



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA CIVIL**

ÉRICLES ALVES FERREIRA

**APLICAÇÃO DE CONCEITOS DA TEORIA DE JOGOS PARA
ANÁLISE DE CONFLITOS EM RECURSOS HÍDRICOS NO EIXO
LESTE DO PROJETO DE INTEGRAÇÃO DO RIO SÃO FRANCISCO**

CAMPINA GRANDE-PB

2018

ÉRICLES ALVES FERREIRA

**APLICAÇÃO DE CONCEITOS DA TEORIA DE JOGOS PARA
ANÁLISE DE CONFLITOS EM RECURSOS HÍDRICOS NO EIXO
LESTE DO PROJETO DE INTEGRAÇÃO DO RIO SÃO FRANCISCO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a
Universidade Federal de Campina Grande –
UFCG, para encerramento da componente
curricular e conclusão da graduação em
Engenharia Civil.

Orientador: Prof^a. Dr^a Márcia Maria Rios Ribeiro

Co-orientadora: MSc. Tereza Helena Costa Nunes

CAMPINA GRANDE-PB

2018

ÉRICLES ALVES FERREIRA

**APLICAÇÃO DE CONCEITOS DA TEORIA DE JOGOS PARA
ANÁLISE DE CONFLITOS EM RECURSOS HÍDRICOS NO EIXO
LESTE DO PROJETO DE INTEGRAÇÃO DO RIO SÃO FRANCISCO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a
Universidade Federal de Campina Grande –
UFCG, para encerramento da componente
curricular e conclusão da graduação em
Engenharia Civil.

Aprovado em: ____ de _____ de _____.

BANCA EXAMINADORA

Nota _____

Prof^a. Dr^a Márcia Maria Rios Ribeiro
(Orientadora – Universidade Federal de Campina Grande)

Nota _____

MSc. Tereza Helena Costa Nunes
(Co-orientadora – Universidade Federal de Campina Grande)

Nota _____

Prof^a. Dr^a Gledsneli Maria de Lima Lins
(Examinadora Interna – Universidade Federal de Campina Grande)

Nota _____

MSc. Simone Danielle Aciole Moraes Marinho
(Examinadora Externa – Universidade Federal de Campina Grande)

Àqueles que sempre me apoiaram e me
incentivaram: aos meus pais, Edivanor e Mércia.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por tudo que Ele proporciona em minha vida, efetuando Seus planos que são sempre maiores e melhores que os meus.

A minha família, por todo apoio e confiança neste momento da minha vida. Especialmente à minha mãe, Mércia; ao meu pai, Edivanor; aos meus irmãos, Douglas e Élide; e aos meus avós, Severino e Rosália.

A minha orientadora, professora Márcia, por todo conhecimento compartilhado, e por ser um exemplo de profissionalismo, competência e dedicação.

A minha co-orientadora, Tereza, pela grande contribuição na realização deste trabalho, propondo melhorias e sempre acolhendo as minhas dúvidas e dificuldades.

A José Augusto, pelas informações e esclarecimentos que foram fundamentais para a elaboração deste trabalho.

Aos meus amigos do curso de Engenharia Civil, que me acompanharam desde o início da graduação, pela amizade, pelo apoio, por todas as dificuldades compartilhadas e pelos momentos inesquecíveis vividos na universidade.

"A água de boa qualidade é como a saúde ou a liberdade: só tem valor quando acaba."

João Guimarães Rosa

RESUMO

O Projeto de Integração do São Francisco (PISF) é a maior obra hídrica do país e tem como objetivo garantir a segurança hídrica para 12 milhões de pessoas em 390 municípios de quatro Estados do nordeste brasileiro. Na Paraíba, a transposição chega ao rio Paraíba a partir do eixo leste, perenizando o rio. Chegando ao reservatório Poções, em Monteiro, as águas percorrem o rio, passando pelo reservatório Camalaú e alcançando o reservatório Epitácio Pessoa, em Boqueirão. Com o objetivo de evitar o colapso no abastecimento da cidade de Campina Grande, foram feitas intervenções nas barragens de Poções e Camalaú, em Monteiro, para que a água alcançasse mais rapidamente o reservatório Epitácio Pessoa. No entanto, tais intervenções afetaram diretamente a população dependente dos reservatórios danificados, pois estes ficaram impedidos de acumular água. Dessa forma, configurou-se um conflito entre a população que vive a montante do reservatório Epitácio Pessoa e a população beneficiada com essas intervenções (população de Campina Grande e região). A necessidade de garantir água para a cidade de Campina Grande foi decisiva ainda para a emissão da resolução ANA/AESA nº 1.292/2017, que estabeleceu condições especiais para utilização de recursos hídricos superficiais e subterrâneos do Sistema Hídrico rio Paraíba – Boqueirão. Essa resolução causou grande descontentamento por parte dos produtores agrícolas dessa região localizada a montante do reservatório Epitácio Pessoa, uma vez que ela restringiu a utilização das águas do PISF para irrigação, impactando a vida dos que dependem desse recurso para irrigar suas plantações e garantir seu sustento. Essas questões resultaram no conflito estabelecido entre esses produtores agrícolas e os órgãos públicos envolvidos (ANA, AESA, Ministério Público da Paraíba e o Governo do Estado da Paraíba). Para a análise de possíveis soluções para este conflito, foram utilizados conceitos advindos da Teoria de Jogos, que forneceram alternativas de solução em função dos jogadores envolvidos e dos interesses de cada um. No cenário simulado, a adoção de medidas de apoio aos produtores prejudicados, feita por meio de capacitação técnica para o uso de tecnologias poupadoras de água ou por meio de uma política de subsídios para aqueles que dependem da agricultura familiar, foi indicada como equilíbrio do conflito.

Palavras-chave: segurança hídrica; produtores agrícolas; equilíbrio do conflito.

ABSTRACT

The São Francisco Integration Project (PISF) is the largest water project in the country and aims to ensure water security for 12 million people in 390 in the five states of northeastern Brazil. In Paraíba, a transposition to the Paraíba river from the east axis, perpetuating the river. Arriving at the Poções reservoir, in Monteiro, the water flow through the river, passing through the Camalau reservoir and reaching the Eptácio Pessoa reservoir, in Boqueirão. In order to prevent the collapse in the supply of the city of Campina Grande, interventions were made at the reservoir of Poções and Camalaú, in Monteiro, so that water could reach the Eptácio Pessoa reservoir, in Boqueirão, more quickly. However, such interventions directly affected the population dependent on damaged reservoirs, as they were prevented from accumulating water. Thus, a conflict was established between the population living upstream of the Eptácio Pessoa reservoir and the population benefiting from these interventions (population of Campina Grande and region). The need to guarantee water for the city of Campina Grande was also decisive for the creation of ANA/AESA Resolution nº 1.292 / 2017, which established special conditions for the use of surface and underground water resources of the Rio Paraíba-Boqueirão Water System. This resolution caused great discontent among people imported from the PISF region for irrigation as it restricted the use of PISF waters for irrigation, impacting the lives of those who depended on the resource to irrigate their plantations and ensure their sustenance. These issues resulted in the conflict between the upper Paraíba agricultural producers and the public agencies involved (ANA, AESA, the Paraíba Public Ministry and the State Government of Paraíba). For the analysis of possible solutions to this conflict, concepts derived from the Theory of Games were used, which provided alternative solutions depending on the players involved and the interests of each one. In the simulated scenario, the adoption of measures to support impaired producers, through the technical training of irrigators for the use of water-saving technologies or through a subsidy policy for producers dependent on family agriculture, was indicated as equilibrium of conflict.

Keywords: water security; agricultural producers; equilibrium of conflict.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Ocorrências da crise no reservatório Epitácio Pessoa entre 2013 e 2018.	6
Figura 2: Localização do PISF: eixos da transposição	7
Figura 3 Estruturação dos conceitos da Teoria de Jogos	13
Figura 4: Fluxograma das etapas metodológicas.....	15
Figura 5: Localização da bacia do rio Paraíba e dos reservatórios Poções, Camalaú e Epitácio Pessoa	17
Figura 6: Trecho do rio Paraíba entre os reservatórios Poções, Camalaú e Epitácio Pessoa (Açude de Boqueirão).....	18
Figura 7: Dinâmica Populacional Urbana e Rural do Alto Curso do Rio Paraíba	20
Figura 8: Evolução da disponibilidade hídrica no reservatório Epitácio Pessoa.....	24

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Principais reservatórios do Alto Curso do Rio Paraíba em relação à capacidade de armazenamento.....	19
Quadro 2: Requerimentos e Sugestões resultantes do Circuitos das Águas.....	23
Quadro 3: Definição dos jogadores e suas opções	27
Quadro 4: Estados factíveis para o conflito	29
Quadro 5: Vetores de preferências dos jogadores	30
Quadro 6: Análise de Estabilidade	32

LISTA DE SIMBOLOS E ABREVIATURAS

AESA – Agência Executiva de Gestão das Águas no Estado da Paraíba

ANA – Agência Nacional de Águas

CAGEPA – Companhia de Águas e Esgotos da Paraíba

CBHSF – Comitê da Bacia Hidrográfica do São Francisco

CGU – Controladoria Geral da União

DNOCS – Departamento Nacional de Obras Contra as Secas

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INSA – Instituto Nacional do Semiárido

MPF – Ministério Público Federal

MP-PB – Ministério Público da Paraíba

PISF – Projeto de Integração do São Francisco

PNRH – Política Nacional de Recursos Hídricos

PROCASE – Projeto de Desenvolvimento Sustentável do Cariri, Seridó e Curimataú

SERHMACT – Secretaria de Estado dos Recursos Hídricos, do Meio Ambiente e da Ciência e Tecnologia

SINGREH – Sistema Nacional de Gestão dos Recursos Hídricos

SUDEMA – Superintendência de Administração do Meio Ambiente

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1 JUSTIFICATIVA	2
1.2 OBJETIVOS	3
1.2.1 <i>Objetivo Geral</i>	3
1.2.2 <i>Objetivos Específicos</i>	3
1.3 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO - TCC	3
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	5
1.1 CRISE HÍDRICA NA PARAÍBA	5
2.2 BACIA DO PARAÍBA E A TRANSPOSIÇÃO DO SÃO FRANCISCO	6
2.3 PRINCÍPIOS DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS	9
2.3 CONFLITOS EM RECURSOS HÍDRICOS	10
2.4 ANÁLISE DE CONFLITOS USANDO CONCEITOS ADVINDOS DA TEORIA DE JOGOS	11
2.4.1 <i>Conceitos da Teoria de Jogos para análise de conflitos</i>	12
3. MATERIAIS E MÉTODOS	15
3.1 ETAPAS DA PESQUISA	15
3.2 ÁREA DE ESTUDO	16
3.2.1 <i>Caracterização da Área de Estudo</i>	19
3.3 NOVA CONFIGURAÇÃO DA REGIÃO APÓS O PISF E CARACTERIZAÇÃO DO CONFLITO PELO USO DA ÁGUA	20
3.4 MODELAGEM DO CONFLITO	25
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
4.1 RESULTADOS DA MODELAGEM DO CONFLITO	29
4.2 ANÁLISE DE ESTABILIDADE DO CONFLITO	31
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	36
REFERÊNCIAS	38

1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso básico para a vida, e que possibilita também o desenvolvimento de várias atividades, como gerar energia elétrica, mover indústrias, produzir alimentos, entre tantos outros benefícios. No entanto, a água tem se tornado um bem cada vez mais escasso, em decorrência do crescimento populacional, da diminuição da qualidade, motivando inclusive disputas, atos de violência e até guerras. O alerta consta no relatório “Água e emprego, fatos e números”, divulgado pela ONU em 2016. Há crises envolvendo água nos Estados Unidos, na Europa, Ásia, Oriente Médio e África (IFPB, 2017).

Para Rossi e Santos (2018), “os conflitos pelo uso da água normalmente são caracterizados pela relação entre demanda e oferta, bem como sua regulação, de caráter explicitamente político”. Em função de a água ser um dos mais importantes elementos no processo de desenvolvimento, muitos dos projetos de recursos hídricos tendem a causar conflitos (AMORIM *et al.*, 2016). Situações como essa normalmente envolvem diversos participantes, com os mais variados interesses. Por isso, é importante que as informações acerca da disputa sejam estruturadas de uma forma que permitam a avaliação de soluções possíveis (RIBEIRO, 1992; VIEIRA e RIBEIRO, 2010).

Nesse sentido, a melhor forma para enfrentamento de situações de conflito é a adoção de uma gestão eficiente dos recursos hídricos, baseada em princípios claros de governança da água, de forma a beneficiar as principais demandas e garantir a sustentabilidade desse recurso. Esses princípios devem ser desenvolvidos segundo a premissa de que “não há uma solução única que sirva de forma universal a todos os desafios da água, mas antes um leque de opções construídas sobre uma diversidade de sistemas jurídicos, administrativos e organizacionais” (OCDE, 2015). Dessa forma, os autores consideram que os modelos de governança são altamente contextuais, pois devem se adaptar aos recursos hídricos existentes, às particularidades locais e às circunstâncias em que esses modelos são aplicados.

Atualmente, com a chegada das águas do São Francisco, a bacia do rio Paraíba passa a possuir uma nova realidade em relação ao acesso à água. Isso porque a transposição trouxe uma disponibilidade de água para localidades que precisaram, historicamente, conviver com a escassez. No entanto, ao mesmo tempo em que o Projeto de Integração do São Francisco com as Bacias do Nordeste Setentrional (PISF) disponibiliza água para a população paraibana, ele

também promove intervenções no território das comunidades ribeirinhas, impactando o desenvolvimento econômico e social da região (BEZERRA, 2017).

Em março de 2017, quando as águas do São Francisco chegaram à Paraíba, foram feitas algumas intervenções nos reservatórios Poções e Camalaú, em Monteiro, para que essa água alcançasse mais rapidamente o reservatório Epitácio Pessoa, em Boqueirão, evitando assim o colapso no abastecimento da cidade de Campina Grande e região. No entanto, tais intervenções afetaram a população dependente dos reservatórios danificados, uma vez que estes ficaram impedidos de acumular água, gerando assim um conflito nesse trecho do PISF.

A necessidade de garantir água para Campina Grande foi decisiva ainda para a emissão da resolução ANA e AESA nº 1.292 de 17 de julho de 2017, que estabeleceu condições especiais para utilização de recursos hídricos superficiais e subterrâneos para o Sistema Hídrico rio Paraíba – Boqueirão. No entanto, essa resolução causou grande descontentamento por parte dos produtores agrícolas dessa região a montante do reservatório Epitácio Pessoa, uma vez que ela restringiu a utilização das águas do PISF para irrigação, impactando a vida dos que dependem desse recurso para irrigar suas plantações e garantir seu sustento.

Considerando o fim do prazo de vigência dessa resolução (26/03/2018), foi emitida a resolução ANA e AESA nº 87, de novembro de 2018, para substituir a resolução ANA/AESA nº 1.292/2017. Como a resolução ANA/AESA nº 87/2018 foi emitida a partir de um novo contexto de disponibilidade hídrica no reservatório Epitácio Pessoa e atendeu a algumas das necessidades dos produtores agrícolas dessa região localizada a montante do reservatório Epitácio Pessoa, será analisado o conflito envolvendo a resolução ANA/AESA nº 1.292/2017, durante seu período de vigência (17/07/2017 e 26/03/2018). Em seguida, as soluções propostas serão analisadas no contexto das alterações nas condições de utilização dos recursos hídricos do rio Paraíba, previstas na resolução ANA/AESA nº 87/2018.

1.1 JUSTIFICATIVA

A resolução ANA/AESA nº 1.292/2017 teve como objetivo garantir segurança hídrica para as demandas prioritárias do PISF, que compreendem o abastecimento humano e a dessedentação de animais, conforme determina a Lei 9.433/1997. No entanto, essa resolução promoveu inúmeras dificuldades para os produtores agrícolas dessa região a montante do

reservatório Epitácio Pessoa, uma vez que eles dependem das águas do rio Paraíba e de seus reservatórios para garantia de sua produção.

Dessa forma, é necessário que seja feita uma avaliação desse cenário de conflitos de modo a indicar soluções. Nesse sentido, deve-se buscar a identificação dos interessados e os objetivos de cada um, de forma a encontrar um ponto de equilíbrio que garanta o atendimento das principais demandas e promova a sustentabilidade das águas nessa bacia.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Este projeto tem como objetivo avaliar o cenário de conflitos (latentes, atuais ou potenciais) na bacia do rio Paraíba, após a chegada das águas do PISF, no trecho compreendido entre os reservatórios Poções e Camalaú, em Monteiro, e o reservatório Epitácio Pessoa, em Boqueirão.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar o conflito estabelecido entre os produtores agrícolas afetados pela resolução ANA/AESA nº 1.292/2017 e os órgãos públicos envolvidos (ANA, AESA, MP-PB e o Governo do Estado Paraíba), durante o período de vigência dessa resolução (entre julho de 2017 e março de 2018);
- Propor soluções para os conflitos pelo uso da água;
- Analisar as soluções propostas no contexto das alterações nas condições de utilização dos recursos hídricos do rio Paraíba, previstas na resolução ANA/AESA nº87/2018.

1.3 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO - TCC

O texto deste Trabalho de Conclusão de Curso encontra-se em um volume único e está distribuído da seguinte forma:

- Introdução – compreende as considerações iniciais, sendo apresentado o problema a ser trabalhado, a justificativa que motiva o estudo, os objetivos da pesquisa, e ainda uma a apresentação da organização do trabalho.

- Fundamentação Teórica – São abordados assuntos que fornecem subsídios para o desenvolvimento deste trabalho, contemplando os assuntos de crise hídrica na Paraíba; transposição do rio São Francisco na bacia do rio Paraíba; princípios de gestão de recursos hídricos; e conflitos em recursos hídricos.
- Metodologia – São apresentadas as etapas metodológicas a serem seguidas, a caracterização da área de estudo e do conflito analisado, e o método que será utilizado para a obtenção dos resultados deste trabalho.
- Resultados e discussões – São apresentados os resultados obtidos neste trabalho, que compreende a análise do conflito em questão a partir da aplicação do método da teoria de jogos.
- Por fim, as considerações finais a respeito dos resultados obtidos, destacando os pontos de maior relevância acerca da abordagem utilizada, expondo ainda, sugestões de novas pesquisas a serem desenvolvidas de modo a dar continuidade a esta.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

1.1 CRISE HÍDRICA NA PARAÍBA

O Brasil tem 13% da água doce de superfície do mundo, segundo dados da Agência Nacional de Águas (ANA). Também conta com o rio de maior volume (o Amazonas) e um dos principais aquíferos subterrâneos (as reservas do aquífero Guarani e de Alter do Chão), além de altos índices de chuva. Contudo, todo esse volume de água tem distribuição desigual, pois cerca de 80% da água do Brasil está concentrada na Região Hidrográfica Amazônica, onde está o menor contingente populacional, o que corresponde a 5% da população brasileira (IFPB, 2017).

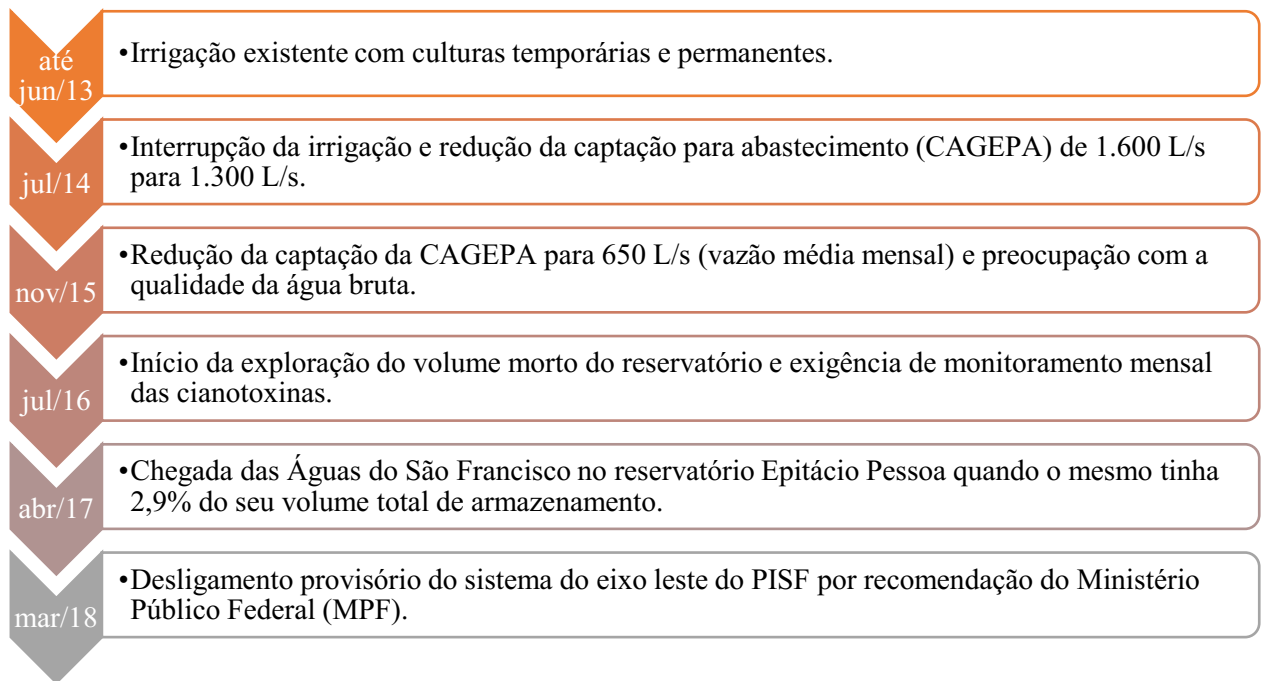
Segundo o Relatório Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil de 2017 (ANA, 2017), 48 milhões de pessoas foram afetadas por secas (duradouras) ou estiagens (passageiras) no território nacional entre 2013 e 2016. Neste período, foram registrados 4.824 eventos de seca com danos humanos. Somente em 2016, ano mais crítico em impactos para a população, 18 milhões de habitantes foram afetados por estes fenômenos climáticos que causam escassez hídrica, sendo que 84% dos impactados vivem no Nordeste.

Segundo a AESA (2017), em 2017 as chuvas na Paraíba foram acima da média em apenas alguns pontos localizados, do alto sertão, mas na maior parte da região semiárida foram abaixo ou na média histórica. O mesmo quadro pode ser replicado para outros Estados do semiárido. O ano de 2017 foi considerado o sexto seguido de poucas chuvas na região.

Esse cenário de crise hídrica foi fortemente sentido na cidade de Campina Grande e em várias outras cidades da região, a partir da diminuição do volume armazenado no reservatório Eptácio Pessoa durante esse período (2012-2017). No período compreendido entre 2004 e 2012, o reservatório atendeu sem dificuldades às suas demandas, compostas por abastecimento urbano e irrigação (RÊGO *et al.*, 2015). No entanto, essas demandas cresceram rapidamente e de forma desordenada. Em 2012, primeiro ano da crise, o volume de água retirado para irrigação, por exemplo, atingiu a média de 1.050 L/s. Destaca-se ainda que as retiradas para irrigação nunca foram outorgadas (RÊGO *et al.*, 2014).

O período compreendido entre 2013 e 2018 pode ser representado por um conjunto de ocorrências mais representativas da crise no reservatório Eptácio Pessoa, conforme apresentado na Figura 1.

Figura 1: Ocorrências da crise no reservatório Epitácio Pessoa entre 2013 e 2018.



Fonte: Brasil (2018); AESA (2017); Rêgo *et al.* (2017)

2.2 BACIA DO PARAÍBA E A TRANSPOSIÇÃO DO SÃO FRANCISCO

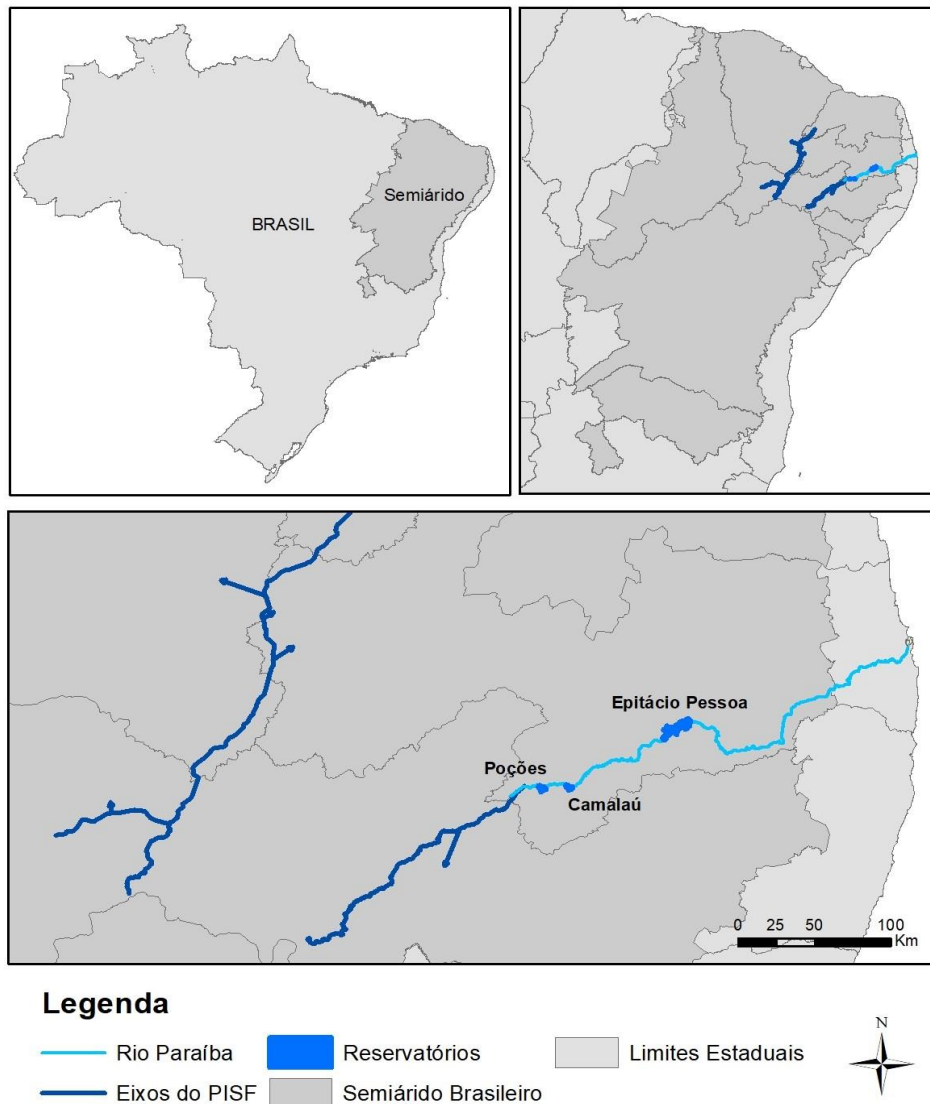
Pesquisas bibliográficas indicam que o primeiro plano de transposição de que se tem notícia remonta à década de 1810, no fim da Colônia, mas a ideia só começaria a ser levada a sério anos mais tarde. Em 1852, Dom Pedro II contratou o engenheiro alemão Henrique Halfeld para elaborar dois projetos: um que tornasse o São Francisco integralmente navegável e outro que desviasse água do rio para outros pontos do semiárido. Mas as propostas não avançaram pela falta de interesse político, pois as províncias que esperavam pelas águas não tinham força para aprovar os projetos. Apesar das promessas de vários presidentes após a proclamação da república, as obras só começaram de fato em 2007 (SENADO FEDERAL, 2017; VENTURINI, 2017).

Segundo o Ministério da Integração Nacional (MI, 2018), o PISF é a maior obra hídrica do País, dentro da Política Nacional dos Recursos Hídricos (PNRH). Com 477 quilômetros de extensão em dois eixos (Leste e Norte), o empreendimento vai garantir segurança hídrica de 12 milhões de pessoas em 390 municípios nos estados de Pernambuco, Ceará, Rio Grande do Norte e Paraíba, onde a estiagem é frequente. A obra envolve a

construção de 13 aquedutos, nove estações de bombeamento, 27 reservatórios, nove estações de 230 quilowatts, 270 quilômetros de linhas de transmissão em alta tensão e quatro túneis.

Na Paraíba, a transposição chega ao rio Paraíba a partir do eixo leste, perenizando o rio. Chegando ao reservatório Poções, em Monteiro, as águas percorrem o rio, passando pelo reservatório Camalaú e alcançando o reservatório Epitácio Pessoa, em Boqueirão, que abastece a cidade de Campina Grande, e outras 17 cidades da região: Barra de Santana, Caturité, Queimadas, Pocinhos, Lagoa Seca, Matinhas, São Sebastião de Lagoa de Roça, Alagoa Nova, Boqueirão, Boa Vista, Soledade, Juazeirinho, Cubati, Pedra Lavrada, Olivedos, Seridó e Cabaceiras (MI, 2018; IFPB, 2017). A Figura 2 mostra os eixos da transposição, destacando ainda a localização dos reservatórios Poções, Camalaú e Epitácio Pessoa.

Figura 2: Localização do PISF: eixos da transposição



Fonte: INSA (2018); CBHSF (2018); adaptado pelo autor

Segundo o MI, a prioridade do PISF é o abastecimento humano e a dessedentação animal. Entretanto, após atender a essas prioridades, o projeto possibilitará o desenvolvimento econômico, por meio do aproveitamento dos reservatórios locais. Com a chegada do reforço hídrico, a água poderá ser aproveitada para gerar renda e desenvolvimento socioeconômico das famílias, a partir do suprimento de indústrias, empreendimentos turísticos e agrícolas.

As águas do São Francisco serão distribuídas para a população por um sistema de adutoras, em parte, já existentes, em construção e por outras que estão sendo projetadas. Atualmente, seis adutoras estão conectadas diretamente ao rio Paraíba e seus reservatórios. As adutoras são: Adutora do Congo, do Cariri, de Boqueirão, de Acauã e de São Salvador. Entre os sistemas projetados, as principais obras são a adutora da Borborema e o Canal Acauã-Araçagi (CAGEPA, 2017; NETO e VIANNA, 2016). Quando os sistemas projetados estiverem em funcionamento, o sistema de adutoras beneficiará 1.462.914 pessoas com um investimento total de R\$ 1.272.923.344,03 (SERHMACT, 2015).

RÊGO *et al.* (2017) analisam que, diante da ameaça de colapso do reservatório Epitácio Pessoa, “a transposição do São Francisco era a única solução possível, pois não havia mais tempo para a implantação das soluções racionais, modernas e sustentáveis de gestão hídrica, seja do lado da oferta ou da demanda”. Porém, o projeto também tem causado grande controvérsia pública, sobretudo pelo impacto nos ecossistemas e nas comunidades (FERREIRA *et al.*, 2017). A transposição é ainda vista de forma preocupante por reduzir a vazão do rio São Francisco, gerando risco de déficit energético por redução de água que permite o funcionamento das usinas hidrelétricas do rio (ALBUQUERQUE, 2016; ROSSONI *et al.*, 2013).

O relatório de avaliação do sistema de gestão do PISF nº 81, divulgado pelo Ministério da Transparência e Controladoria Geral da União (CGU, 2017) revelou incertezas e fragilidades do Projeto. Foi constatado que, embora parte de empreendimento já esteja em operação, ainda está pendente de aspectos essenciais à sustentabilidade, tais como: garantia do uso da arrecadação da cobrança na aplicação em operação e manutenção do PISF; mensuração da demanda para consumo e a venda para consumidores autorizados e independentes; e, principalmente, composição tarifária e respectiva contribuição dos Estados beneficiados pelo Projeto.

A CGU também identificou fragilidades quanto ao impacto do custo da energia elétrica. Os valores arrecadados pelos quatro Estados receptores (CE, PB, PE e RN) poderão atingir cerca de R\$ 800 milhões por ano, cifra extremamente elevada na atual situação fiscal dos entes. De acordo com o relatório, outros riscos de viabilidade ocasionados pelo custo de aquisição de energia são: falta de conhecimento especializado no mercado; falta de planejamento de longo prazo, devido à imprevisão do cronograma de entregas; e ausência de estudos quanto ao uso de autoprodução (energias alternativas).

2.3 PRINCÍPIOS DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

A gestão dos recursos hídricos está relacionada à questão de sustentabilidade dos recursos naturais e sua qualidade para as futuras gerações. Para mensurar a sustentabilidade, é necessário integrar um grande número de informações provenientes de um conjunto de disciplinas e áreas do conhecimento (BRAGA *et al.*, 2003 *apud* CAMPOS *et al.*, 2014). Essa integração tem como objetivo gerar indicadores que sirvam de “subsídio para a formulação de políticas, bem como a tomada de decisão por atores públicos e privados, buscando descrever a interação entre a atividade antrópica e o meio ambiente” (FOXON, 2002 *apud* CAMPOS *et al.*, 2014).

Além disso, as questões envolvendo recursos hídricos são muito dependentes de um sistema de governança em vários níveis. “Em diferentes graus, os países têm atribuído cada vez mais responsabilidades a níveis subnacionais de governo, o que resulta numa crescente interdependência entre esses níveis e requer coordenação para evitar fragmentação” (OCDE, 2015). Nesse sentido, os autores consideram que é importante desenvolver políticas públicas que busquem uma clara atribuição de competências, garantindo ainda monitorização e avaliações periódicas.

O Brasil teve muito progresso em relação à regulação do setor de recursos hídricos desde 1997, quando foi lançada a lei nº 9.433/97, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e criou o Sistema Nacional de Recursos Hídricos (SINGREH). No entanto, os recentes eventos de crise hídrica evidenciaram as dificuldades que o SINGREH está tendo em operar algumas de suas funções. No entanto, “essas dificuldades não significam que as leis brasileiras não estejam alinhadas aos princípios de boa governança, mas sim que algumas instituições não cumpriram plenamente suas obrigações” (RIBEIRO, 2017).

Para Rêgo *et al.* (2017), o fato de a transposição do São Francisco ter se apresentado como a única alternativa para evitar o colapso de abastecimento da cidade de Campina Grande, assim como o caráter emergencial com que foram executadas as intervenções nos reservatórios Poções e Camalaú, promovendo inúmeras dificuldades para a população dependente desses reservatórios, é uma evidência incontestável do fracasso da implementação do SINGREH na região semiárida.

2.3 CONFLITOS EM RECURSOS HÍDRICOS

Um conflito é uma situação em que dois ou mais grupos estão em uma disputa a respeito de alguma questão. Pignatelli (2010) *apud* Silva *et al.* (2017), define os conflitos como um tipo de relacionamento que apresenta repercussão e impactos significativos para os atores envolvidos, uma vez que estes tendem a não cooperar entre si. No entanto, Mayer (2000) *apud* Guedes e Ribeiro (2017) destaca também o lado positivo dos conflitos, ao considerar que eles podem proporcionar o desenvolvimento dos atores envolvidos e até mesmo de toda a sociedade. Cap-net (2008) *apud* Alves, Ribeiro e Miranda (2017) esclarece ainda que os conflitos são fatos recorrentes na vida e surgem de uma organização com condições objetivas e subjetivas, o que requer uma estratégia de resolução com princípios bem definidos e estruturados em base sustentável.

A região semiárida do Brasil é cenário de inúmeros conflitos pelo uso múltiplo dos recursos hídricos, que, todavia, não são causados pelas estiagens frequentes, mas, resultam da “ausência ou da ineficácia de uma gestão que considere os aspectos que influenciam a oferta hídrica (entre os quais o retorno cíclico do fenômeno climático da seca) e também não relegue o outro lado da gestão, relacionado com o controle e com a prioridade das demandas” (RÊGO *et al.*, 2014). Uma importante consideração a respeito dos conflitos em recursos hídricos é que estes podem ser divididos em dois tipos: os conflitos de primeira ordem, que estão relacionados ao uso da água, e os conflitos de segunda ordem, que são aqueles decorrentes de falhas de gestão dos recursos hídricos (OHLSSON, 1999). Dessa forma, pode-se considerar que o conflito analisado é de segunda ordem.

Os conflitos em recursos hídricos se caracterizam por resultarem de uma combinação de diversos fatores, que podem ser políticos, socioeconômicos, institucionais e ambientais. Nesse contexto, faz-se necessário analisar as interações entre esses diversos fatores para determinar as abordagens e os métodos mais adequados para analisar os conflitos e propor soluções para os mesmos (GUEDES e RIBEIRO, 2017).

Muitos autores têm utilizado diversas ferramentas para a análise de conflitos, dentre os quais, Guedes e Ribeiro (2017) utilizaram a ferramenta “cebola” (CAP-NET/UNDP, 2008) e “roda do conflito” (MOORE, 2003) para analisar o conflito ambiental no aterro sanitário de Puxinanã (PB); Delgado e Romero (2016) utilizaram o método IGCEW para analisar conflitos ambientais em um projeto de mineração no norte do Peru; Alves, Ribeiro e Miranda (2017) investigaram a progressão dos conflitos socioambientais provocados pelo desenvolvimento turística da praia de Pipa, Brasil; e Ribeiro (1992) descreve o método de análise de conflitos desenvolvido por Fraser-Hipel (1984), que utiliza conceitos da Teoria de Jogos.

2.4 ANÁLISE DE CONFLITOS USANDO CONCEITOS ADVINDOS DA TEORIA DE JOGOS

A aplicação de métodos de análise de conflitos em recursos hídricos baseados na Teoria de Jogos permite estruturar o conflito em um nível macro, considerando fatores sócio-políticos e indicando possíveis soluções (RIBEIRO, 1992). A Teoria Clássica de Jogos (VON NEUMANN e MORGENSTERN, 1944) tem como objetivo analisar os conflitos com uma base matemática rigorosa, enquanto que a análise de conflitos é o ramo da Teoria de Jogos voltado para o estudo sistemático de um conflito (FANG *et al.* 1993 *apud* VIEIRA e RIBEIRO, 2005).

A Teoria de Jogos teve grande avanço na análise de conflitos quando Howard (1971) desenvolveu a Análise *Metagame*, com o objetivo de analisar conflitos políticos. Fraser-Hipel (1984) reformularam Análise *Metagame* para permitir modelar uma grande variedade de situações de conflito (RIBEIRO, 1992). Posteriormente, foi desenvolvido o Modelo Grafo para a Resolução de Conflitos - GMCR (*Graph Model for Conflict Resolution*) (FANG *et al.*, 1993 *apud* GUEDES e RIBEIRO, 2017).

Diversos autores têm desenvolvido trabalhos de análise de conflitos utilizando conceitos advindos da Teoria de Jogos. O método Fraser-Hipel (1984) foi utilizado na análise do conflito internacional estabelecido entre os EUA e Canadá, envolvendo a transferência de água da bacia do rio Missouri para áreas do estado de North Dakota para fins de irrigação (RIBEIRO, 1992). Vieira e Ribeiro (2005) utilizaram o GMCR para selecionar alternativas para o gerenciamento da demanda de água para a cidade de Campina Grande (PB), mostrando a viabilidade de utilização de técnicas de Análise de Conflitos como ferramentas de apoio ao novo modelo de gestão hídrica. Rufino *et al.* (2006) usaram o GMCR para analisar o conflito

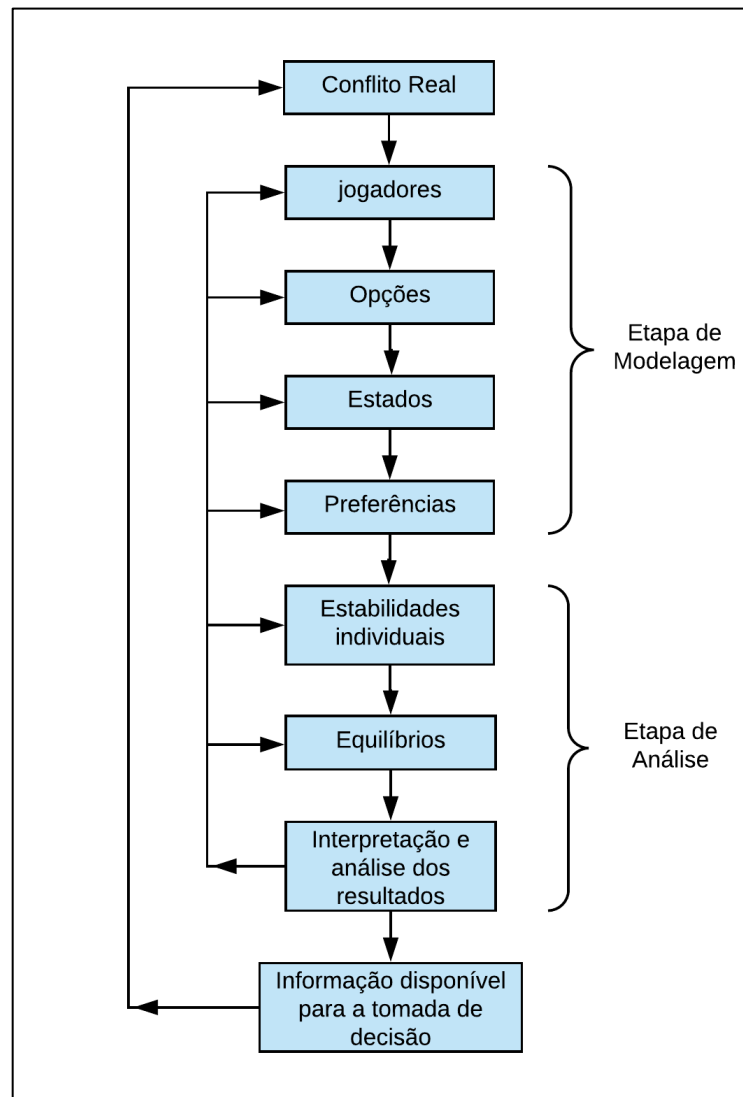
interestadual na definição da vazão de fronteira do Rio Piranhas-Açu, entre os Estados da Paraíba e Rio Grande do Norte. Guedes e Ribeiro (2017) aplicaram essa metodologia para analisar o conflito ambiental no aterro sanitário de Puxinanã (PB).

O Método Fraser-Hipel (RIBEIRO, 1992) e sua evolução, o Modelo Grafo para Resolução de Conflitos (GMCR) (FANG *et al.*, 1993 *apud* GUEDES e RIBEIRO, 2017), os quais são baseados na Teoria de Jogos, compreendem as etapas de modelagem e análise. Na etapa de modelagem, o conflito é estruturado de forma sistemática, com base na definição dos participantes, assim como suas possíveis ações e preferências. Na segunda etapa, analisa-se a estabilidade dos possíveis resultados do conflito para cada participante envolvido.

2.4.1 Conceitos da Teoria de Jogos para análise de conflitos

A Figura 3 apresenta os conceitos da Teoria de Jogos que foram utilizados para estruturar o conflito em estudo.

Figura 3 Estruturação dos conceitos da Teoria de Jogos



Fonte: Adaptado de Fang *et al.* (1993) *apud* Guedes e Ribeiro (2017)

Nos itens a seguir, descrevem-se os componentes apresentados na Figura 3, baseado em Ribeiro (1992), Vieira e Ribeiro (2005), e Guedes e Ribeiro (2017):

- Jogador: um indivíduo ou um grupo (desde que tenham interesses e possíveis ações em comum) que tem poder de influenciar as soluções do conflito e que pode ser beneficiado ou prejudicado pelas possíveis soluções do conflito;
- Opções: são as ações que cada jogador pode tomar ou não em um conflito. Na prática, a seleção ou não de uma opção é indicada com sim (1) ou não (0);
- Estado: é uma combinação das opções selecionadas pelos jogadores em um conflito. Em um jogo com “m” opções, existem 2^m opções matematicamente possíveis. Para facilitar o manuseio, cada estado é representado por um número decimal;

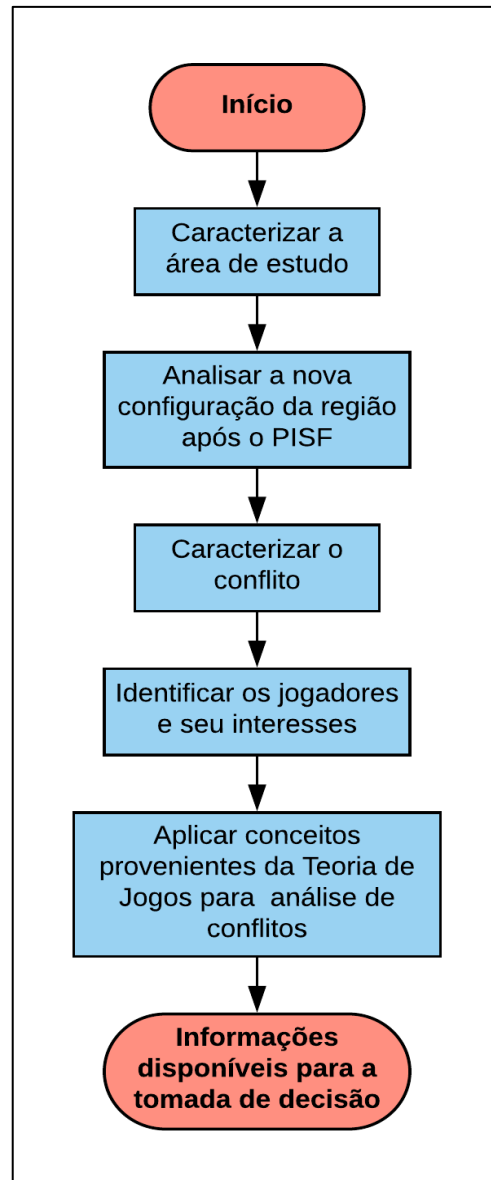
- Preferências: cada jogador tem uma ordem de preferência entre o conjunto de estados possíveis no conflito. No decorrer do conflito, cada um tenta fazer com que o conflito evolua para os estados de sua maior preferência;
- Estabilidades individuais: o primeiro passo para encontrar as estabilidades individuais é verificar as melhorias unilaterais (MU). Uma MU ocorre quando um jogador muda suas opções em um resultado para atingir um resultado de maior preferência, considerando que as opções dos demais jogadores permanecem inalteradas. Em seguida, verifica-se o resultado possui alguma das quatro estabilidades apresentadas a seguir:
 - Racional (r): o jogador não possui nenhuma “MU” em relação ao resultado analisado, o que significa que a opção do jogador já é a melhor que ele pode adotar em relação às opções dos demais jogadores;
 - Instável (i): o jogador tem no mínimo uma “MU” disponível para certo resultado;
 - Sequencialmente sancionado (s): para todas as “MU” disponíveis para um certo resultado de um jogador, os outros jogadores poderiam tomar ações que poderiam causar um resultado menos preferido para o jogador;
 - Simultaneamente sancionado (s’): Quando um resultado é instável para pelo menos dois jogadores, estes poderiam estabelecer um resultado menos preferido para pelo menos um dos jogadores e assim o resultado, inicialmente instável (i), se tornaria estável (s’) para aquele jogador;
- Equilíbrio: Ocorre quando o resultado possui algum tipo de estabilidade (r, s ou s’) para todos os jogadores;
- Interpretação e análise dos resultados: é o componente responsável por avaliar se os equilíbrios encontrados pelo método fazem sentido para representar uma possível solução para o conflito
- Informações disponíveis para a tomada de decisão: a aplicação dos conceitos advindos da Teoria de Jogos para resolução de conflitos permite estruturar o conflito em um nível macro, fornecendo possíveis soluções para o mesmo, com o objetivo de fornecer subsídios para a tomada de decisão.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 ETAPAS DA PESQUISA

A pesquisa foi realizada a partir das etapas descritas na Figura 4:

Figura 4: Fluxograma das etapas metodológicas



Fonte: o autor (2018)

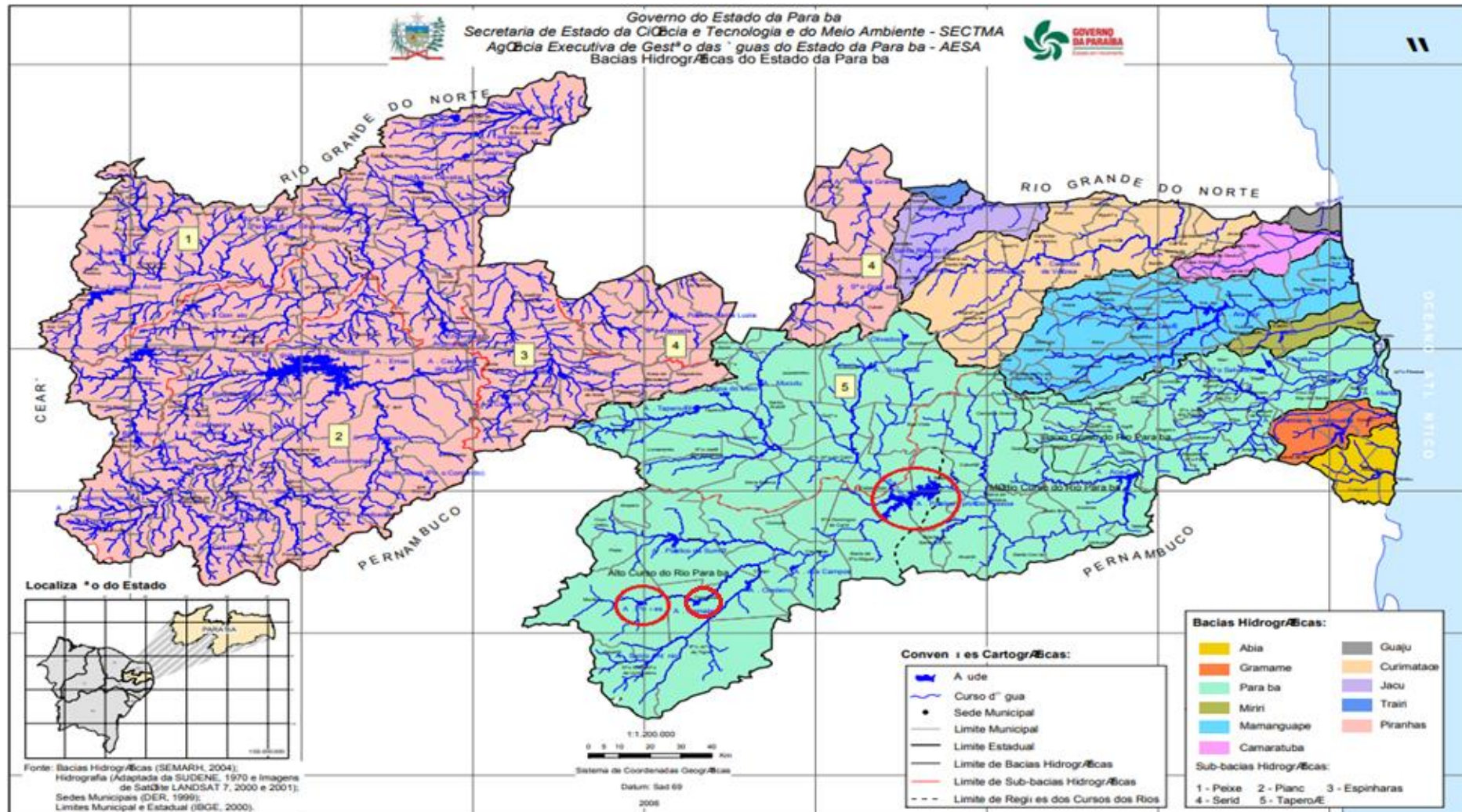
3.2 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo deste trabalho é a região do alto curso do rio Paraíba. O trecho analisado está compreendido entre os reservatórios Poções e Camalaú, em Monteiro, e o reservatório Epitácio Pessoa, em Boqueirão.

A bacia hidrográfica do rio Paraíba tem uma área de 20.071,83 km² e está compreendida entre as latitudes 6°51'31" e 8°26'21" Sul e as longitudes 34°48'35" e 37°2'15". É a segunda maior bacia do Estado da Paraíba, abrangendo 38% do seu território e abrigando 1.828.178 (52% da população total do Estado). A bacia do rio Paraíba é composta pela sub-bacia do Rio Taperoá e Regiões do Alto Curso do rio Paraíba, Médio Curso do rio Paraíba e Baixo Curso do rio Paraíba. (AESAs, 2006).

A Figura 5 mostra a localização da bacia do rio Paraíba no Estado, assim como os reservatórios Poções, Camalaú e Epitácio Pessoa, destacados com círculos vermelhos. Já a Figura 6 mostra, em escala maior, o trecho do rio Paraíba que será analisado.

Figura 5: Localização da bacia do rio Paraíba e dos reservatórios Poções, Camalaú e Epitácio Pessoa



Fonte: AESA (2006)

Figura 6: Trecho do rio Paraíba entre os reservatórios Poções, Camalaú e Epitácio Pessoa (Açude de Boqueirão)



Fonte: ANA/AESA (2018)

3.2.1 Caracterização da Área de Estudo

A área de estudo desta pesquisa percorre sete municípios: Barra de São Miguel, São Domingos do Cariri, Congo, Caraúbas, Camalaú, Monteiro e Boqueirão. Os principais reservatórios nessa área são mostrados no Quadro 1, assim como sua capacidade de armazenamento e o município ao qual pertence. Entre esses reservatórios, os que recebem água do PISF são Poções, Camalaú e Eptácio Pessoa.

Quadro 1: Principais reservatórios do Alto Curso do Rio Paraíba em relação à capacidade de armazenamento.

Reservatório	Capacidade (m ³)	Município
Eptácio Pessoa	411.686.287	Boqueirão
Cordeiro	69.965.945	Congo
Camalaú	48.107.240	Monteiro
Poções	29.861.562	Monteiro
Campos	6.594.392	Caraúbas

Fonte: AESA (2018)

O reservatório Poções possui uma vazão de regularização de 0,20 m³/s (oferta hídrica anterior à transposição) e é utilizado para abastecimento humano do município de Monteiro (57%) (30.852 habitantes (IBGE, 2010)), (30%) dessedentação animal e (13%) irrigação. O reservatório Camalaú possui uma vazão de regularização de 0,24 m³/s (oferta hídrica anterior à transposição) e é utilizado para abastecimento humano (67%), dos municípios de Camalaú (5.749 habitantes (IBGE, 2010)) e São João do Tigre (4.396 habitantes (IBGE, 2010)), (23%) dessedentação animal e (11%) irrigação. O reservatório Eptácio Pessoa possui uma vazão de regularização de 1,23 m³/s (oferta hídrica anterior à transposição) e é utilizado para abastecimento de Campina Grande e de outras 25 cidades da região (ANA, 2017).

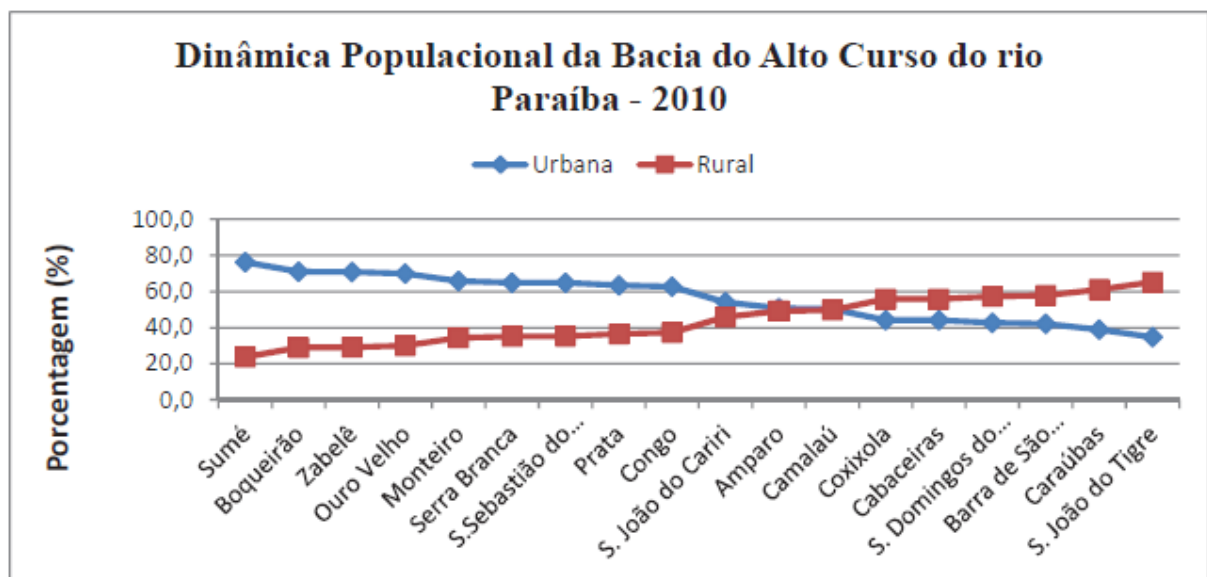
Em relação ao clima, de acordo com a classificação de Koeppen, a região do Alto Curso do rio Paraíba possui clima do tipo semiárido quente, com precipitação pluvial média anual variando de 400 a 600 mm e com estação seca de 9 a 10 meses e precipitações médias em torno de 400 mm. As variações de temperatura atingem mínimas mensais de 18 a 22°C nos meses de julho e agosto e as máximas se situam entre 28 e 31°C, nos meses de novembro e dezembro (AESA, 2006).

A vegetação predominante do Alto Curso do Rio Paraíba é a caatinga hiperxerófila, hipoxerófila, floresta caducifólia e subcaducifólia. Em alguns trechos, a caatinga apresenta-se densa, com vegetação rasteira constituída por herbáceos espinhosos e arbustos densos, em

outros setores mais secos, a vegetação perde totalmente as folhas no verão. O tipo de solo predominante é do tipo Bruno não Cálcico pouco profundo, com 40 a 60 cm de *solum* acima das rochas, geralmente apresentam uma camada de pedras e cascalhos à superfície (MARINHO, 2011).

Em termos populacionais, Santos (2014) realizou um levantamento da população total residente na Bacia do Alto Curso do Rio Paraíba e observou que a região apresenta uma densidade demográfica de 15,90 hab/km². Comparando com a densidade do Estado da Paraíba, que é de 66,70 hab/km², foi observado que a densidade demográfica da região é relativamente baixa. Além disso, a população urbana constitui de 61,81% e a população no meio rural representa 38,18% do total. A Figura 6 mostra a dinâmica da população urbana e rural, na qual se pode observar que alguns municípios apresentam um percentual maior de sua população residindo em meio rural.

Figura 7: Dinâmica Populacional Urbana e Rural do Alto Curso do Rio Paraíba



Fonte: IBGE (2010) *apud* Santos (2014).

3.3 NOVA CONFIGURAÇÃO DA REGIÃO APÓS O PISF E CARACTERIZAÇÃO DO CONFLITO PELO USO DA ÁGUA

Em março de 2017, quando as águas do São Francisco chegaram à Paraíba, o DNOCS concluiu que era necessária a execução de um canal escavado através dos vertedouros das barragens Poções e Camalaú, de forma a acelerar a chegada das águas do PISF para o reservatório Epitácio Pessoa. Isso ocorreu porque o MI definiu como prioridade a

conclusão do caminho das águas do Eixo Leste do PISF, com o objetivo de evitar o colapso no abastecimento da cidade de Campina Grande e região (G1 PB, 2018).

Essas intervenções para acelerar a chegada das águas do PISF ao reservatório Epitácio Pessoa trouxeram inúmeras dificuldades para as populações dependentes dos reservatórios danificados. Isso porque a execução desse canal impede que os reservatórios afetados acumulem água. Dessa forma, essa população continua tendo muitas restrições de acesso às águas do PISF para os diversos fins, que compreendem abastecimento humano, dessedentação de animais e irrigação (BEZERRA, 2017; OLIVEIRA, 2017).

A necessidade de garantir água para Campina Grande e região foi decisiva ainda para a emissão da resolução ANA e AESA nº 1.292 de 17 de julho de 2017, que estabeleceu condições especiais para utilização de recursos hídricos superficiais e subterrâneos para o Sistema Hídrico rio Paraíba – Boqueirão, formado pelo rio Paraíba, do deságue do Eixo Leste do PISF em Monteiro, até o reservatório Epitácio Pessoa, em Boqueirão, inclusive, durante o período de pré-operação do PISF (até o dia 26/03/2018) (ANA/AESA, 2017).

A resolução ANA/AESA nº 1.292/2017 autoriza a CAGEPA a captar vazão média mensal de até 1.300 L/s no reservatório Epitácio Pessoa para atendimento dos sistemas Cariri e Campina Grande, e condiciona a liberação de defluência do reservatório Epitácio Pessoa para o rio Paraíba, com a finalidade de consumo humano e dessedentação animal, a avaliação dos volumes armazenados. Além disso, o documento suspende as captações superficiais e subterrâneas nos reservatórios São José II, Poções, Camalaú e Epitácio Pessoa, exceto para consumo humano, dessedentação animal e atividades de subsistência, nas seguintes condições (ANA/AESA, 2017):

- I. Área de cultivo fica limitada a 0,5 ha por propriedade/usuário;
- II. As captações somente poderão operar no máximo 8,5 h/dia, preferencialmente, no horário da tarifa verde de energia elétrica;
- III. Somente estão permitidas culturas temporárias, não sendo permitidas culturas de ciclo longo, exceto produção de mudas e pastagem;
- IV. Somente está autorizada a agricultura agroecológica de base familiar;
- V. Somente estão permitidos sistemas de irrigação localizada (micro aspersão e gotejamento);
- VI. Para o cultivo de pastagens só será permitido o uso de mini aspersores ou sistemas mais eficientes.

As restrições de utilização dos recursos hídricos do rio Paraíba, previstas nessa resolução, causaram grande descontentamento por parte dos produtores agrícolas dessa região a montante do reservatório Eptácio Pessoa, conforme mostra Oliveira (2017), após percorrer várias cidades diretamente afetadas pelo PISF, visitando propriedades e conversando com a população interessada. Essa população é composta por produtores agrícolas que vivem às margens do rio Paraíba, e fazem o uso dessa água para o consumo humano, dos animais, e da irrigação de pequenas plantações, garantindo assim seu sustento (BEZERRA, 2017).

Oliveira (2017) mostrou que vários produtores dividem suas propriedades em unidades menores e repartem entre os familiares como forma de contornar a restrição de 0,5 ha de área de cultivo por usuário. Outras formas de descumprimento da resolução ANA/AESA nº 1.292/2017 (durante o período de vigência) mostradas incluíam a irrigação de culturas perenes e uso de técnicas de irrigação inadequadas. A resolução estabelece que o descumprimento do que está disposto ensejará a aplicação de penalidades previstas na legislação pertinente, incluindo embargo, laque e apreensão de equipamento e aplicação de multas. Com o objetivo de fiscalizar as infrações cometidas pelos usuários, a AESA tem feito o monitoramento dessa região por meio de sensoriamento remoto (AES A, 2018).

Com o objetivo de fazer uma ampla discussão relacionada ao uso e gestão dos recursos hídricos advindos do PISF, Bezerra (2017) realizou, entre os meses de setembro e novembro de 2017, uma série de Audiências Públicas Itinerantes em nove municípios do Cariri Paraibano, denominado Circuito das Águas. As reuniões contaram com a presença das populações ribeirinhas, dos trabalhadores rurais e suas associações, representantes dos poderes locais e de representantes dos seguintes órgãos: AESA, Assembleia Legislativa da Paraíba, Superintendência de Administração e Meio Ambiente (SUDEMA), Secretaria de Estado dos Recursos Hídricos, do Meio Ambiente e da Ciência e Tecnologia (SERHMACT), Companhia de Águas e Esgotos da Paraíba (CAGEPA) e Projeto de Desenvolvimento Sustentável do Cariri, Seridó e Curimataú (PROCASE). Como resultado, as audiências se transformaram em requerimentos e sugestões para reformulação da resolução ANA/AESA nº 1.292/2017, conforme mostrados nos itens a seguir:

Quadro 2: Requerimentos e Sugestões resultantes do Circuitos das Águas

SUGESTÕES DE REFOMULAÇÃO ANA/AESA nº 1.292/2017	
1 - Considerar os diversos estágios de armazenamento de água nos reservatórios da bacia do alto Paraíba, para que os usuários possam ter segurança em sua utilização	7 - Prezar para que a produção permaneça de base agroecológica, como já definido no inciso IV do artigo 4º da resolução
2 - Considerar que a área autorizada para irrigação seja por família, pois o formato atual não contempla as famílias que moram em uma mesma propriedade	8 - Considerar a irrigação para produção de mudas destinada a revitalização da mata ciliar do rio e áreas em processo de desertificação
3 - Observar a área autorizada para irrigação considerando a demanda de água para a cultura desenvolvida	9 - Condicionar a autorização da área para produção tendo como contrapartida a recuperação da mata ciliar pelos proprietários, municípios e estado
4 - Estudar possibilidade de ampliar a área autorizada para irrigação para 01 (um) hectare por família	10 - Garantir que apenas sistemas eficientes de irrigação como gotejamento e micro aspersão, sejam utilizados, conforme o artigo 4º, inciso V
5 - Permitir a ampliação da área irrigada para produção de ração animal, quando houver a criação de animais. Na atual legislação, está prevista apenas a dessedentação animal	11 - Fiscalizar, por meio da SUDEMA e a AESA, o uso de agrotóxicos
6 - Retirar o limite de área de irrigação para revitalização da mata ciliar, já que a legislação em vigor não faz referência a este tema	12 - A partir de uma nova resolução, trazer o indicativo de estudos técnicos para piscicultura, pois é necessário contemplar as colônias de pescadores/as presentes nas margens do rio

Fonte: Adaptado de Bezerra (2017)

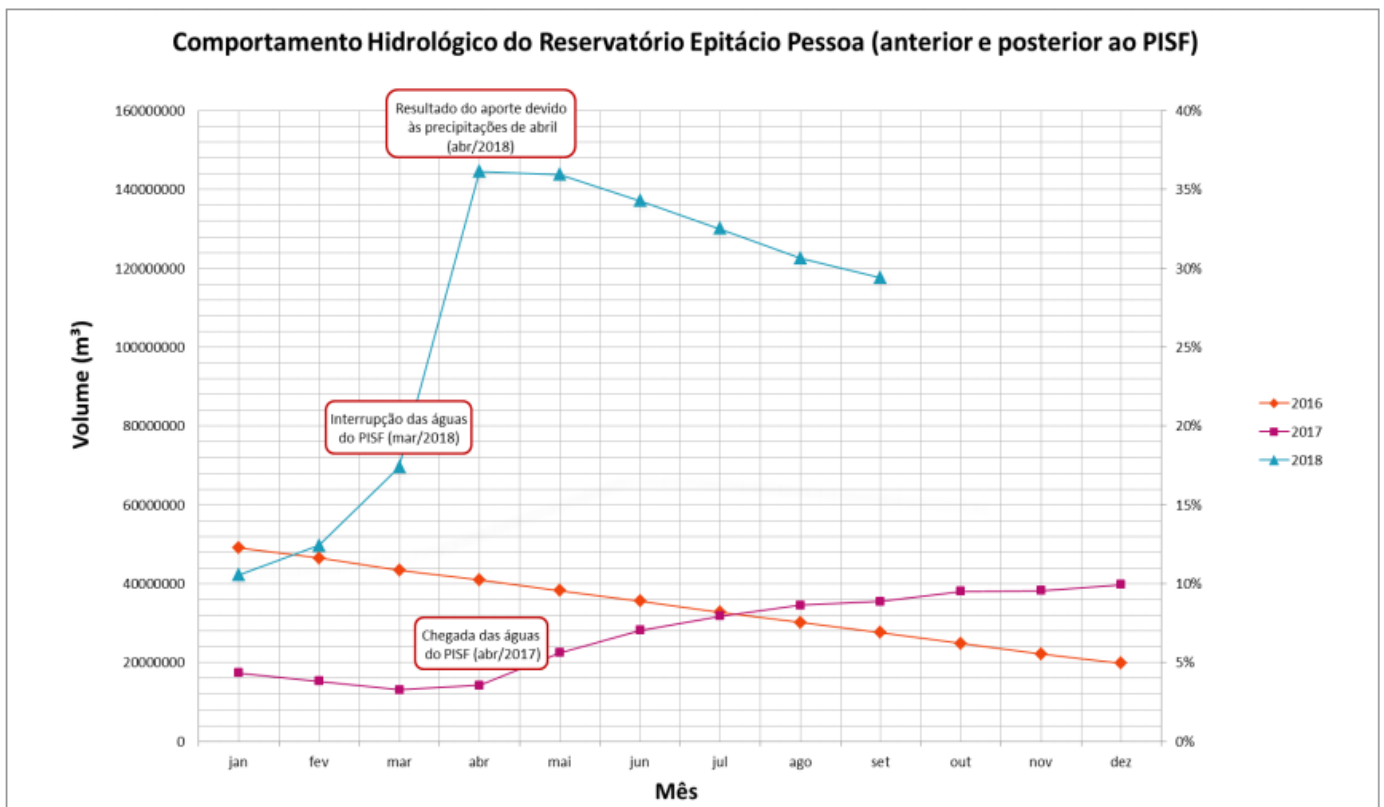
Em março de 2018, iniciou-se o processo de desligamento provisório do sistema do eixo leste do projeto de transposição, por recomendação do Ministério Público Federal (MPF), para iniciar as obras de reparos nos reservatórios Poções e Camalaú (BRASIL, 2018). Nesse período, o volume de água armazenado no reservatório Epitácio Pessoa era cerca de 15% de sua capacidade de armazenamento, em decorrência das vazões provenientes das chuvas na região (INSA, 2018). Essas obras deveriam ter sido concluídas em agosto do ano em curso, no entanto, as mesmas ainda estão em andamento, prolongando ainda mais a crise enfrentada pela população que vive a montante do reservatório Epitácio Pessoa (G1-PB, 2018).

Essas questões resultaram em um conflito estabelecido entre os produtores agrícolas e os órgãos públicos envolvidos nessa questão, entre os quais, a ANA e a AESA, que atuaram conjuntamente para elaborar a resolução ANA/AESA nº 1.292/2017. Além desses órgãos, o MP-PB e o Governo do Estado da Paraíba também têm um papel importante nesse conflito, uma vez que eles sempre apoiaram as decisões de ANA e AESA. Além disso, apesar de não terem atuado diretamente nessa questão, esses órgãos (MP-PB e Governo do Estado da

Paraíba) foram inseridos nesse contexto porque eles têm competência para intervir no conflito, propondo medidas e ações para solucioná-lo.

Considerando a Outorga nº 301, de 15 de março de 2018, por meio da qual o prazo de entrada em operação da primeira fase do PISF foi prorrogado para 31 de dezembro de 2018, e o término do período de vigência da resolução ANA/AESA nº 1.292/2017, foi emitida a resolução ANA e AESA nº 87/2018, de 5 de novembro de 2018 (ANA/AESA, 2018). Essa resolução alterou as condições de utilização dos recursos hídricos do rio Paraíba, a partir de uma nova situação de disponibilidade hídrica no reservatório Epitácio Pessoa em relação aos anos anteriores (2017 e 2016) (AESAs, 2018), conforme mostrado na Figura 7. De acordo com a figura, em abril de 2017, quando as águas do PISF chegaram ao reservatório, o mesmo possuía aproximadamente 3,5% de sua capacidade de armazenamento. Já em abril de 2018, o reservatório atingiu 35% de sua capacidade de armazenamento.

Figura 8: Evolução da disponibilidade hídrica no reservatório Epitácio Pessoa



Fonte: AESA (2018)

A resolução ANA/AESA nº 87/2018 apresentou quatro modificações, em relação à resolução ANA/AESA nº 1.292/2017, nas condições de uso para os produtores agrícolas (artigo 4º), conforme mostrado a seguir:

1. A área autorizada a cada usuário de recursos hídricos será limitada a 250,0 ha (duzentos e cinquenta hectares), para cada trecho.
2. A vazão autorizada a cada usuário de recursos hídricos será limitada à necessária para o cultivo em área máxima de 0,50 ha ou volume máximo diário igual a 25.920 L;
3. Foi retirado o inciso que só autorizava o uso da água para a agricultura agroecológica de base familiar (inciso IV do artigo 4º da resolução);
4. Caso o usuário de recursos hídricos comprove a instalação de equipamento que permita a medição contínua e o registro dos volumes captados, poderá ser solicitado aos órgãos gestores a autorização para o cultivo em área superior a 0,50 ha ou volume máximo diário igual a 25.920 L (parágrafo único incluído no artigo 4º).

Os dois primeiros itens contemplam uma das requisições de Bezerra (2017) (item 3 no Quadro 2), pois buscam considerar a demanda de água para a cultura desenvolvida. Um exemplo disso é a cultura de Palma, que apresenta uma menor necessidade de água e por isso poderia ocupar uma área maior. Dessa forma, a resolução cria uma alternativa para culturas desse tipo ao estabelecer um volume máximo diário, permitindo que elas ocupem uma área maior que 0,50 ha. O terceiro item vai de encontro a uma das propostas da autora (item 7 do Quadro 2) ao retirar a necessidade de a agricultura ser de base familiar e de base agroecológica. Segundo a autora, durante as audiências foram debatidos a questão dos defensivos agrícolas, em especial, o uso dos agrotóxicos e o risco de contaminação das águas. O quarto item atende à solicitação mais comum dos produtores agrícolas, verificado por Oliveira (2017), Bezerra (2017) e AESA (2018), que está relacionada a restrição da área autorizada para cultivo. O estudo para verificar possíveis aumentos das áreas irrigadas foi feito com base nos mapeamentos realizados pela AESA (2018), utilizando a imagem LANDSAT8.

3.4 MODELAGEM DO CONFLITO

A resolução ANA/AESA nº 87/2018 promoveu alterações nas condições de utilização dos recursos hídricos do rio Paraíba para os produtores agrícolas, em relação à resolução ANA/AESA nº 1.292/2017, atendendo a algumas das necessidades desses usuários,

a partir de uma nova situação de disponibilidade hídrica do reservatório Epitácio Pessoa (30% de sua capacidade em setembro de 2018 de acordo com a Figura 7 da página 21). Já a resolução ANA/AESA nº 1.292/2017 foi emitida em um período de grande escassez hídrica na região, tendo como agravante o baixo volume de água do reservatório Epitácio Pessoa (8% de sua capacidade de acordo com a Figura 7 da página 21) e a ameaça iminente de colapso no abastecimento para a cidade de Campina Grande e região.

Dessa forma, a resolução ANA/AESA nº 1.292/2017 foi emitida com o objetivo de garantir água para o reservatório Epitácio Pessoa e atender às demandas prioritárias do PISF, compostas pelo abastecimento humano e dessedentação animal, conforme determinado pela Lei nº 9.433/1997. Nesse sentido, a disponibilidade de água para a agricultura familiar foi colocada em segundo plano durante esse período, em conformidade com a referida Lei.

Apesar de essa decisão ter sido perfeitamente justificável, inclusive do ponto de vista legal, ela desconsiderou os impactos negativos gerados para os produtores agrícolas que dependem da agricultura familiar para garantir seu sustento. Dessa forma, a emissão da resolução ANA/AESA nº 1.292/2017 foi responsável por promover um conflito entre os produtores agrícolas dessa região, localizada a montante do reservatório Epitácio Pessoa, e os órgãos públicos envolvidos (ANA, AESA, MP-PB e o Governo do Estado da Paraíba), durante o período de vigência dessa resolução (entre 17/07/2017 e 26/03/2018). Nesse sentido, a modelagem desse conflito visa a identificar as ações que podem ser tomadas por esses jogadores de forma a promover um ponto de equilíbrio para essa questão, garantindo água para as demandas prioritárias do PISF e minimizando os impactos sofridos pelos produtores agrícolas dessa região, durante esse período de crise hídrica.

Para modelar o conflito, foi definido um cenário hipotético, uma vez que a escolha dos jogadores, assim como suas opções e preferências foram definidos com base no estudo detalhado do conflito. Assim, foi considerado a formação de quatro jogadores e as opções referentes a cada grupo, conforme sintetizado no Quadro 3. Foram admitidas duas opções: a possibilidade de modificação das condições de utilização dos recursos hídricos do rio Paraíba para os produtores agrícolas, previstas na resolução ANA/AESA nº 1.292/2017, e a possibilidade de os órgãos considerados (ANA, AESA, MP-PB e Governo do Estado da Paraíba) tomarem alguma medida para diminuir os impactos negativos sofridos por esses produtores durante o período de vigência dessa resolução.

Quadro 3: Definição dos jogadores e suas opções

Jogadores		Opções
A	ANA e AESA	1 - Manter resolução ANA/AESA nº 1.292/2017
		2 - Promover capacitação técnica aos irrigantes e produtores agrícolas
B	Produtores agrícolas	1 - Obedecer à resolução vigente
		2 - Obedecer à resolução vigente + subsídio
C	Ministério Público da Paraíba (MPPB)	1 - Determinar que seja feita capacitação técnica dos produtores agrícolas
		2 - Determinar que o governo do Estado forneça subsídios aos produtores agrícolas em períodos de crise
D	Governo do Estado da Paraíba	1 - Fornecer subsídio aos produtores agrícolas

Fonte: o autor (2018)

A primeira opção é fundamentada no fato de a resolução ANA/AESA nº 1.292/2017 ter sido a principal responsável por estabelecer o conflito em estudo, uma vez que ela promoveu o descontentamento dos produtores agrícolas ao estabelecer restrições de uso das águas do PISF. A segunda opção, considera a possibilidade de os jogadores A, C e D atuarem de forma conjunta para criarem medidas de apoio ao jogador B durante esse período de crise. A primeira medida considerada seria promover a capacitação técnica dos produtores agrícolas para o uso de tecnologias poupadoras de água (utilização de equipamentos de medição de volume de água utilizados, e de técnicas de irrigação por gotejamento e microaspersão, que são as mais eficientes, entre outras opções a serem consideradas). Apesar de a resolução ANA/AESA nº 1.292/2017 condicionar a autorização para irrigação à utilização de sistemas eficientes (inciso V do artigo 4º), AESA (2018) e Oliveira (2017) verificaram que essas técnicas não são utilizadas por grande parte desses produtores agrícolas. A segunda medida considerada seria a criação de um programa de subsídios financeiros para os produtores que dependem da agricultura familiar na região em estudo, permitindo um suporte financeiro em períodos de crise hídrica. Esse subsídio serviria para compensar as perdas de produção decorrentes da limitação da área de cultivo e da vazão autorizada.

No cenário hipotético mostrado no Quadro 3, o jogador A, representado por ANA e AESA, teria a opção de manter a resolução ANA/AESA nº 1.292/2017, a despeito da insatisfação dos produtores agrícolas, e a opção de promover a capacitação técnica para esse grupo, conforme determinação do jogador C, representado pelo MP-PB. O jogador B teria a

opção de obedecer às regras de utilização das águas previstas na resolução ANA/AESA nº 1.292/2017 e a opção de obedecer a essas regras apenas com o recebimento de algum subsídio do jogador D, representado pelo Governo do Estado da Paraíba. O jogador C teria a opção de determinar que o jogador A promovesse a capacitação técnica do jogador B e a opção de determinar que o jogador D fornecesse subsídios para o jogador B. O jogador D só teria uma opção, que seria a de fornecer ou não subsídios para os produtores agrícolas.

Em um modelo com um número total de “m” opções existem 2^m estados possíveis. No cenário simulado, são considerados quatro jogadores e sete opções no total, que podem ou não ser selecionadas, totalizando um número de 128 estados para o conflito ($2^7 = 128$). Entre os estados matematicamente possíveis de ocorrer, foram excluídos aqueles logicamente impossíveis, que seriam a seleção simultânea de opções opostas entre si, como no caso das opções disponíveis para o jogador B. Os produtores agrícolas não podem optar por obedecer a resolução e obedecer a resolução somente se receberem subsídio ao mesmo tempo.

Além dos estados impossíveis de ocorrer, também foram excluídos resultados considerados incoerentes. Por exemplo, foi considerado que só faria sentido promover capacitação ou fornecer subsídios ao jogador B se o mesmo se comprometesse a obedecer a resolução vigente, seja ela a versão atual ou uma nova versão proveniente da revisão de seus critérios (indicado aqui pelo estado “0” para a opção 1 do jogador A). Outra consideração feita foi a de que o jogador A e o jogador D obedeceriam às determinações do jogador C. Por fim, os estados possíveis para o conflito devem ainda serem convertidos em números decimais para facilitar o manuseio. Por exemplo, o estado (00 10 00 0) é representado por 4, que é o resultado de $0x2^0 + 0x2^1 + 1x2^2 + 0x2^3 + 0x2^4 + 0x2^5 + 0x2^6 + 0x2^7$.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 RESULTADOS DA MODELAGEM DO CONFLITO

A partir da modelagem do conflito, foram encontrados nove estados factíveis para o cenário simulado, que são as possíveis soluções para o conflito, mostrados no Quadro 4.

Quadro 4: Estados factíveis para o conflito

Jogadores		Opções	Estados Possíveis								
A	ANA e AESA	1 - Manter resolução n° 1.292/2017	0	0	0	0	1	1	1	1	1
		2 - Promover a capacitação técnica dos produtores agrícolas	0	0	1	1	0	0	0	1	1
B	Produtores agrícolas	1 - Obedecer à resolução vigente	1	0	1	0	1	0	0	1	0
		2 - Obedecer à resolução vigente + subsídio	0	1	0	1	0	1	0	0	1
C	Ministério Público da Paraíba	1 - Determinar que seja feita capacitação técnica dos produtores agrícolas	0	0	1	1	0	0	0	1	1
		2 - Determinar que o governo do Estado forneça subsídios aos produtores agrícolas em períodos de crise	0	1	0	1	0	1	0	0	1
D	Governo do Estado da Paraíba	1 - Fornecer subsídio aos produtores agrícolas	0	1	0	1	0	1	0	0	1
		Notação de Resultado (NR)	4	104	22	122	5	105	1	23	123

Fonte: o autor (2018)

A etapa final do processo de modelagem é ordenar os resultados apresentados no Quadro 4, de forma que reflitam as preferências de cada jogador. Cada vetor de preferência indica o ponto de vista do jogador em relação a cada um dos resultados do conflito. As ordens de preferência de cada jogador estão indicadas no Quadro 5, no qual cada estado é representado pela sua notação de resultado (NR), mostrada no Quadro 4, e também pela descrição do que cada resultado representa em termos de opções dos jogadores.

Os resultados mais preferidos para os jogadores A, C e D seriam aqueles nos quais a resolução ANA/AESA n° 1.292/2017 seria mantida, contrariando os interesses do jogador B. Apesar de esses órgãos normalmente atuarem como mediadores nos conflitos, no caso em

estudo eles atuariam com o objetivo de garantir água para Campina Grande e as demandas prioritárias do PISF. Os demais resultados preferidos para esses jogadores (A, C e D) seriam aqueles nos quais não é adotada nenhuma medida de apoio aos produtores agrícolas. Essa escolha foi baseada na avaliação das ações desses jogadores durante o período de análise, por meio da qual foi possível observar que não houve discussões no sentido de viabilizar nenhuma das medidas que estão sendo propostas neste trabalho.

Quadro 5: Vetores de preferências dos jogadores

Jogador A, C e D		Jogador B	
NR	Descrição do Resultado	NR	Descrição do Resultado
5	Manter resolução; não promover capacitação nem fornecer subsídios	122	Resolução não é mantida; recebem capacitação técnica e subsídios
23	Manter resolução; promover capacitação técnica e não fornecer subsídios	104	Resolução não é mantida; recebem subsídio, mas não recebem capacitação técnica
105	Manter resolução; fornecer subsídios e não fornecer capacitação técnica	22	Resolução não é mantida; recebem capacitação técnica, mas não recebem subsídios
123	Manter resolução; promover capacitação técnica e fornecer subsídios	4	Resolução não é mantida; não recebem capacitação técnica nem subsídios
4	Não manter a resolução; não promover capacitação técnica nem fornecer subsídios	123	Resolução é mantida; recebem capacitação técnica e subsídios
22	Não manter a resolução; promover capacitação técnica e não fornecer subsídios	105	Resolução é mantida; recebem subsídio, mas não recebem capacitação técnica
104	Não manter a resolução; fornecer subsídios e não promover capacitação técnica	23	Resolução é mantida; recebem capacitação técnica, mas não recebem subsídios
122	Não manter a resolução; promover capacitação técnica e fornecer subsídios	1	Resolução é mantida; não recebem capacitação técnica nem subsídios (esse é o único resultado em que os produtores agrícolas não obedecem à resolução)
1	Manter a resolução; não promover capacitação técnica nem fornecer subsídios (esse é o único resultado em que os produtores agrícolas não obedecem à resolução)	5	Resolução é mantida; não recebem capacitação técnica nem subsídios

Fonte: o autor (2018)

Os resultados mais preferidos para o jogador B seriam aqueles nos quais a resolução ANA/AESA nº 1.292/2017 seria revisada, tendo em vista que ela foi a principal responsável por promover o conflito em estudo. Além disso, o jogador B tem preferência pelos resultados

em que lhe são oferecidos tanto a capacitação técnica para incentivo ao uso de tecnologias poupadoras de água quanto o recebimento de subsídios financeiros em períodos de crise hídrica.

4.2 ANÁLISE DE ESTABILIDADE DO CONFLITO

O primeiro passo na análise de estabilidade é encontrar as melhorias unilaterais (MU) disponíveis para cada jogador. O jogador A possui quatro MU disponíveis, que seriam os estados em que a resolução ANA/AESA nº 1.292/2017 não é mantida (estados 122, 104, 22 e 23). Considerando que essa opção não está associada a nenhuma outra opção de nenhum outro jogador, ele poderia mudar sua estratégia para alcançar um estado de maior preferência, que seria o estado em que ele mantém a resolução e os outros jogadores permanecem com as mesmas ações. O jogador B possui uma MU disponível para o estado 5. Nesse caso ele poderia mudar sua estratégia de obedecer a resolução (estado 5) para não obedecer a resolução (estado 1), considerando que os demais jogadores permaneceriam com as mesmas estratégias. Os jogadores C e D não possuem nenhuma MU disponível.

Para as MU disponíveis não existem resultados menos preferidos para os jogadores, assim não existem estabilidades do tipo sequencialmente sancionado (s). O conflito analisado também não apresenta estabilidades do tipo simultaneamente sancionado (s'), pois nenhum estado do conflito é instável (i) para mais de um jogador simultaneamente. Assim, só existem estabilidades do tipo racional (r), que ocorrem quando o jogador não possui MU disponível em relação ao resultado analisado.

A análise de estabilidade do conflito é mostrada no Quadro 6, no qual cada estado do conflito foi classificado como racional (r) ou instável (i). Os resultados que são racionais (r) para todos os jogadores foram destacados no Quadro 6 como equilíbrios (E) e os resultados que instáveis para pelo menos um jogador foram descartados e recebem um "X".

Quadro 6: Análise de Estabilidade

	X	E	E	E	X	X	X	X	E
	5	23	105	123	4	22	104	122	1
	r	r	r	r	i	i	i	i	r
Jogador A	5	23	105	123	4	22	104	122	1
					5	23	105	123	MU
	r	r	r	r	r	r	r	r	i
Jogador B	122	104	22	4	123	105	23	1	5
									1
									MU
	r	r	r	r	r	r	r	r	r
Jogador C	5	23	105	123	4	22	104	122	1
									MU
	r	r	r	r	r	r	r	r	r
Jogador D	5	23	105	123	4	22	104	122	1
									MU

Fonte: o autor (2018)

Como equilíbrios para o conflito, foram encontrados quatro estados: 23, 105, 123 e 1. Esses estados estão detalhados a seguir:

- Estado 23: resulta na manutenção da resolução ANA/AESA nº 1.292/2017; a ANA e a AESA promovem capacitação técnica dos produtores agrícolas por determinação do MP-PB; o jogador B obedece a resolução vigente sem receber subsídios; e o Governo do Estado não participa diretamente no conflito;
- Estado 105: resulta na manutenção da resolução ANA/AESA nº 1.292/2017; a ANA e a AESA não promovem capacitação técnica dos produtores agrícolas; o jogador B obedece a resolução porque recebe subsídios para isso; e o Governo do Estado fornece o subsídio por determinação do MP-PB;
- Estado 123: resulta na manutenção da resolução ANA/AESA nº 1.292/2017; a ANA e a AESA promovem capacitação técnica dos produtores agrícolas por determinação do MPPB; o jogador B obedece a resolução vigente porque recebe subsídios para isso; e o Governo do Estado fornece o subsídio por determinação do MP-PB;
- Estado 1: resulta na manutenção da resolução ANA/AESA nº 1.292/2017; a ANA e a AESA não promovem capacitação técnica dos produtores agrícolas; o jogador B não obedece a resolução vigente; e o Governo do Estado não participa diretamente no conflito;

Entre os resultados apontados como equilíbrios para o conflito, o estado 1 deve ser desconsiderado, uma vez que ele sugere que os produtores agrícolas não obedeceriam à resolução ANA/AESA nº 1.292/2017. Nessa situação, eles utilizariam as águas do PISF de acordo com seus interesses, sem qualquer tipo de regulação e sem considerar os usos prioritários, determinados pela Lei nº 9.433/1997.

Os demais resultados (23, 105 e 123) apontam que a estabilidade do conflito dependeria da manutenção das restrições de utilização dos recursos hídricos do rio Paraíba previstas na resolução ANA/AESA nº 1.292/2017. No entanto, seria necessária também a adoção de alguma medida de apoio para o jogador B durante esse período de crise, seja ela feita por meio de capacitação técnica para o uso de tecnologias poupadoras de água (estado 23), pela criação de um programa de subsídios financeiros em períodos de crise hídrica (estado 105), ou adotando ambas as medidas (estado 123).

Os resultados apontados como estabilidades para o conflito indicam a necessidade de adoção de medidas de apoio aos produtores agrícolas durante o período analisado (entre 17/07/2017 e 26/03/2018), porém essa informação é apresentada em um nível macro, uma vez que não foi feito um estudo detalhado para avaliar a viabilidade técnica e financeira para a adoção de cada uma dessas medidas. Além disso, não há como mensurar o real impacto dessas ações na melhoria de vida dessa população.

Entre as medidas propostas, a de capacitação técnica para o uso de tecnologias poupadoras de água é a que se mostra mais justa e necessária, uma vez que a própria resolução ANA/AESA nº 1.292/2017 previa que algumas dessas técnicas fossem utilizadas, inclusive como condição para permitir a utilização das águas do PISF em sistemas de irrigação (condição mantida na resolução ANA/AESA nº 87/2018). No entanto, a falta de informação e capacitação por parte dos produtores agrícolas e as dificuldades de fiscalização por parte da AESA permitem que sistemas ineficientes sejam utilizados nessa região. Além disso, soluções que envolvem a adoção de tecnologias para o uso eficiente dos recursos são sempre preferíveis em relação a soluções que envolvem aumento da oferta, investimento em infraestruturas ou fornecimento de subsídios, uma vez que estas demandam maiores custos econômicos, sociais e ambientais.

A medida de fornecer subsídios financeiros em períodos de crise hídrica também resolveria o conflito, porém essa solução é mais difícil de ser implementada, pois envolveria um controle mais rígido dos possíveis beneficiados e também demandariam maiores custos ao Governo do Estado da Paraíba. Dessa forma, essa medida só faria sentido de ser utilizada se

os resultados da medida de capacitação técnica para o uso de tecnologias poupadoras de água se mostrassem ineficientes ou insatisfatórios.

Considerando as condições atuais de utilização dos recursos hídricos do rio Paraíba para os produtores agrícolas, previstas na resolução ANA/AESA nº 87/2018 (vigente), foi apresentado como alteração, em relação à resolução ANA/AESA nº 1.292/2017, a possibilidade de aumentar a área de cultivo para esses usuários. No entanto, essa opção não foi considerada na análise do conflito envolvendo a resolução ANA/AESA nº 1.292/2017, utilizando conceitos provenientes da Teoria de Jogos, pois o período de análise (entre 17/07/2017 e 26/03/2018) era caracterizado por um contexto de grave escassez hídrica na região em estudo, tendo como agravante o risco iminente de colapso no abastecimento para a cidade de Campina Grande e região. Essa situação não permitia o aumento da demanda de água utilizada para irrigação, tendo em vista a necessidade de garantir o atendimento às demandas prioritárias do PISF, determinados pela Lei nº 9.433/1997. Nesse sentido, essa possibilidade prevista na resolução ANA/AESA nº 87/2018 só foi possível a partir de um novo contexto de disponibilidade hídrica para o reservatório Epitácio Pessoa.

Em relação à medida de promover a capacitação técnica dos produtores agrícolas para o uso de tecnologias poupadoras de água, obtida como solução para o conflito envolvendo a resolução ANA/AESA nº 1.292/2017, a partir da aplicação de conceitos provenientes da Teoria de Jogos, pode-se perceber que ela é aplicável também para o período de vigência da resolução ANA/AESA nº 87/2018 (sem data definida na resolução). Isso porque a resolução de 2018 manteve a necessidade de utilização de sistemas de irrigação eficientes (microaspersão e gotejamento) como condição para autorizar a captação de água no rio Paraíba. Além disso, ela estabelece que os usuários devem comprovar a instalação de equipamento que permita medição contínua e o registro dos volumes captados para solicitar a autorização de cultivo em área superior a 0,50 ha ou volume máximo diário igual a 25.920 L. Dessa forma, caberia a ANA e a AESA capacitar e fiscalizar os produtores agrícolas para a correta utilização desses medidores, assim como para a utilização das técnicas de irrigação exigidas pela resolução vigente.

Por fim, pode-se perceber que a solução encontrada, a partir da análise do conflito envolvendo a resolução ANA/AESA nº 1.292/2017, coincide com o princípio utilizado nas alterações propostas pela resolução ANA/AESA nº 87/2018: o de promover a eficiência no uso dos recursos hídricos do rio Paraíba a partir da utilização de tecnologias de medição do volume de água captado, além de manter a exigência de utilização de sistemas de irrigação

mais eficientes (microaspersão e gotejamento). Dessa forma, o modelo conceitual utilizado foi capaz de encontrar uma solução semelhante à que de fato se configurou na realidade, levando em consideração a mudança de contextos entre o período de análise em que o modelo foi aplicado (17/07/2017 e 26/03/2018) e o período em que solução real foi verificada (novembro de 2018), conforme explicado anteriormente.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A caracterização do conflito mostrou que o principal fator para seu estabelecimento foi a necessidade de acelerar a chegada das águas do PISF ao reservatório Epitácio Pessoa, devido à ameaça iminente de colapso no abastecimento da cidade de Campina Grande, o que por sua vez só ocorreu devido à ineficiência da gestão dos recursos hídricos. Outro fator importante para essa crise foram os atrasos nas obras de reparação dos reservatórios Poções e Camalaú, que foram danificados para permitir que a água alcançasse mais rapidamente o reservatório Epitácio Pessoa, agravando e prolongando os problemas na região, devido à interrupção do bombeamento do PISF. Além disso, apesar de a resolução ANA/AESA nº 1.292/2017 ter considerado o fornecimento de água para a agricultura de subsistência, muitas dificuldades enfrentadas pelos produtores agrícolas da região em estudo foram ignoradas pelos órgãos envolvidos (ANA, AESA, MP-PB e Governo do Estado), a exemplo das intervenções do PISF no território das comunidades ribeirinhas, da dependência da agricultura familiar para garantir o sustento (perdas de produção devido à limitação de área irrigável e de vazão permitida) e da falta de capacitação técnica para uso eficiente dos recursos hídricos.

A aplicação de conceitos oriundos da Teoria de Jogos ao caso de estudo possibilitou sistematizar o problema. A modelagem do conflito, utilizando um cenário hipotético, forneceu informações de apoio a tomada de decisão, sendo possível visualizar a informação em um nível macro e identificar as possíveis soluções, em função dos jogadores envolvidos e com base nos prováveis interesses de cada um. Para uma análise mais aprofundada do conflito, faz-se necessário um estudo minucioso para avaliar a viabilidade técnica e financeira para adoção das medidas apontadas como soluções, bem como avaliar o possível impacto dessas soluções sob a perspectiva de variáveis econômicas, sociais e ambientais, o que fica como recomendação para possíveis estudos futuros.

Considerando os estados apontados como equilíbrio para o conflito em estudo, foi verificado que seria necessária a manutenção das restrições de utilização dos recursos hídricos do rio Paraíba previstas na resolução ANA/AESA nº 1.292/2017, durante seu período de vigência (entre 17/07/2017 e 26/03/2018), tendo em vista sua importância para garantir o atendimento às demandas prioritárias do PISF, determinadas pela Lei nº 9.433/97. No entanto, seria necessária, também, a adoção de alguma medida de apoio aos produtores agrícolas durante esse período de crise, seja ela feita por meio de capacitação técnica para o uso de tecnologias poupadoras de água, criação de um programa de subsídios financeiros em períodos de crise hídrica ou adoção de ambas as medidas. Entre essas, recomenda-se a

priorização da medida de capacitação técnica dos produtores agrícolas para o uso de tecnologias poupadoras de água, uma vez que essa medida favoreceria o uso mais racional dos recursos hídricos, minimizando possíveis impactos e beneficiando desta forma todos os usuários dos corpos hídricos em questão.

Considerando as condições atuais de utilização dos recursos hídricos do rio Paraíba, previstas na resolução ANA/AESA nº 87/2018 (vigente), pode-se verificar que a medida de capacitação dos produtores agrícolas para o uso de tecnologias poupadoras de água, que foi encontrada como solução para o conflito envolvendo a resolução ANA/AESA nº 1.292/2017, a partir da aplicação de conceitos provenientes da Teoria de Jogos, é aplicável também para o período de vigência da resolução atual, tendo em vista que ela condiciona a utilização dos recursos hídricos do rio Paraíba, no trecho em estudo, à utilização de tecnologias que promovam eficiência no uso da água. Comparando a solução encontrada para conflito com as alterações apresentadas pela resolução ANA/AESA nº 87/2018, foi verificado a utilização do mesmo princípio para a resolução do conflito. Dessa forma, pode-se concluir que o modelo conceitual utilizado está validado, pois foi capaz de encontrar uma solução semelhante à que se configurou na realidade.

REFERÊNCIAS

AESA – Agência Executiva de Gestão das Águas no Estado da Paraíba. **Boletim do Projeto de Integração do rio São Francisco (PISF) no rio Paraíba 2018**. 2018.

AESA – Agência Executiva de Gestão das Águas no Estado da Paraíba. **Projeto de Integração do Rio São Francisco – PISF**. 2018. Disponível em: <<http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/fluviometria/projeto-de-integracao-do-rio-sao-francisco-pisf/>>. Acesso em 14 de setembro de 2018.

AESA – Agência Executiva de Gestão das Águas no Estado da Paraíba. **Apresentação da AESA na Audiência Pública do Circuito das Águas na Cidade do Congo – PB**. João Adelino – Gerente Regional da AESA, 2017.

AESA – Agência Executiva de Gestão das Águas no Estado da Paraíba. **Comitê de bacia do rio Paraíba**. 2006. Disponível em: <<http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/comite-de-bacias/rio-paraiba/>>. Acesso em 12 de junho de 2018.

ALVES, J. A.; RIBEIRO, M. M. R.; MIRANDA, L. I. B. **Conflitos socioambientais e desenvolvimento turístico em zonas costeiras: o caso da Praia da Pipa, Brasil**. Journal of Integrated Coastal Zone Management, v. 17, n. 2, 2017, p. 151-161.

AMORIM, A. L.; RIBEIRO, M. M. R.; BRAGA, C. F. C. **Conflitos em bacias hidrográficas compartilhadas: o caso da bacia do rio Piranhas-Açu/PB-RN**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 21, p. 36-45, 2016.

ANA/AESA. **Resolução Conjunta ANA e AESA nº 87**. Documento nº 00000.065740/2018-29. 5 de novembro de 2018.

ANA/AESA. **Resolução Conjunta ANA e AESA nº 1.292**. Documento nº 00000.044837/2017-17. 17 de julho de 2017.

ANA – Agência Nacional de Águas. **Relatório Conjuntura dos Recursos Hídricos 2017**. Disponível em:< <http://conjuntura.ana.gov.br/>>. Acesso em: 11 de maio de 2018.

ANA – Agência Nacional de Águas. **Reservatórios do Semiárido Brasileiro: Hidrologia, Balanço Hídrico e Operação**. Anexo A / Agência Nacional de Águas - Brasília: ANA, 2017, 103 p.

ALBUQUERQUE, J. P. T. **A Transposição de Águas do São Francisco**. Maio de 2016. Disponível em: <<http://mw.eco.br/ig/pvista/DesafiosTransposicaoSaoFrancisco.htm>>. Acesso em 11 de maio de 2018.

BEZERRA, E. **Audiências públicas itinerantes para discutir o uso e a gestão das águas do Projeto de Integração do rio São Francisco pelos Municípios e populações ribeirinhas no alto curso do rio Paraíba**. Relatório do Circuito das águas. Assembleia Legislativa da Paraíba. João Pessoa, 2017.

BRASIL. **Paralisação da operação do Eixo Leste do PISF para finalização das obras de recuperação nos reservatórios Poções e Camalaú.** *Nota Técnica nº 06/2018/CGAOH/DPE/SIH.* Ministério da Integração Nacional, Brasília, 2018, 3 p.

CAGEPA - Companhia de Águas e Esgotos da Paraíba. **Sistemas Públicos de Abastecimento de Água e a Transposição do Rio São Francisco.** Apresentação da CAGEPA na Audiência Pública do Circuito das Águas na cidade do Congo - PB. Ronaldo Amâncio Meneses – Gerente Regional da Borborema, 2017.

CAMPOS, M. V. C.; RIBEIRO, M. M. R.; VIEIRA, Z. M. C. L. **A Gestão de Recursos Hídricos Subsidiada pelo Uso de Indicadores de Sustentabilidade.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 19, p. 209-222, 2014.

CBHRS - Comitê da Bacia Hidrográfica do rio São Francisco. **Shapefile dos eixos do PISF.** Disponível em: <<http://www.saofrancisco.cbh.gov.br/Shapes/SHAPE.sigeo.Transposicao.SF.zip>> Acesso em: 11 de setembro de 2018.

CGU – Ministério da Transparência e Controladoria-Geral da União. **Transposição do Rio São Francisco não tem garantia de operação e manutenção.** Disponível em: <<http://www.cgu.gov.br/noticias/2018/04/transposicao-do-rio-sao-francisco-nao-tem-garantia-de-operacao-e-manutencao-diz-cgu>>. Acesso em 10 de maio de 2018.

DELGADO, A; I. ROMERO, I. **Environmental conflict analysis using an integrated grey clustering and entropy-weight method: A case study of a mining project in Peru.** Environmental Modelling & Software, v. 77, 2016, p. 108-121.

FERREIRA, J. G.; FIGUEIREDO, F. F.; PENHA, I. F. **A água da transposição do Velho Chico como solução para a seca do Nordeste.** In: Anais do II Conidis Congresso sobre a Diversidade do Semiárido. 2017.

G1 PB. **Suspensão da transposição do Rio São Francisco na PB é confirmada pelo Ministério da Integração.** 14 de março de 2018. Disponível em: <<https://g1.globo.com/pb/paraiba/noticia/ministerio-da-integracao-avalia-suspensao-da-transposicao-na-pb-como-necessaria.ghtml>>. Acesso em: 16 de setembro de 2018.

G1-PB. **Conclusão das obras complementares à transposição na Paraíba tem novo prazo.** 08 de agosto de 2018. Disponível em: <<https://g1.globo.com/pb/paraiba/noticia/2018/08/08/conclusao-das-obras-complementares-a-transposicao-na-paraiba-tem-novo-prazo.ghtml>>. Acesso em: 07 de novembro de 2018.

GUEDES, M. J. F.; RIBEIRO, M. M. R. **Aplicação de metodologias de análise de conflito ambiental ao aterro sanitário de Puxinanã (PB).** Engenharia Sanitária e Ambiental. V. 22, n.1, p. 81-93, 2017.

IFPB, Instituto Federal da Paraíba. **Águas do Rio São Francisco: Educação Ambiental para o Uso Sustentável no Estado da Paraíba.** Projeto de Educação Socioambiental para o uso Sustentável das Águas do Projeto de Integração de Bacias do Rio São Francisco (ESSA-PISF). João Pessoa, 2017.

INSA. Sistema de Gestão da Informação e do Conhecimento do Semiárido Brasileiro - SIGSAB. Disponível em: <<http://sigsab.insa.gov.br/acervoDigital>>. Acesso em: 11 de setembro de 2018.

INSA. Plataforma de Acompanhamento dos Reservatórios da Região Semiárida - **Olho N'Água**. Disponível em: <[https://olhonagua.insa.gov.br/#!/>](https://olhonagua.insa.gov.br/#!/). Acessado em: 11 de setembro de 2018.

MARINHO, C. F. C. E. **Caracterização Hídrica e Morfométrica do Alto Curso da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba**. Monografia. Universidade Estadual da Paraíba – UEPB. Campina Grande – PB, 2011.

MI - Ministério da Integração Nacional. **Projeto de Integração do Rio São Francisco**. Disponível em: <<http://www.mi.gov.br/web/projeto-sao-francisco>>. Acesso em: 28 de julho de 2018.

NETO, F. V. A. S.; VIANNA, P. C. G. **Análise Espacial das Obras do Projeto de Integração do Rio São Francisco – PISF (Eixo Leste) no Estado da Paraíba**. Universidade Federal da Paraíba – UFPB. João Pessoa – PB, 2016.

OCDE - Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico. **Princípios da OCDE para a governança da água**. 04 de junho de 2015. Disponível em: <<https://www.oecd.org/cfe/regional-policy/OECD-Principles-Water-portuguese.pdf>>. Acesso em 27 de abril de 2018.

OLIVEIRA, E. **Veja o que mudou na Paraíba com a água da transposição do rio São Francisco**. AESA, 21 de novembro de 2017. Disponível em: <<http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/2017/11/21/video-aesa-explica-influencia-de-campina-grande-na-operacao-do-sistema-de-transposicao-das-aguas-do-rio-sao-francisco/>>. Acesso em 30 de abril de 2018.

OHLSSON, L. **Environment, Scarcity and Conflict – A study of Malthusian concerns**. Phd Thesis. Dept. of Peace and Development Research University of Göteborg, 1999.

RÊGO, J. C.; GALVÃO, C. O.; ALBUQUERQUE, J. P. T.; RIBEIRO, M. M. R.; NUNES, T. H. C. **A gestão de recursos hídricos e a transposição de águas do rio são francisco para o açude epitácio pessoa - BOQUEIRÃO**. In: XXII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2017, Florianópolis - SC. Ciência e tecnologia da água: inovação e oportunidades para o desenvolvimento sustentável, 2017.

RÊGO, J. C.; GALVÃO, C. O.; RIBEIRO, M. M. R.; ALBUQUERQUE, J. P. T.; NUNES, T. H. C. **A crise do abastecimento de Campina Grande: Atuações dos gestores, usuários, poder público, imprensa e população**. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2015, Brasília. Segurança hídrica e desenvolvimento sustentável: desafios do conhecimento e da gestão, 2015.

RÊGO, J. C.; GALVÃO, C. O.; RIBEIRO, M. M. R.; ALBUQUERQUE, J. P. T.; NUNES, T. H. C. **Novas considerações sobre a gestão dos recursos hídricos do Açude Epitácio Pessoa - a seca 2012-2014**. In: XII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 2014, Natal. Água e Desenvolvimento, 2014.

RIBEIRO, M. M. R. **A Few Comments on the Brazilian Water Resource Policy**. New Water Policy & Practice Journal, v. 3, p. 22-32, 2017.

RIBEIRO, M. M. R. **Análise de conflitos em recursos hídricos baseada na teoria de jogos**. In: I Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 1992, ABRH – 15 anos, Recife, 1992.

ROSSI, R. A.; SANTOS, E. **Conflict and regulation of water in brazil—the salitre case**. Caderno CRH, v. 31, n. 82, p. 151-167, 2018.

ROSSONI, F. F. P.; ROSSONI, H, A, V.; LIMA, S, C, R, B. **Políticas públicas e conflito ambiental na bacia hidrográfica do rio São Francisco**. Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS), v.3, n.1, p.74-80, Julho, 2013.

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

SANTOS, J. A. **Caracterização Socioeconômica e Hídrica dos Municípios da Bacia do Alto Curso do Rio Paraíba – PB**. Monografia. Universidade Estadual da Paraíba - UEPB. Campina Grande – PB, 2014.

SENADO FEDERAL. **Senado do Império estudou transposição do Rio São Francisco**. Senado Notícias. 05 de junho de 2017. Disponível em:<<https://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2017/06/05/senado-do-imperio-estudou-transposicao-do-rio-sao-francisco>>. Acesso em: 01 de agosto de 2018.

SERHMACT – Secretaria de Estado da Infraestrutura, dos Recursos Hídricos, do Meio Ambiente e da Ciência e Tecnologia. **Recursos Hídricos na Paraíba**. Abril de 2015. Disponível em: < <http://www2.camara.leg.br/atividade-legislativa/comissoes/comissoes-temporarias/externas/55a-legislatura/transposicao-rio-sao-francisco/documentos/audiencias-publicas/apresentacao-paraiba> >. Acesso em: 14 de setembro de 2018.

SILVA, P. H. P.; RIBEIRO, M. M. R.; MIRANDA, L. I. B. **Uso de cadeia causal na análise institucional da gestão de recursos hídricos em reservatório no semiárido da Paraíba**. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 3, p. 1-10, 2017.

VENTURINI, L.; **O que é a transposição do rio São Francisco e em que etapa ela está hoje**. 14 de março de 2017. Disponível em:<<https://www.nexojornal.com.br/expresso/2017/03/14/O-que-%C3%A9-a-transposi%C3%A7%C3%A3o-do-rio-S%C3%A3o-Francisco-e-em-que-etapa-ela-est%C3%A1-hoje>>. Acesso em: 10 de maio de 2018.

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

VIEIRA, Z. M. C. L.; RIBEIRO, M. M. R. **Análise de Conflitos: apoio à decisão no gerenciamento da demanda de água**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos. V. 10, n. 3, p. 23-35, 2005.