da análise documental e da análise de conteúdo fornece uma perspectiva consistente sobre os desafios enfrentados pelo Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF), evidenciando a necessidade de uma abordagem integrada que englobe aspectos institucionais, operacionais e sociais para garantir uma gestão eficaz dos recursos hídricos. Essas convergências corroboram a existência de problemas persistentes na gestão dos recursos hídricos e sublinham pontos críticos que precisam ser abordados para garantir o sucesso do PISF.

Em relação à gestão e à governança dos recursos hídricos, tanto a análise documental quanto a de conteúdo indicam a necessidade de uma maior coordenação entre as esferas de governo — federal, estadual e municipal. A articulação insuficiente entre esses níveis de governo aparece de forma recorrente nos documentos analisados, particularmente nos relatórios

oficiais e atas que descrevem os desafios enfrentados na gestão integrada das bacias hidrográficas. De maneira similar, os entrevistados foram enfáticos ao mencionar que a falta de uma coordenação eficaz entre os diferentes níveis governamentais compromete a implementação das políticas hídricas. Essa convergência de perspectivas evidencia que, tanto no plano normativo quanto na prática, a falha de coordenação intergovernamental é um fator determinante que impede a implementação eficiente do PISF. A articulação inadequada entre os órgãos é vista como uma barreira tanto na formulação quanto na operacionalização das ações planejadas, refletindo uma fragmentação institucional que se traduz em dificuldades concretas na execução das políticas públicas de recursos hídricos.

Outro ponto de convergência significativo entre as duas abordagens de análise diz respeito à capacitação dos comitês de bacia. Tanto a documentação oficial quanto os depoimentos dos entrevistados ressaltam a importância estratégica dos comitês na governança dos recursos hídricos. Contudo, é identificado que a falta de capacitação dos membros desses comitês compromete diretamente a efetividade das ações de gestão. A documentação, incluindo relatórios técnicos e atas de reuniões de comitês, indica a ausência de programas sistemáticos de capacitação para os membros dos comitês de bacia, algo que é corroborado pelos depoimentos dos especialistas, que salientam que a deficiência técnica dos membros limita a capacidade de tomada de decisões informadas. Essa convergência sublinha a necessidade de maior apoio institucional e investimentos em capacitação, de forma a fortalecer o papel dos comitês como instâncias deliberativas e de participação social na gestão das águas.

Em termos de infraestrutura e investimentos necessários, as duas análises convergem ao apontar a necessidade de manutenção e modernização dos sistemas de bombeamento, além da adoção de tecnologias renováveis como forma de assegurar a sustentabilidade do projeto. A análise documental destaca que a infraestrutura do PISF apresenta deficiências em termos de manutenção preventiva e reposição de equipamentos críticos, como as bombas utilizadas nos sistemas de transposição. Esses documentos sublinham que a falta de uma política de manutenção planejada e de investimentos em novas tecnologias pode comprometer a segurança hídrica das regiões atendidas. Por outro lado, os entrevistados também evidenciaram a necessidade de melhorias na infraestrutura, ressaltando que as falhas nos sistemas de bombeamento e a ausência de fontes alternativas de energia tornam o sistema vulnerável a paralisações e ineficiências operacionais. Ambos os tipos de análise sugerem que a modernização da infraestrutura, com foco na sustentabilidade energética, é um ponto crucial para garantir a continuidade e eficácia do PISF.

A convergência também se manifesta na necessidade de infraestrutura complementar, como a conclusão de barragens e sistemas de distribuição, para assegurar o pleno funcionamento do projeto. Tanto a documentação quanto os relatos dos entrevistados apontam para a falta de obras complementares como um entrave ao sucesso da transposição. Relatórios de auditoria e documentos técnicos indicam que a conclusão dessas obras é essencial para garantir a distribuição equitativa da água e a segurança no abastecimento hídrico das comunidades beneficiadas. Os entrevistados reforçam essa perspectiva, indicando que a ausência dessas infraestruturas cria um desequilíbrio na distribuição dos recursos e prejudica os pequenos produtores, que dependem de um acesso regular e seguro à água.

No que tange à fiscalização e monitoramento, ambas as abordagens — documental e de conteúdo — convergem ao destacar que a falta de monitoramento efetivo e de fiscalização adequada é um problema crônico que compromete a gestão dos recursos hídricos no âmbito do PISF. A documentação oficial, incluindo relatórios da Agência Nacional de Águas (ANA), aponta para a insuficiência de infraestrutura e de pessoal capacitado para realizar a fiscalização das outorgas e o controle da qualidade da água transposta. Essas limitações são igualmente mencionadas pelos entrevistados, que destacam que a falta de um sistema robusto de monitoramento e de laboratórios móveis para verificação da qualidade da água dificulta a identificação de problemas e a implementação de soluções rápidas. A ausência de fiscalização também afeta diretamente a confiabilidade do sistema de outorgas, uma vez que o uso inadequado dos recursos hídricos não é devidamente controlado.

Ademais, a transparência e o acesso à informação também foram identificados como pontos críticos em ambas as análises. A documentação oficial sugere que a ausência de um sistema de informação acessível e integrado compromete a capacidade dos gestores de tomar decisões fundamentadas e limita a participação da sociedade civil na gestão dos recursos hídricos. De forma convergente, os depoimentos dos *stakeholders* ressaltam que a falta de transparência é um obstáculo significativo para a gestão participativa e que a população, muitas vezes, não tem acesso às informações sobre o uso e distribuição da água. Ambos os tipos de análise indicam que a falta de informação impede a fiscalização social e reduz a legitimidade das decisões tomadas pelos gestores públicos.

Por sua vez, com relação a contrapontos, a análise das divergências entre os resultados da análise documental e da análise de conteúdo revela não apenas uma diferença de percepções entre os registros institucionais e as experiências dos *stakeholders*, mas também aponta para discrepâncias importantes na implementação das diretrizes da gestão dos recursos hídricos.

Essas divergências são especialmente evidentes em aspectos como a articulação institucional, a participação social e a adoção de tecnologias para o uso eficiente da água, evidenciando uma lacuna significativa entre o que é formalmente registrado e a realidade observada na prática.

No âmbito da gestão e governança dos recursos hídricos, a articulação institucional entre os diferentes níveis de governo é uma área de divergência entre as análises documental e de conteúdo. Os documentos oficiais, como atas de reuniões e relatórios governamentais, muitas vezes apresentam uma narrativa coerente e bem estruturada sobre a coordenação entre os níveis federal, estadual e municipal, destacando-a como uma diretriz implementada com sucesso. Essa visão institucional projeta uma imagem de cooperação harmoniosa e de um esforço coordenado para a gestão integrada dos recursos hídricos, refletindo uma abordagem formal de planejamento e gestão que, teoricamente, atende aos princípios da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH).

Entretanto, a análise de conteúdo, que se baseia nos depoimentos dos *stakeholders* entrevistados, revela um cenário bastante diferente, caracterizado pela fragilidade dessa articulação institucional. Professores especialistas e outros atores envolvidos na gestão do Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF) identificam a falta de coordenação entre os diferentes níveis de governo como um dos principais entraves à implementação eficaz do projeto. Essa percepção está fortemente ligada à ausência de uma estrutura integrada e ao impacto de disputas político-partidárias, que frequentemente comprometem a capacidade de ação coordenada. A diferença entre o discurso formal e a realidade observada não apenas destaca a lacuna existente na articulação institucional, mas também sugere que os mecanismos oficiais de cooperação não são suficientes para superar os desafios políticos e administrativos que afetam a governança dos recursos hídricos.

Outro ponto de divergência significativo entre as análises documental e de conteúdo refere-se à participação social. Nos documentos analisados, particularmente nas atas e relatórios da Agência Nacional de Águas (ANA), é evidente a existência formal de espaços participativos, como os comitês de bacia. Esses espaços são apresentados como instâncias democráticas e inclusivas, que garantem a participação da sociedade civil na gestão dos recursos hídricos. Essa visão institucional é reforçada pela descrição de procedimentos formais e de encontros realizados para discutir as questões relativas ao PISF, o que transmite uma impressão de ampla participação e engajamento social.

Contudo, a análise de conteúdo, baseada nas percepções dos entrevistados, apresenta um contraste significativo em relação à participação dos comitês de bacia. Embora os espaços participativos existam formalmente, sua efetividade é questionada pelos entrevistados, que apontam para a falta de capacitação dos membros dos comitês e para as dificuldades de comunicação com a população afetada. De acordo com os especialistas, os comitês de bacia frequentemente carecem de apoio institucional e técnico para atuar de maneira eficaz, e sua participação acaba sendo limitada a procedimentos burocráticos, sem um impacto real na tomada de decisões. Essa diferença entre o que é descrito formalmente nos documentos e o que ocorre na prática é um indicativo claro da desconexão entre a teoria e a prática da gestão participativa, comprometendo a legitimidade e a efetividade dos instrumentos da PNRH.

Por fim, há divergências importantes em relação à eficiência e à adoção de tecnologias no uso da água. A análise documental destaca o empenho do governo e de agências reguladoras em adotar tecnologias que melhorem a eficiência do uso da água, enfatizando iniciativas para a modernização dos sistemas de bombeamento e a integração de fontes de energia renováveis, como a energia solar e eólica. Os documentos sugerem que a tecnologia está sendo utilizada como uma ferramenta chave para promover a sustentabilidade e melhorar a gestão hídrica, apresentando um panorama otimista sobre os avanços tecnológicos implementados.

Entretanto, na análise de conteúdo, os entrevistados apresentam uma visão mais crítica em relação à adoção dessas tecnologias. Segundo os especialistas, embora houvesse expectativas em relação à modernização e à melhoria dos sistemas de bombeamento, muitas dessas inovações ainda não foram totalmente implementadas, e as estruturas existentes continuam sendo vulneráveis a falhas operacionais. A falta de reposição adequada de equipamentos e a dependência de fontes de energia convencionais são exemplos de limitações apontadas pelos entrevistados, que indicam que os avanços tecnológicos ainda não foram plenamente traduzidos em resultados concretos. Essa visão crítica sugere que há um descompasso entre a narrativa oficial sobre a inovação tecnológica e a experiência prática daqueles diretamente envolvidos na gestão e execução do projeto.

Por fim, a análise das lacunas presentes entre as abordagens documental e de conteúdo revela elementos críticos que devem ser enfrentados para garantir uma gestão hídrica eficaz e integrada no contexto do Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF) com a bacia Piancó-Piranhas-Açu. As lacunas identificadas são indicativas de aspectos que, apesar de formalmente abordados em documentos oficiais e instrumentos normativos, encontram-se

fragilizados na prática, comprometendo a operacionalização eficiente e equitativa dos recursos hídricos e a promoção de um desenvolvimento sustentável.

Uma das lacunas mais evidentes diz respeito à capacitação dos *stakeholders* e, em especial, dos membros dos comitês de bacia. Embora os documentos normativos reconheçam a importância dos comitês de bacia como instâncias de participação e gestão, não há esforços coordenados evidentes para capacitar seus membros de forma adequada. Essa insuficiência é verificada tanto na análise documental quanto na análise de conteúdo, sendo reforçada pelas percepções dos entrevistados. A ausência de capacitação adequada compromete a governança dos recursos hídricos, pois reduz a capacidade dos comitês de desempenharem suas funções estratégicas de forma eficiente, especialmente na mediação de conflitos e na implementação dos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH). A formalização desses espaços de governança não se traduz em uma prática eficaz, gerando uma participação simbólica que limita a efetividade da gestão hídrica e reforça desigualdades no acesso e na tomada de decisões.

Outra lacuna importante refere-se ao monitoramento da qualidade da água. Tanto a análise documental quanto a análise de conteúdo indicam a insuficiência das iniciativas de monitoramento da qualidade da água no contexto do PISF. Contudo, a análise documental falha em oferecer detalhes ou um plano robusto para superar essa deficiência, limitando-se a mencionar a necessidade de monitoramento sem propor estratégias específicas de implementação. Já os entrevistados trazem sugestões práticas, como a adoção de laboratórios móveis para verificar a qualidade da água ao longo dos canais de transposição, proporcionando uma abordagem mais ágil e adaptada às características locais. Essa falta de um plano detalhado para o monitoramento contínuo da qualidade da água compromete não apenas a segurança hídrica, mas também a saúde das populações dependentes, e revela um distanciamento entre as diretrizes formais e a realidade operacional. A ausência de monitoramento eficaz também impede a identificação precoce de problemas, como a contaminação por toxinas e bactérias, que já foram relatados em determinadas áreas abastecidas pela transposição.

Além disso, observa-se uma lacuna significativa na integração dos instrumentos da PNRH no contexto prático do PISF. Embora a documentação oficial insista na necessidade de articulação entre os instrumentos de gestão hídrica, como os planos de recursos hídricos, o enquadramento dos corpos de água e a outorga, a análise de conteúdo aponta para uma desconexão entre o ideal normativo e a realidade de aplicação desses instrumentos. A falta de coordenação e a implementação fragmentada dos instrumentos da PNRH sugerem uma

governança desarticulada, na qual os princípios da gestão integrada não se materializam nas ações concretas de gestão hídrica. A análise documental, ao enfatizar a existência desses instrumentos sem reconhecer as limitações práticas de sua aplicação, contribui para uma percepção distorcida de que a integração está acontecendo, enquanto os depoimentos demonstram uma falta de alinhamento entre as políticas públicas e as ações em campo.

A comunicação e participação da sociedade civil também emergem como uma lacuna crítica nas duas abordagens. Embora a documentação oficial reitere a importância da participação social no processo de gestão dos recursos hídricos, não há clareza sobre os mecanismos concretos que estão sendo empregados para assegurar o engajamento efetivo da população. Os depoimentos indicam um desconhecimento generalizado sobre os objetivos, funcionamento e impactos do PISF, evidenciando a ausência de estratégias eficazes de comunicação com a sociedade. Isso reflete não apenas uma falha no alcance das informações, mas também um problema na forma como o projeto é concebido no âmbito da gestão social: há uma distância significativa entre os gestores e as comunidades afetadas, o que dificulta a construção de uma relação de confiança e o estabelecimento de um senso de responsabilidade compartilhada pela gestão dos recursos hídricos. A ausência de engajamento dos usuários finais na gestão do PISF torna o projeto mais vulnerável a resistências, conflitos e, eventualmente, a um uso inadequado dos recursos hídricos.

A seguir, apresenta-se um quadro (10) síntese que reúne as principais convergências, divergências e lacunas identificadas na análise comparativa entre as abordagens documental e de conteúdo referentes ao Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF). Este quadro visa facilitar a compreensão dos pontos centrais discutidos, permitindo uma visualização clara das áreas de consenso, discordância e aspectos negligenciados que impactam a gestão hídrica no contexto do PISF.

Quadro 10 – Análise Comparativa: Síntese de Convergências, Divergências e Lacunas

| Convergências | Divergências | Lacunas |
|--|---|--|
| Coordenação Intergovernamental: Ambas as análises reconhecem a necessidade de maior coordenação entre os governos federal, estadual e municipal para uma gestão eficaz dos recursos hídricos. | Articulação Institucional: Documentos oficiais retratam coordenação eficaz entre os níveis de governo; entretanto, os stakeholders apontam fragilidade nessa articulação devido a disputas político-partidárias. | Capacitação dos Stakeholders: Falta de esforços coordenados para capacitar adequadamente os membros dos comitês de bacia, comprometendo a governança dos recursos hídricos. |
| Capacitação dos Comitês de Bacia: Há consenso sobre a importância estratégica dos comitês e a necessidade de capacitar seus membros para efetividade das ações de gestão. | Participação Social: Documentos oficiais destacam a existência de espaços participativos; porém, os stakeholders questionam a efetividade devido à falta de capacitação e dificuldades de comunicação com a população afetada. | Monitoramento da Qualidade da Água: Ausência de planos detalhados para monitoramento contínuo, comprometendo a segurança hídrica e a saúde das populações dependentes. |
| Infraestrutura e Investimentos: Ambas as análises concordam na necessidade de manutenção e modernização dos sistemas de bombeamento e na adoção de tecnologias renováveis para sustentabilidade. | Adoção de Tecnologias: Documentos enfatizam a adoção de tecnologias para uso eficiente da água; contudo, os stakeholders indicam que inovações não foram plenamente implementadas e estruturas permanecem vulneráveis. | Integração dos Instrumentos da PNRH: Desconexão entre os instrumentos de gestão hídrica e sua aplicação prática, refletindo uma governança desarticulada. |
| Infraestrutura Complementar: Reconhece-se a necessidade de obras complementares (barragens, sistemas de distribuição) para o pleno funcionamento do projeto. | | Comunicação e Participação Social: Falta de mecanismos concretos para engajamento efetivo da população, comprometendo a gestão participativa e a fiscalização social. |
| Fiscalização e Monitoramento: Convergência na identificação da falta de monitoramento efetivo e fiscalização adequada como problemas crônicos que comprometem a gestão. | | |
| Transparência e Acesso à Informação: Ambas as análises destacam a necessidade de maior transparência e acesso à informação para legitimar decisões e promover a fiscalização social. | | |

Fonte: Autoria própria (2024)

A análise sintetizada no quadro evidencia que, embora haja consenso sobre a necessidade de aprimorar a coordenação intergovernamental, capacitar os comitês de bacia e investir na modernização da infraestrutura hídrica, persistem discrepâncias significativas entre o discurso oficial e a prática observada. As convergências apontam para uma compreensão compartilhada dos desafios e prioridades na gestão dos recursos hídricos. No entanto, as divergências e lacunas ressaltam fragilidades na articulação institucional, participação social limitada e insuficiências na implementação efetiva das políticas e tecnologias propostas.

5 CONCLUSÕES

O presente capítulo apresenta as conclusões deste estudo. Este buscou analisar as relações entre os arranjos normativo-institucionais, as medidas governamentais e as inovações sociotécnicas no contexto da gestão de águas e da integração da bacia hidrográfica do Rio São Francisco com a bacia do Rio Piancó-Piranhas-Açu. Além das conclusões, serão apontadas recomendações para futuras pesquisas e uma discussão sobre as limitações enfrentadas durante a realização deste estudo

A pesquisa conclui que existem lacunas na implementação dos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) no contexto do Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF). As perspectivas críticas dos *stakeholders* - Poder Público, Sociedade Civil Organizada, Usuários e Especialistas da UFCG - evidenciam desafios na gestão da água na Bacia Piancó-Piranhas-Açu, especialmente devido à discrepância entre o planejamento teórico e a execução prática dos Planos de Recursos Hídricos. A falta de coordenação interinstitucional e a insuficiente participação social podem comprometer a governança descentralizada prevista na PNRH.

Constatou-se que a ausência de ações efetivas no enquadramento dos corpos de água em classes e as dificuldades técnicas em rios intermitentes são obstáculos à sustentabilidade ambiental da região. Além disso, a outorga de direitos de uso enfrenta obstáculos devido a sobreposições de competências entre os níveis federal e estadual e à falta de um cadastro consolidado de usuários, resultando em gestão ineficaz e uso irregular dos recursos hídricos. A resistência à cobrança pelo uso da água, especialmente por pequenos agricultores e comunidades vulneráveis, reflete a falta de conscientização sobre sua importância para a sustentabilidade do projeto e a percepção da água como um bem público não tarifável. Por fim, a carência de um Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos integrado e acessível limita o planejamento adequado e a participação informada da sociedade civil nos processos decisórios.

Com relação às potenciais inovações sociotécnicas implementadas na integração do Rio São Francisco com a bacia do Rio Piancó-Piranhas-Açu, verificou-se que foram importantes para otimizar os processos e superar os desafios na gestão dos recursos hídricos da região. Essas ações, resultado da convergência entre avanços tecnológicos e transformações sociais e institucionais, contribuíram para a eficiência e resiliência do sistema, evidenciando a importância do uso de novas tecnologias e práticas de gestão.

Destacam-se avanços em monitoramento e controle operacional, como o uso de estudos geofísicos e sistemas automatizados de monitoramento, que elevaram a precisão e eficiência na gestão dos recursos hídricos. Além disso, a implementação de soluções de segurança operacional e resiliência comunitária, incluindo sistemas de alarme e simulados de evacuação, reforçou a integração entre tecnologia e participação social. Inovações em infraestrutura e técnicas de reforço estrutural asseguraram a estabilidade e longevidade das infraestruturas, enquanto a aplicação de tecnologias avançadas de monitoramento e o uso de materiais de alta resistência na recuperação de estruturas hidráulicas aumentaram a durabilidade e reduziram custos de manutenção. Em síntese, a capacidade de integrar tecnologia, participação social e arranjos institucionais mostrou-se importante para enfrentar os desafios e garantir a sustentabilidade do projeto.

Por sua vez, os arranjos normativos-institucionais relacionados à integração do Rio São Francisco, especialmente na implementação do Eixo Norte na área de estudo, são complexos e exigem constante adaptação para atender às demandas técnicas, sociais e ambientais envolvidas. Apesar dos Decretos nº 5.995/2006, nº 8.207/2014 e nº 11.681/2023 terem estabelecido a base de governança do Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF), destacando o papel central da CODEVASF como Operadora Federal e da ANA como entidade reguladora, há desafios concretos na capacidade institucional de responder de maneira eficiente e coordenada. A necessidade de revisões constantes das normas e os conflitos na implementação indicam limitações estruturais que comprometem a eficácia da gestão.

A sustentabilidade econômica e a estrutura tarifária do PISF enfrentam obstáculos significativos. As limitações orçamentárias e os desafios operacionais impactam diretamente a capacidade de investimento e manutenção da infraestrutura, gerando tensões entre os estados beneficiados e dificultando a gestão integrada dos recursos hídricos. Além disso, a flexibilidade do Plano de Gestão Anual (PGA), embora essencial para adaptar as operações às variações hidrológicas e demandas dos estados receptores, enfrenta dificuldades na elaboração e coordenação entre os diversos atores, evidenciando a fragilidade da gestão multinível do projeto. Dessa forma, os conflitos e divergências na gestão multinível do PISF demonstram que a fragmentação de responsabilidades, a falta de clareza nas atribuições e problemas de comunicação entre os órgãos envolvidos podem comprometer a eficácia da gestão.

Também se conclui que as medidas conjunturais governamentais na gestão da integração do Rio São Francisco, especificamente ligadas ao Eixo Norte, representam um esforço coordenado para assegurar a continuidade, eficiência e resiliência do sistema de

transferência hídrica. A organização dessas medidas em cinco grupos temáticos—Infraestrutura e Engenharia; Planejamento e Alocação de Recursos Hídricos; Monitoramento e Segurança; Manutenção e Conservação; e Operação e Gestão de Recursos—permitiu uma compreensão abrangente das ações implementadas e suas implicações para a gestão do PISF. Essas medidas evidenciam a complexidade de coordenar infraestruturas, recursos hídricos, manutenção e gestão financeira em um projeto dessa magnitude.

As intervenções em infraestrutura e engenharia, como a recuperação do Conduto Forçado de Jati e a manutenção das estações de bombeamento, foram ações práticas para garantir a integridade física das estruturas e evitar interrupções no fornecimento de água. No planejamento e alocação de recursos hídricos, a revisão constante dos planos operacionais e as estratégias de rateio de custos, apoiadas pelo suporte financeiro da União, parecem alinhadas com a necessidade de sustentabilidade econômica do PISF, embora levantem questões sobre a dependência de subsídios governamentais a longo prazo. Medidas de monitoramento e segurança, como o uso de tecnologias em tempo real e simulados de emergência, demonstram o compromisso com a prevenção de falhas e a proteção das comunidades locais. A manutenção e conservação, por meio de intervenções corretivas e preventivas, podem assegurar a funcionalidade das infraestruturas hídricas. As medidas de operação e gestão de recursos destacaram a complexidade na distribuição eficiente da água e na manutenção da estabilidade operacional e econômica do projeto. Em síntese, as intervenções governamentais na gestão do PISF – Eixo Norte refletem um esforço multifacetado para garantir a eficiência, continuidade e resiliência do sistema de transferência hídrica.

Por fim, a pesquisa revelou convergências, divergências e lacunas entre as abordagens documental e de conteúdo, destacando tanto o potencial quanto os desafios da gestão integrada dos recursos hídricos no PISF com a área em estudo. Há um consenso sobre a necessidade de coordenação intergovernamental mais eficaz, maior capacitação dos comitês de bacia e modernização das infraestruturas, mas divergências apontam falhas na execução das políticas, como a desconexão entre o discurso institucional e as práticas locais. Além disso, lacunas na capacitação, monitoramento e comunicação comprometem a equidade no acesso à água e a participação social, exigindo uma revisão nos mecanismos de governança para garantir melhorias concretas.

5.1 Sugestões para Estudos Futuros

Diante das conclusões alcançadas nesta pesquisa, identificam-se várias áreas que demandam um aprofundamento investigativo substancial para aprimorar a gestão hídrica e a governança do Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF), sendo sugeridos estudos futuros que explorem as problemáticas identificadas ao longo do trabalho, contribuindo para a consolidação de práticas mais eficazes e sustentáveis na gestão dos recursos hídricos da região; tais lacunas não foram abordadas em maior profundidade nesta pesquisa devido a limitações de recursos e tempo, que restringiram o escopo da investigação:

1. **Análise de Eficiência das Estratégias de Coordenação Multinível no PISF:** Um estudo que avalie a eficiência dos mecanismos de articulação entre os diferentes níveis de governo (federal, estadual e municipal) no âmbito do PISF. Esse estudo poderia identificar os entraves e propor melhorias nas estruturas de governança para garantir uma gestão mais integrada e coesa dos recursos hídricos.
2. **Avaliação da Sustentabilidade Energética das Estações de Bombeamento:** Uma pesquisa voltada a analisar a viabilidade e impactos da introdução de tecnologias energéticas renováveis, como a energia solar e eólica, nas estações de bombeamento do PISF. O estudo poderia explorar os benefícios econômicos e ambientais, além de propor soluções para tornar o PISF menos dependente de fontes de energia convencionais.
3. **Estudo Comparativo de Modelos de Governança Hídrica Internacional:** Um estudo comparativo entre a governança do PISF e de projetos semelhantes em outros países, como o Canal da Mancha na Europa ou o Projeto Nacional de Irrigação em Israel. Esse estudo buscaria identificar melhores práticas internacionais que possam ser adaptadas ao contexto brasileiro, promovendo melhorias nos mecanismos de gestão e cooperação.
4. **Percepção das Comunidades Locais sobre a Efetividade das Ações de Comunicação do PISF:** Um estudo qualitativo para entender a percepção das comunidades locais sobre as ações de comunicação e transparência do PISF. Esse estudo tem como objetivo identificar lacunas de comunicação e desenvolver estratégias mais eficazes para o engajamento e para a disseminação de informações relevantes ao público afetado.

Esses estudos futuros visam não só aprofundar as questões apontadas pela presente pesquisa, mas também promover melhorias significativas na gestão e sustentabilidade do Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF), contribuindo para o aprimoramento da gestão hídrica e a segurança hídrica das regiões atendidas.

5.2 Limitações da Pesquisa

Esta pesquisa apresentou diversas contribuições importantes para sua realização, entretanto, algumas limitações devem ser reconhecidas a fim de contextualizar os resultados e indicar direções para investigações futuras. A primeira limitação relevante está relacionada ao acesso às fontes de dados. A coleta de dados baseou-se amplamente em documentos oficiais, atas e entrevistas com *stakeholders*. No entanto, a falta de transparência e a dificuldade no acesso a determinados relatórios e registros limitaram a compreensão mais profunda de alguns aspectos operacionais e financeiros do PISF. A indisponibilidade de informações detalhadas prejudicou, em alguns momentos, uma análise mais acurada das medidas de fiscalização e gestão de recursos.

Outra limitação a se reconhecer é a dependência de percepções subjetivas dos *stakeholders* entrevistados. Embora a análise de conteúdo tenha proporcionado uma visão valiosa sobre a percepção dos diversos atores, esta também trouxe desafios em termos de validade. As percepções dos entrevistados podem ter sido influenciadas por questões políticas, interesses particulares e experiências individuais, o que pode ter limitado a objetividade das conclusões relacionadas à implementação dos instrumentos da PNRH.

A complexidade do próprio PISF e a multiplicidade de atores envolvidos representaram outra limitação. A gestão multinível e a interação entre diferentes esferas de governo e entidades dificultaram a identificação clara das responsabilidades e contribuições de cada parte. Essa dinâmica resultou em desafios na interpretação dos arranjos normativos e institucionais, pois as informações frequentemente apresentavam discrepâncias quanto ao papel de cada instituição no âmbito do projeto.

Além disso, a limitação temporal foi um fator relevante. A pesquisa analisou um período específico de implementação e gestão do PISF, o que pode não refletir todas as dinâmicas e evoluções que ocorreram antes ou depois do período estudado. Como o PISF está em constante

adaptação, há a necessidade de um acompanhamento longitudinal para capturar as transformações e os impactos de longo prazo das intervenções e inovações implementadas.

Por fim, destaca-se a limitação referente ao enfoque geográfico da pesquisa. O estudo foi centrado na área do Eixo Norte do PISF, o que restringe a generalização dos resultados para outras regiões do projeto, como o Eixo Leste. As particularidades socioambientais e econômicas de cada região podem influenciar de maneira distinta a gestão e os resultados do projeto, sendo necessária uma investigação mais ampla que considere essas especificidades.

REFERÊNCIAS

ABRÃO, Messias Rodrigues; BACANI, Vitor Matheus. Diagnóstico da fragilidade ambiental na Bacia Hidrográfica do Rio Santo Antonio, MS: subsídio ao zoneamento ambiental. **Boletim Goiano de Geografia**, v. 38, n. 3, p. 619–645, 2018. DOI:10.5216/bgg.v38i3.56362.

AESA. **Piranhas-Açu**: Apresentação. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/comite-de-bacias/piranhas-acu/>. Acesso em: 20 out. 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Agência de Água – o que é, o que faz e como funciona**. Brasília: ANA, 2014.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Alternativas organizacionais para gestão de recursos hídricos**. Brasília: ANA, 2013.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2020: informe anual**. Brasília: ANA, 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: regiões hidrográficas brasileiras**. Brasília: ANA, 2015.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Nota Técnica nº 2/2019/COSER/SRE**. Brasília, 11 de janeiro de 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/gestao-das-aguas/politica-nacional-de-recursos-hidricos/cobranca/saofrancisco/estudos-tecnicos>. Acesso em: 21 mai. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Resolução nº 59, de 25 de março de 2020**. Dispõe sobre o Plano de Gestão Anual – PGA 2020 para o Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional – PISF. Brasília, 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Resolução nº 116, de 10 de fevereiro de 2022**. Dispõe sobre o Plano de Gestão Anual – PGA 2022 para o Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional – PISF. Brasília, 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Resolução nº 85, de 29 de outubro de 2018**. Dispõe sobre os Indicadores de Avaliação da Prestação do Serviço de Adução de Água Bruta no âmbito do Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional – PISF. Brasília, 2018.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Resolução nº 148, de 17 de março de 2023**. Aprova as tarifas para a prestação do serviço de adução de água bruta do Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional – PISF, para o ano de 2023. Brasília, 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Resolução nº 168, de 28 de novembro de 2023**. Dispõe sobre a cobrança pelo serviço de adução de água bruta do PISF e define as tarifas aplicáveis para o ano de 2024. Brasília, 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Resolução nº 173, de 27 de dezembro de 2023**. Aprova as disposições do Plano de Gestão Anual do Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional – PISF para o ano de 2024. Brasília, 2023.

AHN, Jung Min; LEE, Sangjin; KANG, Taeuk. Evaluation of dams and weirs operating for water resource management of the Geum River. **The Science of the total environment**, v. 478, p. 103–115, 2014. DOI:10.1016/j.scitotenv.2014.01.038.

AJAMI, Newsha K.; HORNBERGER, George M.; SUNDING, David L. Sustainable water resource management under hydrological uncertainty. **Water Resources Research**, v. 44, n. 11, 2008. DOI:10.1029/2007WR006736.

ALAMANOS, Angelos; MYLOPOULOS, Nikitas; LOUKAS, Athanasios; GAITANAROS, Dimitrios. An Integrated Multicriteria Analysis Tool for Evaluating Water Resource Management Strategies. **Water**, v. 10, n. 12, p. 1795, 2018. DOI:10.3390/w10121795.

AMORIM, Alcides Leite de. **Mecanismos de resolução de conflitos em bacias hidrográficas compartilhadas: o caso das bacias dos rios Piranhas-Açu (Brasil) e Tejo (Península Ibérica)**. 2016. 278 f. Tese (Doutorado). Doutorado em Recursos Naturais, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2016.

AMORIM, Alcides Leite de; RIBEIRO, Márcia Maria Rios; BRAGA, Cybelle Frazão Costa. Conflitos em bacias hidrográficas compartilhadas: o caso da bacia do rio Piranhas-Açu/PB-RN. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 21, n. 1, p. 36–45, 2016. DOI:10.21168/rbrh.v21n1.p36-45.

ANDRADE SANTANA, Rosinele de; MARQUES BEZERRA, Saulo de Tarso; MELO DOS SANTOS, Sylvana; PAIVA COUTINHO, Artur; LOPES COELHO, Isabela Carolina; SILVA PESSOA, Ruben Vivaldi. Assessing alternatives for meeting water demand: A case study of water resource management in the Brazilian Semiarid region. **Utilities Policy**, v. 61, p. 100974, 2019. DOI:10.1016/j.jup.2019.100974.

AQUINO, F. L. **Definição de indicadores de desempenho para o Sistema PISF – Projeto de Integração do Rio São Francisco com as Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional**. 2019. 177 f. Dissertação (Mestrado). Mestrado em Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2019.

ARAÚJO, Ronaldo S.; DA GLORIA ALVES, Maria; CONDESSO DE MELO, M. Teresa; CHRISPIM, Zélia M. P.; MENDES, M. Paula; SILVA JÚNIOR, Gerson C. Water resource management: a comparative evaluation of Brazil, Rio de Janeiro, the European Union, and Portugal. **The Science of the total environment**, v. 511, p. 815–828, 2015. DOI:10.1016/j.scitotenv.2014.11.098.

ARCHIBALD, Thomas W.; MARSHALL, Sarah E. Review of Mathematical Programming Applications in Water Resource Management Under Uncertainty. **Environmental Modeling & Assessment**, v. 23, n. 6, p. 753–777, 2018. DOI:10.1007/s10666-018-9628-0.

ARCILA, Rafaella Iliana Alves. **Gestão de Recursos Hídricos: governança e gerenciamento de conflitos pelo uso da água em região do Semiárido Nordeste**. 2014. 146 f. Tese (Doutorado). Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Centro de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2014.

ARIA, M.; CUCCURULLO, C. bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. **Journal of Informetrics**, v. 11, n. 4, p. 959–975, 2017.

ASSIS, André Tome de. **A transposição do Rio São Francisco na voz dos diretamente atingidos em Cabrobó (PE)**. 2015. 251 f. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação do Departamento de Geografia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015.

ATKINSON, Anthony; WATERHOUSE, John. A stakeholders approach to strategic performance measurement. **Sloan Management Review**, Massachusetts, v.38, n 3, p. 25 -36, set.1997.

AZEVEDO, Luiz Gabriel Todt de; LA PORTO, Rubem Laina; MÉLLO JUNIOR, Arisvaldo Vieira; PEREIRA, Juliana Garrido; LA ARROBAS, Daniele Porta; NORONHA, Luiz Correa e Pereira. **Transferência de Água entre Bacias Hidrográficas**. Brasília: Banco Mundial, 2005.

BAGATIN, Roberto; KLEMEŠ, Jiří Jaromír; REVERBERI, Andrea Pietro; HUISINGH, Donald. Conservation and improvements in water resource management: a global challenge. **Journal of Cleaner Production**, v. 77, p. 1–9, 2014. DOI:10.1016/j.jclepro.2014.04.027.

BAI, Xuemei; IMURA, Hidefumi. Towards sustainable urban water resource management: a case study in Tianjin, China. **Sustainable Development**, v. 9, n. 1, p. 24–35, 2001. DOI:10.1002/sd.149.

BARBOSA, Erivaldo Moreira. **Gestão de recursos hídricos da Paraíba: uma análise jurídico-institucional**. 2009. 209 f. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais. Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, 2009.

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2016.

BARROS, Aidil Jesus da Silveira; LEHFELD, Neide Aparecida de Souza. **Fundamentos da metodologia científica**. 3. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.

BARUA, Shishutosh; MUTTIL, Nitin; NG, A. W. M.; PERERA, B. J. C. Rainfall trend and its implications for water resource management within the Yarra River catchment, Australia. **Hydrological Processes**, v. 27, n. 12, p. 1727–1738, 2013. DOI:10.1002/hyp.9311.

BEALL, Allyson; FIEDLER, Fritz; BOLL, Jan; COSENS, Barbara. Sustainable Water Resource Management and Participatory System Dynamics - Case Study: Developing the

Palouse Basin Participatory Model. *Sustainability*, v. 3, n. 5, p. 720–742, 2011. DOI:10.3390/su3050720.

BHATTI, Ejaz-ul-Hassan; KHAN, Mudasser Muneer; SHAH, Syyed Adnan Raheel; RAZA, Syed Safdar; SHOAIB, Muhammad; ADNAN, Muhammad. Dynamics of Water Quality: Impact Assessment Process for Water Resource Management. *Processes*, v. 7, n. 2, p. 102, 2019. DOI:10.3390/pr7020102.

BIJKER, W. E.; HUGHES, T. P.; PINCH, T. J. **The Social Construction of Technological Systems: New Directions in the Sociology and History of Technology**. Cambridge, MA: MIT Press, 1987.

BOONSTRA, J.; VINK, M. Technological and organizational innovation: A dilemma of fundamental change and participation. *European Journal of Work and Organizational Psychology*, v. 5, n. 1, p. 85-109, 1996. DOI: 10.1080/13594329608414865

BRASIL. **Decreto nº 11.681, de 1º de setembro de 2023**. Altera o Decreto nº 5.995, de 19 de dezembro de 2006, que institui o Sistema de Gestão do Projeto de Integração do Rio São Francisco com as Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 4 set. 2023.

BRASIL. **Decreto Nº 5.995, de 19 de dezembro de 2006**. Institui o Sistema de Gestão do Projeto de Integração do Rio São Francisco com as Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2006/Decreto/D5995.htm. Acesso em: 30 nov. 2021.

BRASIL. **Decreto nº 5.995, de 19 de dezembro de 2006**. Institui o Sistema de Gestão do Projeto de Integração do Rio São Francisco com as Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional, e dá outras providências. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 20 dez. 2006.

BRASIL. **Decreto nº 8.207, de 13 de março de 2014**. Altera o Decreto nº 5.995, de 19 de dezembro de 2006, que institui o Sistema de Gestão do Projeto de Integração do Rio São Francisco com as Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 14 mar. 2014

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, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19433.htm. Acesso em: 10 out. 2021.

BRITO, Yáscara Maia Araújo de; RIBEIRO, Márcia Maria Rios; DA SILVA, Simone Rosa; MEDEIROS, Yvonilde Dantas Pinto; ASSIS, Wanessa Dunga de. Proposta metodológica para avaliar graus de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos em distintas escalas de planejamento. *Revista DAE*, v. 68, n. 224, p. 94–112, 2020. DOI:10.36659/dae.2020.042.

BURGESS, Richard; HORBATUCK, Keith; BERUVIDES, Mario. From Mosaic to Systemic Redux: The Conceptual Foundation of Resilience and Its Operational Implications for Water Resource Management. **Systems**, v. 7, n. 3, p. 32, 2019. doi:10.3390/systems7030032.

BUTT, Mohsin Jamil; WAQAS, Ahmad; MAHMOOD, Rashed. The Combined Effect of Vegetation and Soil Erosion in the Water Resource Management. **Water Resources Management**, v. 24, n. 13, p. 3701–3714, 2010. DOI:10.1007/s11269-010-9627-7.

CALLEN, J.; GEORGIU, A.; LI, J.; WESTBROOK, J. The value of sociotechnical theories for implementation of clinical information systems. In: LILLEY, D.; HARTMAN, N. **Handbook of Research on Technology Adoption, Social Policy, and Global Integration**. Hershey, PA: IGI Global, 2012. p. 192-208. DOI: 10.4018/978-1-60960-768-5.ch012.

CALLON, M. Some elements of a sociology of translation: domestication of the scallops and the fishermen of St Briec Bay. In: LAW, J. **Power, action and belief: a new sociology of knowledge?** London: Routledge & Kegan Paul, 1986. p. 196-223.

CÂMARA, Maiara de Lemos; MEDEIROS, Joana Darc Freire de; MAIA, A. G. Reservoir operation in the context of inter-basin water transfer. **RBRH**, 2022. DOI: 10.1590/2318-0331.272220220055.

CARBONE, Gregory J.; DOW, Kirstin. Water Resource Management and Drought Forecasts in South Carolina. **Journal of the American Water Resources Association**, v. 41, n. 1, p. 145–155, 2005. DOI:10.1111/j.1752-1688.2005.tb03724.x.

CARVALHO, Rocine Castelo de; MAGRINI, Alessandra. Conflicts over Water Resource Management in Brazil: A Case Study of Inter-Basin Transfers. **Water Resources Management**, v. 20, n. 2, p. 193–213, 2006. DOI:10.1007/s11269-006-7377-3.

CASTRO, César Nunes de. **Impactos do Projeto de Transposição do Rio São Francisco na Agricultura Irrigada no Nordeste Setentrional**. Brasília: IPEA, 2011.

CASTRO, César Nunes de. **Transposição do Rio São Francisco: Análise de oportunidade do projeto**. Rio de Janeiro: IPEA, 2011.

CERVO, Amado Luiz; BERVIAN, Pedro Alcino; SILVA, Roberto da. **Metodologia científica**. 6. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.

CHEN, Chao; AHMAD, Sajjad; KALRA, Ajay; XU, Zhi-xia. A dynamic model for exploring water-resource management scenarios in an inland arid area: Shanshan County, Northwestern China. **Journal of Mountain Science**, v. 14, n. 6, p. 1039–1057, 2017. DOI:10.1007/s11629-016-4210-1.

CHEN, Hua; GUO, Shenglian; XU, Chong-yu; SINGH, Vijay P. Historical temporal trends of hydro-climatic variables and runoff response to climate variability and their relevance in water resource management in the Hanjiang basin. **Journal of Hydrology**, v. 344, 3-4, p. 171–184, 2007. DOI:10.1016/j.jhydrol.2007.06.034.

CHEVALIER, J. M., BUCKLES, D. J. **SAS2: a Guide to Collaborative Inquiry and Social Engagement**. Sage Publications, 2008.

CIRILO, Brenda Batista. **Elemento de benção, região de maldição: uma análise da gestão de recursos hídricos no Estado do Pará**. 2019. 250 f. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido, Núcleo de Altos Estudos Amazônicos, Universidade Federal do Pará, Belém, 2019.

CLARKSON, Max B. E. A Stakeholder Framework for Analyzing and Evaluating Corporate Social Performance, **Academy of Management Review**, Mississippi State, v.20, p. 92 -117, jan. 1995.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIANCÓ-PIRANHAS-AÇU (CBHPPA). **Ata da 29ª Reunião Ordinária do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Piancó-Piranhás-Açu**. Jucurutu, 2023. Disponível em: <https://cbhpiancopiranhhasacu.org.br/documentos/>. Acesso em: 07 jun. 2024.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIANCÓ-PIRANHAS-AÇU (CBHPPA). **Ata da 21ª Reunião Ordinária do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Piancó-Piranhás-Açu**. Picuí, 2019. Disponível em: <https://cbhpiancopiranhhasacu.org.br/documentos/>. Acesso em: 07 jun. 2024.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIANCÓ-PIRANHAS-AÇU (CBHPPA). **Ata da 30ª Reunião Ordinária do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Piancó-Piranhás-Açu**. Sousa, 2024. Disponível em: <https://cbhpiancopiranhhasacu.org.br/documentos/>. Acesso em: 07 jun. 2024.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO (CBHSF). **Ajuda Memória – XV e XVI Plenárias do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco**. Piranhas, Alagoas, 08 ago. 2006. Disponível em: <https://cbhsaofrancisco.org.br/documentacao/atas-das-plenarias/>. Acesso em: 12 fev. 2024.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO (CBHSF). **Ajuda Memória – XI e XII Plenárias do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco**. Belo Horizonte, 06 e 07 dez. 2006. Disponível em: <https://cbhsaofrancisco.org.br/documentacao/atas-das-plenarias/>. Acesso em: 12 fev. 2024.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO (CBHSF). **Ata da II Reunião Plenária do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco**. Penedo, 2003. Disponível em: <https://cbhsaofrancisco.org.br/documentacao/atas-das-plenarias/>. Acesso em: 12 fev. 2024.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO (CBHSF). **Ata da XVII e XVIII Plenárias do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco**. Afogados da Ingazeira, 2007. Disponível em: <https://cbhsaofrancisco.org.br/documentacao/atas-das-plenarias/>. Acesso em: 12 fev. 2024.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO (CBHSF). **Ata da VI Reunião Plenária do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco**. Pirapora, 2005.

Disponível em: <https://cbhsaofrancisco.org.br/documentacao/atas-das-plenarias/>. Acesso em: 12 fev. 2024.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO (CBHSF). **Ata da II Reunião Plenária do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco**. Penedo, 2003. Disponível em: <https://cbhsaofrancisco.org.br/documentacao/atas-das-plenarias/>. Acesso em: 12 fev. 2024.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO (CBHSF). **Ata da V Reunião Plenária do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco**. Salvador, 2004. Disponível em: <https://cbhsaofrancisco.org.br/documentacao/atas-das-plenarias/>. Acesso em: 12 fev. 2024.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO (CBHSF). **Ata da X Reunião Plenária Extraordinária do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco**. Aracaju, 2010. Disponível em: <https://cbhsaofrancisco.org.br/documentacao/atas-das-plenarias/>. Acesso em: 12 fev. 2024.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO (CBHSF). **Ata da XVIII Reunião Plenária Ordinária do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco**. [Local não informado], 2010. Disponível em: <https://cbhsaofrancisco.org.br/documentacao/atas-das-plenarias/>. Acesso em: 12 fev. 2024.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO (CBHSF). **Ata da XXXIX Reunião Plenária Ordinária do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco**. Brasília, 2020. Disponível em: <https://cbhsaofrancisco.org.br/documentacao/atas-das-plenarias/>. Acesso em: 12 fev. 2024.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO (CBHSF). **Ata da XLIV Reunião Plenária Ordinária do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco**. Brasília, 2022. Disponível em: <https://cbhsaofrancisco.org.br/documentacao/atas-das-plenarias/>. Acesso em: 12 fev. 2024.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO (CBHSF). **Ata da XX Plenária Extraordinária do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco**. Brasília, 2017. Disponível em: <https://cbhsaofrancisco.org.br/documentacao/atas-das-plenarias/>. Acesso em: 12 fev. 2024.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO (CBHSF). **Ata da XXXIV Reunião Plenária Ordinária do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco**. Lagoa da Prata, 2018. Disponível em: <https://cbhsaofrancisco.org.br/documentacao/atas-das-plenarias/>. Acesso em: 12 fev. 2024.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO (CBHSF). **Ata da XLVI Reunião Plenária Ordinária do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco**. Penedo, 2023. Disponível em: <https://cbhsaofrancisco.org.br/documentacao/atas-das-plenarias/>. Acesso em: 12 fev. 2024.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO (CBHSF). **Ata da XXXVI Plenária Ordinária, XXI e XXII Plenárias Extraordinárias, realizadas nos dias 16 e 17 de maio de 2019 – Brasília/DF**. Brasília: CBHSF, 2019. Disponível em: <https://cbhsaofrancisco.org.br/documentacao/atas-das-plenarias/>. Acesso em: 12 fev. 2024.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO (CBHSF). **Síntese das IX e X Reuniões Plenárias do CBHSF**. Aracaju, 13 e 14 de julho de 2006. Disponível em: <https://cbhsaofrancisco.org.br/documentacao/atas-das-plenarias/>. Acesso em: 12 fev. 2024.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO. **Resumo executivo do Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco 2016 - 2025**. Alagoas: Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco, 2016.

COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DOS VALES DO SÃO FRANCISCO E DO PARNAÍBA (CODEVASF). **Apresentação do Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional – novembro de 2022**. Brasília, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/aceso-a-informacao/institucional/reuniao-deliberativa/atas-das-reunioes-deliberativas>. Acesso em: 25 de ago. 2024.

COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DOS VALES DO SÃO FRANCISCO E DO PARNAÍBA (CODEVASF). **Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional: Eixo Leste. Operação - Janeiro 2023**. Brasília: Codevasf, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/aceso-a-informacao/institucional/reuniao-deliberativa/atas-das-reunioes-deliberativas>. Acesso em: 25 de ago. 2024.

COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DOS VALES DO SÃO FRANCISCO E DO PARNAÍBA (CODEVASF). **Ofício nº 742/2020/PR/GB**. Brasília, 8 de dezembro de 2020. Disponível em: <https://www.codevasf.gov.br/linhas-de-negocios/seguranca-hidrica/infraestrutura-hidrica/canais-e-adutoras/projeto-sao-francisco-pisf>. Acesso em: 25 de ago. 2024.

COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DOS VALES DO SÃO FRANCISCO E DO PARNAÍBA (CODEVASF). **Ofício nº 843/2023/PR/GB**. Brasília, 30 de outubro de 2023. Disponível em: <https://www.codevasf.gov.br/linhas-de-negocios/seguranca-hidrica/infraestrutura-hidrica/canais-e-adutoras/projeto-sao-francisco-pisf>. Acesso em: 25 de ago. 2024.

COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DOS VALES DO SÃO FRANCISCO E DO PARNAÍBA (CODEVASF). **PISF HEC-ResSim Model – Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional**. Brasília, 5 de maio de 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/aceso-a-informacao/institucional/reuniao-deliberativa/atas-das-reunioes-deliberativas>. Acesso em: 25 de ago. 2024.

CONSELHO GESTOR DO PROJETO DE INTEGRAÇÃO DO RIO SÃO FRANCISCO (CGPISF). **Ajuda memória da reunião de acompanhamento das atividades de implementação do PISF – 04 de fevereiro de 2021.** Reunião realizada por videoconferência. Brasília, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/aceso-a-informacao/institucional/reuniao-deliberativa/atas-das-reunioes-deliberativas>. Acesso em: 15 de jan. 2024

CONSELHO GESTOR DO PROJETO DE INTEGRAÇÃO DO RIO SÃO FRANCISCO (CGPISF). **Ajuda memória da reunião de acompanhamento das atividades de implementação do PISF – 04 de novembro de 2021. Reunião realizada por videoconferência.** Brasília, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/aceso-a-informacao/institucional/reuniao-deliberativa/atas-das-reunioes-deliberativas>. Acesso em: 15 de jan. 2024.

CONSELHO GESTOR DO PROJETO DE INTEGRAÇÃO DO RIO SÃO FRANCISCO (CGPISF). **Ajuda memória da reunião de acompanhamento das atividades de implementação do PISF – 02 de junho de 2022.** Reunião realizada por videoconferência. Brasília, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/aceso-a-informacao/institucional/reuniao-deliberativa/atas-das-reunioes-deliberativas>. Acesso em: 15 de jan. 2024.

CONSELHO GESTOR DO PROJETO DE INTEGRAÇÃO DO RIO SÃO FRANCISCO (CGPISF). **Ajuda memória da reunião de acompanhamento das atividades de implementação do PISF – 06 de fevereiro de 2020.** Reunião realizada por videoconferência. Brasília, 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/aceso-a-informacao/institucional/reuniao-deliberativa/atas-das-reunioes-deliberativas>. Acesso em: 15 de jan. 2024.

CONSELHO GESTOR DO PROJETO DE INTEGRAÇÃO DO RIO SÃO FRANCISCO (CGPISF). **Ajuda memória da reunião de acompanhamento das atividades de implementação do PISF – 05 de novembro de 2020.** Reunião realizada por videoconferência. Brasília, 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/aceso-a-informacao/institucional/reuniao-deliberativa/atas-das-reunioes-deliberativas>. Acesso em: 15 de jan. 2024.

CONSELHO GESTOR DO PROJETO DE INTEGRAÇÃO DO RIO SÃO FRANCISCO (CGPISF). **Ajuda memória da reunião de acompanhamento das atividades de implementação do PISF – 06 de agosto de 2021.** Reunião realizada por videoconferência. Brasília, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/aceso-a-informacao/institucional/reuniao-deliberativa/atas-das-reunioes-deliberativas>. Acesso em: 15 de jan. 2024.

CONSELHO GESTOR DO PROJETO DE INTEGRAÇÃO DO RIO SÃO FRANCISCO (CGPISF). **Ajuda memória da reunião de acompanhamento das atividades de implementação do PISF – 08 de abril de 2021.** Reunião realizada por videoconferência. Brasília, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/aceso-a-informacao/institucional/reuniao-deliberativa/atas-das-reunioes-deliberativas>.

informacao/institucional/reuniao-deliberativa/atas-das-reunioes-deliberativas. Acesso em: 15 de jan. 2024.

CONSELHO GESTOR DO PROJETO DE INTEGRAÇÃO DO RIO SÃO FRANCISCO (CGPISF). **Ajuda memória da reunião de acompanhamento das atividades de implementação do PISF – 03 de setembro de 2020.** Reunião realizada por videoconferência. Brasília, 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/aceso-a-informacao/institucional/reuniao-deliberativa/atas-das-reunioes-deliberativas>. Acesso em: 15 de jan. 2024

CONSELHO GESTOR DO PROJETO DE INTEGRAÇÃO DO RIO SÃO FRANCISCO (CGPISF). **Ajuda memória da reunião de acompanhamento das atividades de implementação do PISF – 10 de junho de 2021.** Reunião realizada por videoconferência. Brasília, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/aceso-a-informacao/institucional/reuniao-deliberativa/atas-das-reunioes-deliberativas>. Acesso em: 15 de jan. 2024

CONSELHO GESTOR DO PROJETO DE INTEGRAÇÃO DO RIO SÃO FRANCISCO (CGPISF). **Ajuda memória da reunião de acompanhamento das atividades de implementação do PISF – 02 de fevereiro de 2023.** Reunião realizada por videoconferência. Brasília, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/aceso-a-informacao/institucional/reuniao-deliberativa/atas-das-reunioes-deliberativas>. Acesso em: 15 de jan. 2024

CONSELHO GESTOR DO PROJETO DE INTEGRAÇÃO DO RIO SÃO FRANCISCO (CGPISF). **Ajuda memória da reunião de acompanhamento das atividades de implementação do PISF – 04 de maio de 2023.** Reunião realizada por videoconferência. Brasília, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/aceso-a-informacao/institucional/reuniao-deliberativa/atas-das-reunioes-deliberativas>. Acesso em: 15 de jan. 2024

CONSELHO GESTOR DO PROJETO DE INTEGRAÇÃO DO RIO SÃO FRANCISCO (CGPISF). **Ajuda memória da reunião de acompanhamento das atividades de implementação do PISF – 01 de agosto de 2024.** Reunião realizada por videoconferência. Brasília, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/aceso-a-informacao/institucional/reuniao-deliberativa/atas-das-reunioes-deliberativas>. Acesso em: 15 de jan. 2024.

CONSELHO GESTOR DO PROJETO DE INTEGRAÇÃO DO RIO SÃO FRANCISCO (CGPISF). **Ajuda memória da reunião de acompanhamento das atividades de implementação do PISF – 03 de novembro de 2022.** Reunião realizada por videoconferência. Brasília, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/aceso-a-informacao/institucional/reuniao-deliberativa/atas-das-reunioes-deliberativas>. Acesso em: 15 de jan. 2024

CONSELHO GESTOR DO PROJETO DE INTEGRAÇÃO DO RIO SÃO FRANCISCO (CGPISF). **Ajuda memória da reunião de acompanhamento das atividades de**

implementação do PISF – 02 de maio de 2024. Reunião realizada por videoconferência. Brasília, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/aceso-a-informacao/institucional/reuniao-deliberativa/atas-das-reunioes-deliberativas>. Acesso em: 15 de jan. 2024

CONSELHO GESTOR DO PROJETO DE INTEGRAÇÃO DO RIO SÃO FRANCISCO (CGPISF). **Ajuda memória da reunião de acompanhamento das atividades de implementação do PISF – 09 de novembro de 2023.** Reunião realizada por videoconferência. Brasília, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/aceso-a-informacao/institucional/reuniao-deliberativa/atas-das-reunioes-deliberativas>. Acesso em: 15 de jan. 2024.

COSTA, Francisco José Lobato da. **Estratégias de gerenciamento de Recursos Hídricos no Brasil: Áreas de cooperação com o Banco Mundial.** Brasília: Banco Mundial, 2003.

DA SILVA, José Aparecido; BIANCHI, Maria de Lourdes Pires. Cientometria: a métrica da ciência. **Paidéia (Ribeirão Preto)**, v. 11, n. 21, p. 5–10, 2001. DOI:10.1590/S0103-863X2001000200002.

DIERBACH, C. Python as a first programming language. **Journal of Computing Sciences in Colleges**, v. 29, p. 153-154, 2014

DONALDSON, Thomas; PRESTON, Lee. The stakeholders theory of the corporation: concepts, evidence and implications. **Academy of Management Review**, Mississipi State, v.20, jan.1995.

EMERY, F. E. **Systems thinking: Selected readings.** Middlesex: Penguin Books, 1978.

FANG, Shifeng; XU, Lida; PEI, Huan; LIU, Yongqiang; LIU, Zhihui; ZHU, Yunqiang; YAN, Jianwu; ZHANG, Huifang. An Integrated Approach to Snowmelt Flood Forecasting in Water Resource Management. **IEEE Transactions on Industrial Informatics**, v. 10, n. 1, p. 548–558, 2014. DOI:10.1109/TII.2013.2257807.

FERREIRA, José Gomes. A transposição das águas do rio São Francisco na resposta à seca do Nordeste brasileiro: Cronologia da transformação da ideia em obra. **Campos Neutrais - Revista Latino-Americana de Relações Internacionais**, v. 1, n. 2, p. 53–72, 2019. DOI:10.14295/cn.v1i2.9085.

FREEMAN, R. E. **Strategic Management: A Stakeholder Approach.** Boston: Pitman, 1984.

FREEMAN, R. E.; McVEA, J. A stakeholder approach to strategic management. In: HITT, M.; FREEMAN, E.; HARRISON, J. **Handbook of strategic management.** Oxford: Blackwell Publishing, 2000. p. 189-207.

GEELS, F. W. Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: a multi-level perspective and a case-study. **Research Policy**, v. 31, n. 8-9, p. 1257-1274, 2002. DOI: 10.1016/S0048-7333(02)00062-8.

GENG, Yong; YI, Jun. Integrated water resource management at the industrial park level: A case of the Tianjin Economic Development Area. **International Journal of Sustainable Development & World Ecology**, v. 13, n. 1, p. 37–50, 2006.
DOI:10.1080/13504500609469660.

GERLAK, Andrea K.; VARADY, Robert G.; PETIT, Olivier; HAVERLAND, Arin C. Hydrosolidarity and beyond: can ethics and equity find a place in today's water resource management? **Water International**, v. 36, n. 3, p. 251–265, 2011.
DOI:10.1080/02508060.2011.586552.

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GIORDANO, R.; PASSARELLA, G.; URICCHIO, V. F.; VURRO, M. Integrating conflict analysis and consensus reaching in a decision support system for water resource management. **Journal of environmental management**, v. 84, n. 2, p. 213–228, 2007.
DOI:10.1016/j.jenvman.2006.05.006.

GOMES, Lauren Beltrão; BOLZE, Simone Dill Azeredo; BUENO, Rovana Kinas; CREPALDI, Maria Aparecida. As origens do pensamento sistêmico: das partes para o todo. **Pensando famílias**, v. 18, n. 2, p. 3–16, 2014.

GREENWOLD, M. The importance of stakeholders according to business leaders. **Business and society review**, v. 106, n.1, p. 29 – 49, 2001.

GUPTA, Rajiv; KUMAR, Gaurav. Scenario planning for water resource management in semi arid zone. **Physics and Chemistry of the Earth**, v. 105, p. 290–299, 2018.
DOI:10.1016/j.pce.2017.12.004.

HAJKOWICZ, Stefan; HIGGINS, Andrew. A comparison of multiple criteria analysis techniques for water resource management. **European Journal of Operational Research**, v. 184, n. 1, p. 255–265, 2008. DOI:10.1016/j.ejor.2006.10.045.

HARGREAVES, T.; LONGHURST, N.; SEYFANG, G. Up, down, round and round: connecting regimes and practices in innovation for sustainability. **Environment and Planning A**, v. 45, n. 2, p. 402-420, 2013. DOI: 10.1068/a45124.

HENKES, Silviana L. A Política, o Direito e o Desenvolvimento: Um Estudo Sobre a Transposição do Rio São Francisco. **Revista Direito GV**, v. 10, n. 2, p. 497–534, 2014.
DOI:10.1590/1808-2432201421.

HOFMAN, P. S.; ELZEN, B. Exploring system innovation in the electricity system through sociotechnical scenarios. **Technology Analysis & Strategic Management**, v. 22, n. 6, p. 653-670, 2010. DOI: 10.1080/09537325.2010.496282.

HORWITZ, Pierre; FINLAYSON, C. Max. Wetlands as Settings for Human Health: Incorporating Ecosystem Services and Health Impact Assessment into Water Resource Management. **BioScience**, v. 61, n. 9, p. 678–688, 2011. DOI:10.1525/bio.2011.61.9.6.

HUGHES, T. P. **Networks of Power: Electrification in Western Society, 1880-1930**. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1987.

IFPB. **Águas do Rio São Francisco**: Educação ambiental para o uso sustentável no Estado da Paraíba. João Pessoa: IFPB, 2017.

IVES, Matthew C.; SIMPSON, Mike; HALL, Jim W. Navigating the water trilemma: a strategic assessment of long-term national water resource management options for Great Britain. **Water and Environment Journal**, v. 32, n. 4, p. 546–555, 2018. DOI:10.1111/wej.12352.

JACKSON, Sue. Compartmentalising Culture: the articulation and consideration of Indigenous values in water resource management. **Australian Geographer**, v. 37, n. 1, p. 19–31, 2006. DOI:10.1080/00049180500511947.

JENSEN, M. Value Maximization, Stakeholder Theory, and the Corporate Objective Function. **Journal of Applied Corporate Finance**, v. 14, n. 3, p. 8–21, 2001.

JIAO, Lijun; LIU, Ruimin; WANG, Linfang; LI, Lin; CAO, Leiping. Evaluating Spatiotemporal Variations in the Impact of Inter-basin Water Transfer Projects in Water-receiving Basin. **Water Resources Management**, 2021. DOI: 10.1007/s11269-021-03011-1.

KARR, James R. Biological integrity: a long-neglected aspect of Water Resource Management. **Ecological Applications**, v. 1, p. 66–84, 1991.

KHADEM, M.; DAWSON, R.; WALSH, C. Towards a resilient water future via inter-basin water transfer: climate impact assessment and feasibility study. **EGU General Assembly 2020**. DOI: 10.5194/egusphere-egu2020-8033.

KHARRAZI, Ali; AKIYAMA, Tomohiro; YU, Yadong; LI, Jia. Evaluating the evolution of the Heihe River basin using the ecological network analysis: Efficiency, resilience, and implications for water resource management policy. **The Science of the total environment**, v. 572, p. 688–696, 2016. DOI:10.1016/j.scitotenv.2016.06.210.

KIDD, S. U. E.; SHAW, DAVE. Integrated water resource management and institutional integration: realising the potential of spatial planning in England. **The Geographical Journal**, v. 173, n. 4, p. 312–329, 2007. doi:10.1111/j.1475-4959.2007.00260.x.

KIM, Jae Hong; KEANE, Timothy D.; BERNARD, Eric A. Fragmented local governance and water resource management outcomes. **Journal of environmental management**, v. 150, p. 378–386, 2015. DOI:10.1016/j.jenvman.2014.12.002.

LARSON, Kelli L.; LACH, Denise. Participants and non-participants of place-based groups: an assessment of attitudes and implications for public participation in water resource management. **Journal of environmental management**, v. 88, n. 4, p. 817–830, 2008. DOI:10.1016/j.jenvman.2007.04.008.

LATOUR, B. **Science in Action: How to Follow Scientists and Engineers Through Society**. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1987.

LEENHARDT, Delphine; THEROND, Olivier; CORDIER, Marie-Odile; GASCUEL-ODOUX, Chantal; REYNAUD, Arnaud; DURAND, Patrick; BERGEZ, Jacques-Eric;

CLAVEL, Lucie; MASSON, Véronique; MOREAU, Pierre. A generic framework for scenario exercises using models applied to water-resource management. **Environmental Modelling & Software**, v. 37, p. 125–133, 2012. DOI:10.1016/j.envsoft.2012.03.010.

LEVIN, Jack; FOX, James Alan. **Estatística para ciências humanas**. São Paulo: Prentice Hall, 2004.

LIMA, Berthyer Peixoto; SOARES, Márcia Caldas. **Aspectos Legais e Institucionais da Gestão de Recursos Hídricos**. Fortaleza: Agência Nacional das Águas, 2015.

LOUREIRO, Maria Rita; TEIXEIRA, Marco Antonio C.; FERREIRA, Alberto. **Democracia e Desenvolvimento no Brasil Contemporâneo: Conflitos E Articulação De Interesses No Projeto São Francisco**. Brasília: IPEA, 2013.

LUDWIG, Fulco; VAN SLOBBE, Erik; COFINO, Wim. Climate change adaptation and Integrated Water Resource Management in the water sector. **Journal of Hydrology**, v. 518, p. 235–242, 2014. DOI:10.1016/j.jhydrol.2013.08.010.

MAGALHÃES JR., Antônio Pereira. **A nova cultura de gestão da água no século XXI: Lições da experiência espanhola**. São Paulo: Edgard Blücher, 2017. 1 recurso en línea (345 páginas) :). ISBN 978-85-8039-254-8.

MAINARDES, E. W; ALVES, H.; RAPOSO, M.; DOMINGUES, M. J. C. Um novo modelo de classificação de *stakeholders*. In: V Encontro De Estudos Em Estratégia, 2011. **Anais...** Porto Alegre: ANPAD. Disponível em: <http://home.furb.br/mariadomingues/site/publicacoes/2011/eventos/evento-2011-1.PDF>. Acesso em: 03 nov. 2021.

MANCUSO, Pedro Caetano Sanches; SANTOS, Hilton Felício dos. **Reuso de água**. 1. ed. Barueri: Editora Manole Ltda, 2007. 579 p. ISBN 85-204-1450-8.

MASCARENHAS, Sidnei Augusto. **Metodologia Científica**. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2012.

MASHAZI, T. P.; MOROLE, M. S.; MODLEY, L. S. Evaluating public perceptions, attitudes and participation in water resource management: The case of an urban township in South Africa. **Water Practice and Technology**, v. 14, n. 3, p. 726–731, 2019. DOI:10.2166/wpt.2019.058.

MILLER, Kathleen A.; BELTON, Valerie. Water resource management and climate change adaptation: a holistic and multiple criteria perspective. **Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change**, v. 19, n. 3, p. 289–308, 2014. DOI:10.1007/s11027-013-9537-0.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO E DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL (MIDR). **Apresentação do Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional – abril de 2024**. Brasília, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/acesso-a-informacao/institucional/reuniao-deliberativa/atas-das-reunioes-deliberativas>. Acesso em: 25 de ago. 2024.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO E DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL (MIDR). **Apresentação do Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional – julho de 2024.** Brasília, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/acao-a-informacao/institucional/reuniao-deliberativa/atas-das-reunioes-deliberativas>. Acesso em: 25 de ago. 2024.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO E DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL (MIDR). **Apresentação do Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional – agosto de 2024.** Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/acao-a-informacao/institucional/reuniao-deliberativa/atas-das-reunioes-deliberativas>. Acesso em: 25 de ago. 2024.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO E DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL (MIDR). **Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional: Sumário Executivo – Agosto de 2023.** Brasília: MIDR, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/acao-a-informacao/institucional/reuniao-deliberativa/atas-das-reunioes-deliberativas>. Acesso em: 25 de ago. 2024.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO E DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL (MIDR). **Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional.** Secretaria Nacional de Segurança Hídrica, Departamento de Projetos Estratégicos. Março de 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/acao-a-informacao/institucional/reuniao-deliberativa/atas-das-reunioes-deliberativas>. Acesso em: 25 de ago. 2024.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO E DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL (MIDR). **Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional.** Secretaria Nacional de Segurança Hídrica, Departamento de Projetos Estratégicos. Janeiro de 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/acao-a-informacao/institucional/reuniao-deliberativa/atas-das-reunioes-deliberativas>. Acesso em: 25 de ago. 2024.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO E DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL (MIDR). **Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional.** Secretaria Nacional de Segurança Hídrica, Departamento de Projetos Estratégicos. Dezembro de 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/acao-a-informacao/institucional/reuniao-deliberativa/atas-das-reunioes-deliberativas>. Acesso em: 25 de ago. 2024.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO E DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL (MIDR). **Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional.** Secretaria Nacional de Segurança Hídrica, Departamento de Projetos Estratégicos. Outubro de 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/acao-a-informacao/institucional/reuniao-deliberativa/atas-das-reunioes-deliberativas>. Acesso em: 25 de ago. 2024.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO E DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL (MIDR).

Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste

Setentrional – Relatório de Operações. Secretaria Nacional de Segurança Hídrica,

Departamento de Projetos Estratégicos. Janeiro de 2024. Disponível em:

<https://www.gov.br/ana/pt-br/acesso-a-informacao/institucional/reuniao-deliberativa/atas-das-reunioes-deliberativas>. Acesso em: 25 de ago. 2024.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO E DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL (MIDR).

Reunião de Acompanhamento da Implementação do PISF. Secretaria Nacional de

Segurança Hídrica, Departamento de Projetos Estratégicos. Setembro de 2023. Disponível

em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/acesso-a-informacao/institucional/reuniao-deliberativa/atas-das-reunioes-deliberativas>. Acesso em: 25 de ago. 2024.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL (MDR). **Apresentação do Projeto**

de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional

– novembro de 2021. Brasília, 2021. Disponível em: [https://www.gov.br/ana/pt-br/acesso-a-](https://www.gov.br/ana/pt-br/acesso-a-informacao/institucional/reuniao-deliberativa/atas-das-reunioes-deliberativas)

[informacao/institucional/reuniao-deliberativa/atas-das-reunioes-deliberativas](https://www.gov.br/ana/pt-br/acesso-a-informacao/institucional/reuniao-deliberativa/atas-das-reunioes-deliberativas). Acesso em: 15 de jan. 2024.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL (MDR). **Apresentação do Projeto**

de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional

– 01 de julho de 2021. Brasília, 2021. Disponível em: [https://www.gov.br/ana/pt-br/acesso-a-](https://www.gov.br/ana/pt-br/acesso-a-informacao/institucional/reuniao-deliberativa/atas-das-reunioes-deliberativas)

[informacao/institucional/reuniao-deliberativa/atas-das-reunioes-deliberativas](https://www.gov.br/ana/pt-br/acesso-a-informacao/institucional/reuniao-deliberativa/atas-das-reunioes-deliberativas). Acesso em: 15 de jan. 2024..

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL (MDR). **Apresentação do Projeto**

de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional

– maio de 2022. Brasília, 2022. Disponível em: [https://www.gov.br/ana/pt-br/acesso-a-](https://www.gov.br/ana/pt-br/acesso-a-informacao/institucional/reuniao-deliberativa/atas-das-reunioes-deliberativas)

[informacao/institucional/reuniao-deliberativa/atas-das-reunioes-deliberativas](https://www.gov.br/ana/pt-br/acesso-a-informacao/institucional/reuniao-deliberativa/atas-das-reunioes-deliberativas). Acesso em: 25 de ago. 2024.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL (MDR). **Apresentação do Projeto**

de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional

– março de 2020. Brasília, 2020. Disponível em: [https://www.gov.br/ana/pt-br/acesso-a-](https://www.gov.br/ana/pt-br/acesso-a-informacao/institucional/reuniao-deliberativa/atas-das-reunioes-deliberativas)

[informacao/institucional/reuniao-deliberativa/atas-das-reunioes-deliberativas](https://www.gov.br/ana/pt-br/acesso-a-informacao/institucional/reuniao-deliberativa/atas-das-reunioes-deliberativas). Acesso em: 25 de ago. 2024.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL (MDR). **Apresentação do Projeto**

de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional

– setembro de 2022. Brasília, 2022. Disponível em: [https://www.gov.br/ana/pt-br/acesso-a-](https://www.gov.br/ana/pt-br/acesso-a-informacao/institucional/reuniao-deliberativa/atas-das-reunioes-deliberativas)

[informacao/institucional/reuniao-deliberativa/atas-das-reunioes-deliberativas](https://www.gov.br/ana/pt-br/acesso-a-informacao/institucional/reuniao-deliberativa/atas-das-reunioes-deliberativas). Acesso em: 25 de ago. 2024.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL (MDR). **Apresentação do Projeto**

de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional

– fevereiro de 2023. Brasília, 2023. Disponível em:

informacao/institucional/reuniao-deliberativa/atas-das-reunioes-deliberativas. Acesso em: 25 de ago. 2024.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL (MDR). **Apresentação do Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional – 2022**. Brasília, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/acao-a-informacao/institucional/reuniao-deliberativa/atas-das-reunioes-deliberativas>. Acesso em: 25 de ago. 2024.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL (MDR). **Apresentação do Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional – novembro de 2020**. Brasília, 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/acao-a-informacao/institucional/reuniao-deliberativa/atas-das-reunioes-deliberativas>. Acesso em: 25 de ago. 2024.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL (MDR). **Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional**. Secretaria Nacional de Segurança Hídrica, Departamento de Projetos Estratégicos. Março de 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/acao-a-informacao/institucional/reuniao-deliberativa/atas-das-reunioes-deliberativas>. Acesso em: 25 de ago. 2024.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL (MDR). **Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional**. Secretaria Nacional de Segurança Hídrica, Departamento de Projetos Estratégicos. Abril de 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/acao-a-informacao/institucional/reuniao-deliberativa/atas-das-reunioes-deliberativas>. Acesso em: 25 de ago. 2024.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL (MDR). **Reunião Mensal – Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional**. Secretaria Nacional de Segurança Hídrica. Fevereiro de 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/acao-a-informacao/institucional/reuniao-deliberativa/atas-das-reunioes-deliberativas>. Acesso em: 25 de ago. 2024.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL (MDR). **Reunião Mensal – Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional**. Secretaria Nacional de Segurança Hídrica. Agosto de 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/acao-a-informacao/institucional/reuniao-deliberativa/atas-das-reunioes-deliberativas>. Acesso em: 25 de ago. 2024.

MINVILLE, Marie; BRISSETTE, François; LECONTE, Robert. Impacts and Uncertainty of Climate Change on Water Resource Management of the Peribonka River System (Canada). **Journal of Water Resources Planning and Management**, v. 136, n. 3, p. 376–385, 2010. DOI:10.1061/(ASCE)WR.1943-5452.0000041.

MIRAJI, Mngereza; LIU, Jie; ZHENG, Chunmiao. The Impacts of Water Demand and Its Implications for Future Surface Water Resource Management: The Case of Tanzania's Wami Ruvu Basin (WRB). **Water**, v. 11, n. 6, p. 1280, 2019. DOI:10.3390/w11061280.

MITCHELL, Ronald; AGLE, Bradley; WOOD, Donna. Toward a theory us stakeholders identification and salience: definig the principle of who and what really counts. **Academy of management review**, Mississippi State, v.22, p. 853-886, 1997.

MOLINAS, Pedro Antônio. **Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco: Gestão e operação do Projeto de Integração do Rio São Francisco com as bacias hidrográficas do Nordeste Setentrional**. Minas Gerais: CBHSF, 2019.

MOMBLANCH, Andrea; ANDREU, Joaquín; PAREDES-ARQUIOLA, Javier; SOLERA, Abel; PEDRO-MONZONÍS, María. Adapting water accounting for integrated water resource management: The Júcar Water Resource System (Spain). **Journal of Hydrology**, v. 519, p. 3369–3385, 2014. DOI:10.1016/j.jhydrol.2014.10.002.

MOREIRA, Juliana Fernandes. **Direito ao acesso à água: conflitos socioambientais na bacia hidrográfica Piranhas-Açu**. 2017. 261 f. Tese (Doutorado). Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Associação em Rede Plena (UFC, UFPI, UFRN, UFPB, UFPE, UFS, UESC), João Pessoa, 2017.

NAZEMI, A.; WHEATER, H. S. On inclusion of water resource management in Earth system models – Part 1: Problem definition and representation of water demand. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 19, n. 1, p. 33–61, 2015. doi:10.5194/hess-19-33-2015.

NI, Jianjun; LIU, Minghua; REN, Li; YANG. A Multiagent Q-Learning-Based Optimal Allocation Approach for Urban Water Resource Management System. **IEEE Transactions on Automation Science and Engineering**, v. 11, n. 1, p. 204–214, 2014. DOI:10.1109/TASE.2012.2229978.

NYINGI, R. W.; MWANGI, John Kimani; KARIMI, P.; KIPTALA, J. Distribution of Benefits and Risks in Inter-Basin Water Transfers: The Case Study of NCT I from Upper Tana Basin to Nairobi City. **Engineering, Technology & Applied Science Research**, 2023. DOI: 10.48084/etasr.6177.

OCDE. A bacia Hidrográfica do Piancó-Piranhas-Açu. In: OCDE. **Waters Charges in Brazil: The Ways Forward**. Paris: OECD Publishing, 2017

OCDE. **Governança dos Recursos Hídricos no Brasil**. Paris: OECD Publishing, 2015.

OCDE. **Princípios da OCDE para a Governança da Água**. Paris: OECD Publishing, 2015.

OLIVEIRA, Marcos Antônio de. **Governança na gestão dos recursos hídricos da bacia hidrográfica Piranhas-Açu: uma investigação jurídica, institucional e ambiental**. 2013. 271 f. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2013.

OLIVEIRA, Paulo Abrantes de. **Mensurando a governança da água em bacias hidrográficas compartilhadas no Brasil: proposta metodológica e aplicação à bacia do rio**

Piranhas-Açu. 2019. 220 f. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2019.

OLMSTEAD, Sheila M. Climate change adaptation and water resource management: A review of the literature. **Energy Economics**, v. 46, p. 500–509, 2014. DOI:10.1016/j.eneco.2013.09.005.

OWUSU, Phebe Asantewaa; ASUMADU-SARKODIE, Samuel; AMEYO, Polycarp; DUBEY, Shashi. A review of Ghana's water resource management and the future prospect. **Cogent Engineering**, v. 3, n. 1, p. 1164275, 2016. DOI:10.1080/23311916.2016.1164275.

PAHL-WOSTL, Cláudia. **Water Governance in the Face of Global Change**. Switzerland: Springer International Publishing, 2015.

PASMORE, W.; FRANCIS, C.; HALDEMAN, J.; SHANI, A. B. Sociotechnical systems: A North American reflection on empirical studies of the seventies. **Human Relations**, v. 35, n. 12, p. 1179-1204, 1982. DOI: 10.1177/001872678203501207.

PEROVANO, Dalton Gean. **Manual de metodologia da pesquisa científica**. Curitiba: InterSaberes, 2016.

PHAN, Thuc D.; SMART, James C.R.; CAPON, Samantha J.; HADWEN, Wade L.; SAHIN, Oz. Applications of Bayesian belief networks in water resource management: A systematic review. **Environmental Modelling & Software**, v. 85, p. 98–111, 2016. DOI:10.1016/j.envsoft.2016.08.006.

PINCH, T. J.; BIJKER, W. E. The social construction of facts and artifacts: Or how the sociology of science and the sociology of technology might benefit each other. **Social Studies of Science**, v. 14, n. 3, p. 399-441, 1984.

PIRES, A. P. N. Estrutura e objetivos da transposição do rio São Francisco: versões de uma mesma história. **Geosp – Espaço e Tempo (Online)**, v. 23, n. 1, p. 182–197, 2019. DOI:10.11606/issn.2179-0892.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. **R Foundation for Statistical Computing**, 2021. Disponível em: <https://www.R-project.org/>.

REES, H. G.; HOLMES, M. G. R.; FRY, M. J.; YOUNG, A. R.; PITSON, D. G.; KANSAKAR, S. R. An integrated water resource management tool for the Himalayan region. **Environmental Modelling & Software**, v. 21, n. 7, p. 1001–1012, 2006. DOI:10.1016/j.envsoft.2005.05.002.

REICHARDT, Klaus; TIMM, Luis Carlos. **Água e sustentabilidade no sistema solo-planta-atmosfera**. Barueri: Manole, 2016. ISBN 978-85-20-4679-9.

RIBEIRO, Natália Barbosa; JOHNSON, Rosa Maria Formiga. Governança das águas: contribuições metodológicas para sua avaliação. In: XXIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2019, Foz do Iguaçu. **Anais eletrônicos....** Disponível em: <http://abrh.s3.amazonaws.com/Eventos/Trabalhos/107/XXIII-SBRH1588-1-20190515-200134.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2021.

RIP, A.; KEMP, R. Technological change. In: RAYNER, S.; MALONE, E. L. **Human Choice and Climate Change: Resources and Technology**. Columbus, OH: Battelle Press, 1998. p. 327-399.

ROOZBAHANI, A.; GHASED, H.; SHADEDANY, Mehdi Hashemy. Inter-basin water transfer planning with grey COPRAS and fuzzy COPRAS techniques: A case study in Iranian Central Plateau. **The Science of the Total Environment**, v. 726, 2020. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.138499.

RODRIGUES, Lucas Costa. **A transposição do Rio São Francisco na Federação Brasileira: Planejamento do território e materialidades do Eixo Norte**. 2020. 237 f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação e Pesquisa em Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2020.

SANTELLLO, Fabiana Lopes Pinto. **Direito tributário ambiental: recursos hídricos**. Barueri: Manole, 2017. ISBN 978-85-7868-349-8.

SETTI, Arnaldo Augusto; LIMA, JORGE E. F. WERNECK; CHAVES, ADRIANA GORETTI DE MIRANDA; PEREIRA, Isabella de Castro. **Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos**. 3. ed. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica/ Agência Nacional de Águas, 2001.

SHOVE, E. Beyond the ABC: climate change policy and theories of social change. **Environment and Planning A**, v. 42, n. 6, p. 1273-1285, 2010. DOI: 10.1068/a42282.

SHOVE, E. **Comfort, cleanliness and convenience: the social organization of normality**. Oxford: Berg Publishers, 2003.

SHUMILOVA, Oleksandra; TOCKNER, Klement; THIEME, Michele; KOSKA, Anna; ZARFL, Christiane. Global Water Transfer Megaprojects: A Potential Solution for the Water-Food-Energy Nexus? **Frontiers in Environmental Science**, v. 6, 2018. DOI:10.3389/fenvs.2018.00150.

SILVA JUNIOR, Luiz Alberto; LEÃO, Marcelo Brito Carneiro. O software Atlas.ti como recurso para a análise de conteúdo: analisando a robótica no Ensino de Ciências em teses brasileiras. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 24, n. 3, p. 715–728, 2018. DOI:10.1590/1516-731320180030011.

SILVA M., Thushara de; HORNBERGER, George M. Identifying El Niño–Southern Oscillation influences on rainfall with classification models: implications for water resource management of Sri Lanka. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 23, n. 4, p. 1905–1929, 2019. DOI:10.5194/hess-23-1905-2019.

SIMPLÍCIO, Carinna Gonçalves. **A efetividade da Gestão de Recursos Hídricos em Minas Gerais: Avaliação das normas e dos processos de regulamentação das águas e seu distanciamento da percepção dos Stakeholders**. 2015. 184 f. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Administração, Universidade FUMEC/FACE, Belo Horizonte, 2015.

SINHA, P.; ROLLASON, E.; BRACKEN, L.; WAINWRIGHT, J.; REANEY, S. A new framework for integrated, holistic, and transparent evaluation of inter-basin water transfer schemes. **The Science of the Total Environment**, v. 721, 2020. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.137646.

SMITH, A.; STIRLING, A.; BERKHOUT, F. The governance of sustainable socio-technical transitions. **Research Policy**, v. 34, n. 10, p. 1491-1510, 2005. DOI: 10.1016/j.respol.2005.07.005.

SOARES, Stela de Almeida. **Gestão de Recursos Hídricos**. 1. ed. Curitiba: InterSaberes, 2015. ISBN 9788544301678.

STAKE, S. **Pesquisa qualitativa: estudando como as coisas funcionam**. Porto Alegre: Penso, 2011.

STRAUCH, Manuel. O Sistema de Proteção dos Recursos Hídricos no Brasil. In: STRAUCH, Manuel; BERWIG, Juliane Altmann (Orgs). **Gestão de bacias hidrográficas: bases legais**. 1. ed. São Paulo: PerSe, 2017.

TIAN, Jinghan; LIU, Dedi; GUO, Shenglian; PAN, Zhengke; HONG, Xingjun. Impacts of Inter-Basin Water Transfer Projects on Optimal Water Resources Allocation in the Hanjiang River Basin, China. **Sustainability**, 2019. DOI: 10.3390/su11072044.

THEODORO, Hildelano Delanuse. **Análise da gestão de recursos hídricos: um estudo de caso do comitê da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas**. 2017. 267 f. Tese (Doutorado). Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017.

THEODORO, HILDELANO; NASCIMENTO, Nilo; HELLER, L. É.O. Análise comparativa da gestão institucional de recursos hídricos via estudo de casos internacionais. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, v. 13, n. 2, p. 110–128, 2016. DOI:10.21168/reg.v13n2.p110-128.

THOMAS, E.; VENKATARAMAN, Kartik; CHRAIBI, Victoria; KANNAN, Narayanan. Hydrologic Trends in the Upper Nueces River Basin of Texas —Implications for Water Resource Management and Ecological Health. **Hydrology**, v. 6, n. 1, p. 20, 2019. DOI:10.3390/hydrology6010020.

TORRES, Lucas Hoerlle. **Teoria do Stakeholder: um Estudo da Aplicação do Princípio da Equidade do Stakeholder**. 2013. 122 f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Administração, Escola de Administração, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

TRIST, E. L.; BAMFORTH, K. W. Some social and psychological consequences of the longwall method of coal-getting: an examination of the psychological situation and defences of a work group in relation to the social structure and technological content of the work system. **Human Relations**, v. 4, n. 1, p. 3-38, 1951. DOI: <https://doi.org/10.1177/001872675100400101>.

TUCCI, Carlos E. M. **Gestão da água no Brasil**. Brasília: UNESCO, 2001.

TUNDISI, José Galizia; MATSUMURA-TUNDISI, Takako. **Recursos hídricos no século XXI**. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2014. 328 p. ISBN 9788579750120.

VECCHIA, Rodnei. **Energia das águas: paradoxo e paradigma**. Barueri: Minha Editora, 2014. ISBN 978-85-204-4941-7.

VIANA, João Paulo. **Ações Do Governo Federal Na Área De Influência Do Projeto De Integração Do Rio São Francisco Com Bacias Hidrográficas Do Nordeste Setentrional: Uma Avaliação Dos Investimentos Nos Municípios Do Plano De Ação**. Brasília: IPEA, 2014.

VIEIRA, Saulo Fabiano Amâncio. **Dinâmica da atuação dos stakeholders em atividades estratégicas: a experiência da Secretaria de Estado do Turismo do Paraná**. 2010. 188 f. Tese (Doutorado). Universidade Nove de Julho, São Paulo, 2010.

VILLAR, Pilar Carolina; GRANZIERA, Maria Luiza Machado. **Direito das águas à luz da governança**. Brasília: ANA, 2019.

WALKER, G.; STANTON, N.; JENKINS, D.; SALMON, P.; YOUNG, M.; AUJLA, A. Sociotechnical theory and NEC system design. **Advances in Human Factors, Ergonomics, and Safety in Manufacturing and Service Industries**, p. 619-628, 2007. DOI: 10.1007/978-3-540-73331-7_68.

WANG, Mark; LI, Chen. An institutional analysis of China's South-to-North water diversion. **Thesis Eleven**, v. 150, n. 1, p. 68–80, 2019. DOI:10.1177/0725513618822419.

WARD, Lucas. Eco-governmentality revisited: Mapping divergent subjectivities among Integrated Water Resource Management experts in Paraguay. **Geoforum**, v. 46, p. 91–102, 2013. DOI:10.1016/j.geoforum.2012.12.004.

WET, Chris de; ODUME, Oghenekaro Nelson. Developing a systemic-relational approach to environmental ethics in water resource management. **Environmental Science & Policy**, v. 93, p. 139–145, 2019. DOI:10.1016/j.envsci.2018.12.030.

WORLD ECONOMIC FORUM. **Global Risks 2015: 10th Edition**. Geneva: World Economic Forum, 2015.

YANG, Bao; QIN, Chun; SHI, Feng; SONECHKIN, Dmitry M. Tree ring-based annual streamflow reconstruction for the Heihe River in arid northwestern China from ad 575 and its implications for water resource management. **The Holocene**, v. 22, n. 7, p. 773–784, 2012. DOI:10.1177/0959683611430411.

YIN, R. **Estudo de caso: Planejamento e Métodos**. Porto Alegre: Bookman, 2005.

ZHAO, Zhen-Yu; ZUO, Jian; ZILLANTE, George. Transformation of water resource management: a case study of the South-to-North Water Diversion project. **Journal of Cleaner Production**, v. 163, p. 136–145, 2017. DOI:10.1016/j.jclepro.2015.08.066

APÊNDICES

Apêndice A - ENTREVISTA ESTRUTURADA – GESTÃO DE ÁGUAS NA PARAÍBA: INTEGRAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO (EIXO NORTE) COM A BACIA HIDROGRÁFICA PIRANHAS-AÇU

A entrevista estruturada aplicar-se-á ao Poder Público (Gestores Estatais), Sociedade Civil Organizada (Comitê da Bacia Hidrográfica Piranhas-Açu-Piancó, Professores da UFCG especialistas em Recursos Naturais) e usuários (Representantes da Agricultura, Piscicultura, Indústria e Comunidade).

1ª ENTREVISTA¹ – PODER PÚBLICO

1. Quais prioridades destacaria para um eventual trabalho de fortalecimento institucional das entidades responsáveis pelo projeto e manutenção da integração do RSF com a bacia Piranhas-Açu, na Paraíba? Comente.
2. Quais seriam as ações prioritárias a serem encampadas para facilitar a aplicação da efetiva cobrança pelos recursos hídricos aportados pela integração do RSF com a bacia Piranhas-Açu, na Paraíba? Comente.
3. Julga que as organizações de usuários de água e o Comitê da Bacia Piranhas-Açu estão capacitados para desempenhar de maneira efetiva seus papéis no sistema de gerenciamento recursos hídricos aportados pela integração do RSF com a bacia Piranhas-Açu, na Paraíba? Comente.
4. Em sua opinião, há ainda necessidade de investimentos importantes em infraestrutura no projeto de integração do RSF com a bacia Piranhas-Açu, na Paraíba, para atender à demanda existente nos diferentes setores usuários? Caso concorde, quais seriam esses investimentos?
5. Em sua opinião, o sistema de monitoramento do volume hídrico recebido a partir da integração do RSF com a bacia Piranhas-Açu, na Paraíba é:
 - a) () Suficiente e bem operado.
 - b) () Suficiente e mal operado.
 - c) () Insuficiente e bem operado.
 - d) () Insuficiente e mal operado.
6. Em sua opinião, o sistema de monitoramento da qualidade da água recebida a partir da integração do RSF com a bacia Piranhas-Açu, na Paraíba, é:
 - a) () Suficiente e bem operado.

¹ Elaborado a partir de adaptações de Costa (2003), Barbosa (2006), Silva (2018), Aquino (2019), Lei 9.433 de 1997 e Decreto Federal nº 5.995 de 2006

- b) () Suficiente e mal operado.
 c) () Insuficiente e bem operado.
 d) () Insuficiente e mal operado.
7. De que maneira a integração do RSF com a bacia Piranhas-Açu, na Paraíba, pode impactar a outorga dos direitos de uso da água da referida bacia e sua respectiva fiscalização?
8. De que maneira a integração do RSF com a bacia Piranhas-Açu, na Paraíba, impacta o enquadramento dos corpos d'água da própria?
9. Em sua opinião, quais as principais dificuldades e desafios no gerenciamento da integração do RSF com a bacia Piranhas-Açu, na Paraíba? Comente.
10. Quais indicadores de desempenho você considera que seria necessário acompanhar para avaliar o nível de sucesso da integração do RSF com a bacia Piranhas-Açu, na Paraíba?
11. Em termos operacionais, para verificar se a operação e manutenção da integração do RSF com a bacia Piranhas-Açu, na Paraíba, qual o nível de importância que você atribui a cada um dos indicadores a seguir:

| Indicador | Muito Importante | Pouco Importante | Sem Importância |
|---|-------------------------|-------------------------|------------------------|
| Volume de perdas de água decorrentes de evaporação, infiltração, extravasamento, vazamento, perdas em trânsito em trecho de rios e canais, e usos não autorizados. | | | |
| Volume de entrega de quantidade de água por parte da Operadora Federal, de acordo com a demanda de cada um dos estados receptores, de forma que atenda à demanda hídrica das bacias receptoras. | | | |
| Quantidade de energia gasta para elevar um metro cúbico de água a 100 metros de altura manométrica. | | | |
| Quantidade de paralisações (superior a seis horas) em relação à quantidade programada. | | | |

Apêndice B - ENTREVISTA ESTRUTURADA – GESTÃO DE ÁGUAS NA PARAÍBA: INTEGRAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO (EIXO NORTE) COM A BACIA HIDROGRÁFICA PIRANHAS-AÇU

A entrevista estruturada aplicar-se-á ao Poder Público (Gestores Estatais), Sociedade Civil Organizada (Comitê da Bacia Hidrográfica Piranhas-Açu-Piancó, Professores da UFCG especialistas em Recursos Naturais) e usuários (Representantes da Agricultura, Piscicultura, Indústria e Comunidade).

2ª ENTREVISTA² – SOCIEDADE CIVIL ORGANIZADA

1. Em sua opinião, quais seriam as principais deficiências das entidades responsáveis pelo projeto e manutenção da integração do Rio São Francisco (RSF) com a bacia Piranhas-Açu, na Paraíba, à luz de suas atribuições? Comente.
2. Quais prioridades destacaria para um eventual trabalho de fortalecimento institucional das entidades responsáveis pelo projeto e manutenção da integração do RSF com a bacia Piranhas-Açu, na Paraíba? Comente.
3. Quais seriam as ações prioritárias a serem encampadas para facilitar a aplicação da efetiva cobrança pelos recursos hídricos aportados pela integração do RSF com a bacia Piranhas-Açu, na Paraíba? Comente.
4. Julga que as organizações de usuários de água e o Comitê da Bacia Piranhas-Açu estão capacitados para desempenhar de maneira efetiva seus papéis no sistema de gerenciamento recursos hídricos aportados pela integração do RSF com a bacia Piranhas-Açu, na Paraíba? Comente.
5. Em sua opinião, há ainda necessidade de investimentos importantes em infraestrutura no projeto de integração do RSF com a bacia Piranhas-Açu, na Paraíba, para atender à demanda existente nos diferentes setores usuários? Caso concorde, quais seriam esses investimentos?
6. Em sua opinião, o sistema de monitoramento do volume hídrico recebido a partir da integração do RSF com a bacia Piranhas-Açu, na Paraíba é:
 - e) () Suficiente e bem operado.
 - f) () Suficiente e mal operado.
 - g) () Insuficiente e bem operado.
 - h) () Insuficiente e mal operado.
7. Em sua opinião, o sistema de monitoramento da qualidade da água recebida a partir da integração do RSF com a bacia Piranhas-Açu, na Paraíba, é:

² Elaborado a partir de adaptações de Costa (2003), Barbosa (2006), Silva (2018), Aquino (2019), Lei 9.433 de 1997 e Decreto Federal nº 5.995 de 2006

- e) () Suficiente e bem operado.
 f) () Suficiente e mal operado.
 g) () Insuficiente e bem operado.
 h) () Insuficiente e mal operado.
8. De que maneira a integração do RSF com a bacia Piranhas-Açu, na Paraíba, pode impactar a outorga dos direitos de uso da água da referida bacia e sua respectiva fiscalização?
9. Em sua opinião, quais seriam as principais deficiências do Plano de Gestão Anual do Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF)? Os planos desenvolvidos pelos diversos participantes do Sistema de Gestão do PISF são suficientes para uma boa governança da integração do RSF com a bacia Piranhas-Açu, na Paraíba? Comente.
10. De que maneira a integração do RSF com a bacia Piranhas-Açu, na Paraíba, impacta o enquadramento dos corpos d'água da própria?
11. Em sua opinião, existe um sistema de informações sobre os recursos hídricos aportados pela integração do RSF com a bacia Piranhas-Açu, na Paraíba, que efetivamente apoie os tomadores de decisão com o intuito de melhor gerir tais recursos?
12. Em sua opinião, qual o nível de capacitação da operadora estadual em relação à suas atribuições enquanto membro integrante do Sistema de Gestão do PISF:

| Atribuição | Totalmente capacitada | Parcialmente capacitada | Totalmente incapaz |
|--|------------------------------|--------------------------------|---------------------------|
| Operar e manter os sistemas de reserva e distribuição de água bruta interligados ao PISF. | | | |
| Operar e manter a infraestrutura hídrica da União, interligada ao PISF, repassada à gestão estadual. | | | |
| Zelar pelo uso eficiente e racional da água disponibilizada pelo PISF. | | | |
| Elaborar plano operativo anual contendo a respectiva previsão de água do PISF. | | | |
| Cobrar pela distribuição da água. | | | |
| Pagar à Operadora Federal os valores correspondentes à água recebida do PISF. | | | |
| Monitorar e gerir o sistema de informações relativo à distribuição da água aduzida pelo PISF. | | | |
| Normatizar e elaborar estudos e projetos concernentes à distribuição da água aduzida pelo PISF. | | | |
| Instituir programas de indução do uso eficiente e racional da água. | | | |

13. Em sua opinião, quais as principais dificuldades e desafios no gerenciamento da integração do RSF com a bacia Piranhas-Açu, na Paraíba? Comente.

14. Quais indicadores de desempenho você considera que seria necessário acompanhar para avaliar o nível de sucesso da integração do RSF com a bacia Piranhas-Açu, na Paraíba?
15. Em sua opinião, a integração do RSF com a bacia Piranhas-Açu, na Paraíba, maximizará a eficiência de utilização do recurso nos diferentes setores, como o doméstico, agropecuária e indústria?
16. Em termos operacionais, para verificar se a operação e manutenção da integração do RSF com a bacia Piranhas-Açu, na Paraíba, qual o nível de importância que você atribui a cada um dos indicadores a seguir:

| Indicador | Muito Importante | Pouco Importante | Sem Importância |
|---|-------------------------|-------------------------|------------------------|
| Volume de perdas de água decorrentes de evaporação, infiltração, extravasamento, vazamento, perdas em trânsito em trecho de rios e canais, e usos não autorizados. | | | |
| Volume de entrega de quantidade de água por parte da Operadora Federal, de acordo com a demanda de cada um dos estados receptores, de forma que atenda à demanda hídrica das bacias receptoras. | | | |
| Quantidade de energia gasta para elevar um metro cúbico de água a 100 metros de altura manométrica. | | | |
| Quantidade de paralisações (superior a seis horas) em relação à quantidade programada. | | | |

17. Quanto à eficácia governamental no processo de integração do RSF com a bacia Piranhas-Açu, na Paraíba, qual seu nível de concordância com afirmações a seguir:

| Indicador | Discordo Fortemente | Discordo | Concordo | Concordo Fortemente |
|---|----------------------------|-----------------|-----------------|----------------------------|
| As pessoas que trabalham com o projeto de integração têm qualificação suficiente para promover a qualidade dos serviços. | | | | |
| As pessoas que trabalham com o projeto de integração têm dedicação suficiente para promover a qualidade dos serviços. | | | | |
| A quantidade de pessoas que trabalham com a integração é suficiente. | | | | |
| Os recursos destinados às obras de integração são suficientes. | | | | |
| As obras do projeto de integração estão sendo realizadas com propósitos igualitários de modo a beneficiar de forma justa os diferentes grupos sociais que delas poderão obter benefícios. | | | | |

Apêndice C - ENTREVISTA ESTRUTURADA – GESTÃO DE ÁGUAS NA PARAÍBA: INTEGRAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO (EIXO NORTE) COM A BACIA HIDROGRÁFICA PIRANHAS-AÇU

A entrevista estruturada aplicar-se-á ao Poder Público (Gestores Estatais), Sociedade Civil Organizada (Comitê da Bacia Hidrográfica Piranhas-Açu-Piancó, Professores da UFCG especialistas em Recursos Naturais) e usuários (Representantes da Agricultura, Piscicultura, Indústria e Comunidade).

3ª ENTREVISTA³ – USUÁRIOS

1. Em sua opinião, há ainda necessidade de investimentos importantes em infraestrutura no projeto de integração do RSF com a bacia Piranhas-Açu, na Paraíba, para atender à demanda existente nos diferentes setores usuários? Caso concorde, quais seriam esses investimentos?

2. Em sua opinião, o sistema de monitoramento do volume hídrico recebido a partir da integração do RSF com a bacia Piranhas-Açu, na Paraíba é:
 - a) () Suficiente e bem operado.
 - b) () Suficiente e mal operado.
 - c) () Insuficiente e bem operado
 - d) () Insuficiente e mal operado.

3. Em sua opinião, existe um sistema de informações sobre os recursos hídricos aportados pela integração do RSF com a bacia Piranhas-Açu, na Paraíba, que efetivamente apoie os tomadores de decisão com o intuito de melhor gerir tais recursos?

4. Em sua opinião, qual o nível de capacitação da operadora estadual em relação à suas atribuições enquanto membro integrante do Sistema de Gestão do PISF:

| Atribuição | Totalmente capacitada | Parcialmente capacitada | Totalmente incapacitada |
|--|-----------------------|-------------------------|-------------------------|
| Operar e manter os sistemas de reserva e distribuição de água bruta interligados ao PISF. | | | |
| Operar e manter a infraestrutura hídrica da União, interligada ao PISF, repassada à gestão estadual. | | | |
| Zelar pelo uso eficiente e racional da água disponibilizada pelo PISF. | | | |
| Elaborar plano operativo anual contendo a respectiva previsão de água do PISF. | | | |
| Cobrar pela distribuição da água. | | | |
| Pagar à Operadora Federal os valores correspondentes à água recebida do PISF. | | | |

³ Elaborado a partir de adaptações de Costa (2003), Barbosa (2006), Silva (2018), Aquino (2019), Lei 9.433 de 1997 e Decreto Federal nº 5.995 de 2006

| | | | |
|---|--|--|--|
| Monitorar e gerir o sistema de informações relativo á distribuição da água aduzida pelo PISF. | | | |
| Normatizar e elaborar estudos e projetos concernentes à distribuição da água aduzida pelo PISF. | | | |
| Instituir programas de indução do uso eficiente e racional da água. | | | |

- 5 Enquanto usuário, você acredita que o Comitê da Bacia Piranhas-Açu se encontra capacitado para dirimir conflitos e negociar pactos decorrentes da adução de recursos hídricos aportados pela integração do RSF com a bacia Piranhas-Açu, na Paraíba?
- 6 Em sua opinião, a integração do RSF com a bacia Piranhas-Açu, na Paraíba, maximizará a eficiência de utilização do recurso nos diferentes setores, como o doméstico, agropecuária e indústria?
- 7 Quanto à eficácia governamental no processo de integração do RSF com a bacia Piranhas-Açu, na Paraíba, qual seu nível de concordância com afirmações a seguir:

| Indicador | Discordo Fortemente | Discordo | Concordo | Concordo Fortemente |
|---|----------------------------|-----------------|-----------------|----------------------------|
| As pessoas que trabalham com o projeto de integração têm qualificação suficiente para promover a qualidade dos serviços. | | | | |
| As pessoas que trabalham com o projeto de integração têm dedicação suficiente para promover a qualidade dos serviços. | | | | |
| A quantidade de pessoas que trabalham com a integração é suficiente. | | | | |
| Os recursos destinados às obras de integração são suficientes. | | | | |
| As obras do projeto de integração estão sendo realizadas com propósitos igualitários de modo a beneficiar de forma justa os diferentes grupos sociais que delas poderão obter benefícios. | | | | |

Apêndice D - PROTOCOLO UTILIZADO NA ANÁLISE DE CONTEÚDO (PYTHON)

```

# Importando bibliotecas necessárias
import pandas as pd
import nltk
import spacy
import networkx as nx
from nltk.corpus import stopwords
from nltk.tokenize import word_tokenize
import matplotlib.pyplot as plt

# Baixando recursos necessários do NLTK
nltk.download('punkt')
nltk.download('stopwords')

# Carregando o modelo da linguagem do spaCy
nlp = spacy.load('pt_core_news_sm') # Modelo para português

# Carregando os dados
dados = pd.read_csv('dados_entrevistas.csv') # Carregar arquivo CSV contendo transcrições das entrevistas

# Etapa 1: Pré-Análise
def pre_analise(texto):
    # Transcrição e rotulação dos dados
    tokens = word_tokenize(texto.lower())
    tokens = [t for t in tokens if t.isalnum()] # Remover pontuações
    stop_words = set(stopwords.words('portuguese'))
    tokens = [t for t in tokens if t not in stop_words] # Remover stopwords
    return tokens

dados['tokens'] = dados['texto'].apply(pre_analise)

# Etapa 2: Exploração do Material
def exploracao_material(texto):
    # Definindo unidades de registro e codificação aberta
    doc = nlp(texto)
    unidades_registro = []
    for ent in doc.ents:
        unidades_registro.append(ent.text) # Identificar entidades nomeadas no texto
    return unidades_registro

dados['unidades_registro'] = dados['texto'].apply(exploracao_material)

def codificar_unidades(unidades):
    frequencia = nltk.FreqDist(unidades)
    return frequencia.most_common() # Retorna todas as unidades com suas frequências

dados['codificacao'] = dados['unidades_registro'].apply(codificar_unidades)

# Definição do sistema de categorias
def sistema_categorias(texto):
    categorias = {
        'GG': 'Gestão e Governança dos Recursos Hídricos',
        'INF': 'Infraestrutura e Investimentos Necessários',
        'FM': 'Fiscalização e Monitoramento',
        'CSE': 'Cobrança e Sustentabilidade Econômica',
        'CPU': 'Conscientização e Participação dos Usuários',
        'ETA': 'Eficiência e Tecnologias para o Uso da Água',
        'IAQA': 'Impactos Ambientais e Qualidade da Água',
        'SHA': 'Segurança Hídrica e Abastecimento'
    }
    doc = nlp(texto)
    categorias_identificadas = []
    for token in doc:
        if token.text in categorias:
            categorias_identificadas.append(categorias[token.text])
    return categorias_identificadas

```

```

dados['categorias'] = dados['texto'].apply(sistema_categorias)

# Etapa 3: Análise
def analisar_categorias(categorias):
    # Buscar relações entre categorias
    G = nx.Graph()
    for i, cat1 in enumerate(categorias):
        for cat2 in categorias[i + 1:]:
            G.add_edge(cat1, cat2) # Adicionar aresta entre categorias relacionadas
    return G

dados['grafo_relacoes'] = dados['categorias'].apply(analisar_categorias)

# Etapa 4: Mapa de Rede de Macrodimensões
def visualizar_grafo(grafo, titulo='Mapa de Rede de Macrodimensões'):
    plt.figure(figsize=(10, 8))
    nx.draw(grafo, with_labels=True, node_color='lightblue', font_size=10, font_weight='bold')
    plt.title(titulo)
    plt.show()

# Visualizando o grafo de relações do primeiro documento como exemplo
visualizar_grafo(dados['grafo_relacoes'][0])

# Salvando resultados
# Gerar um CSV com os resultados categorizados e suas codificações
dados.to_csv('resultados_analise_conteudo.csv', index=False)

# Script completo documentado no Apêndice D.

```