



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE



DAYANARA MENDONÇA SANTOS

**QUALIDADE DA ÁGUA E CONFLITOS SOCIOAMBIENTAIS DO SUBMÉDIO E  
BAIXO RIO SÃO FRANCISCO.**

SÃO CRISTÓVÃO, SERGIPE.

2022

DAYANARA MENDONÇA SANTOS

**QUALIDADE DA ÁGUA E CONFLITOS SOCIOAMBIENTAIS DO SUBMÉDIO E  
BAIXO RIO SÃO FRANCISCO.**

Dissertação apresentada como requisito para  
obtenção e título de mestre pelo Programa de  
Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio  
Ambiente da Universidade Federal de Sergipe.

**ORIENTADOR:** Prof. Dr. Ariovaldo Antonio Tadeu  
Lucas.

**COORIENTADOR:** Dr. Ricardo Benedito Otoni.

SÃO CRISTÓVÃO, SERGIPE.

2022

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE**

S237q Santos, Dayanara Mendonça.  
Qualidade da água e conflitos socioambientais do submédio e baixo São Francisco/ Dayanara Mendonça Santos; orientador Arioaldo Antonio Tadeu Lucas. – São Cristóvão, SE, 2022.  
151 f.; il.

Dissertação (mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente)  
– Universidade Federal de Sergipe, 2022.

1. Meio Ambiente. 2. Água - Qualidade. 3. Impacto ambiental. 4. Desenvolvimento de recursos hídricos - Legislação. 5. Bacias hidrográficas. 7. São Francisco, Rio I. Lucas, Arioaldo Antonio Tadeu, orient. II. Título.

CDU 504

DAYANARA MENDONÇA SANTOS

**QUALIDADE DA ÁGUA E CONFLITOS AMBIENTAIS DO SUBMÉDIO E  
BAIXO RIO SÃO FRANCISCO.**

Dissertação apresentada como requisito para  
obtenção do título de mestre pelo Programa de  
Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio  
Ambiente da Universidade Federal de Sergipe

Aprovada em 10 de 06 de 2022.



Documento assinado digitalmente

**ARIOVALDO ANTONIO TADEU LUCAS**

Data: 05/10/2022 13:40:37-0300

Verifique em <https://verificador.iti.br>

---

Prof. Dr. Ariovaldo Antonio Tadeu Lucas – Universidade Federal de Sergipe

Presidente - Orientador

---

Prof. Dr. Ricardo Benedito Otoni – Instituto Brasileiro Meio Ambiente e dos Recursos Naturais  
Renováveis

Coorientador



Documento assinado digitalmente

**GREGORIO GUIRADA FACCIOLI**

Data: 04/10/2022 07:10:16-0300

Verifique em <https://verificador.iti.br>

---

Prof. Dr. Gregório Guirado Faccioli – Universidade Federal de Sergipe

Examinador Interno

*Carlos Alexandre Borges Garcia*

---

Prof. Dr. Carlos Alexandre Borges Garcia – Universidade Federal de Sergipe

Examinador Externo

Cidade Universitária Prof. Aloísio José de Campos

São Cristóvão/SE.

Este exemplar corresponde a versão final da Dissertação de Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente concluído no Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA) da Universidade Federal de Sergipe.



Documento assinado digitalmente

ARIOVALDO ANTONIO TADEU LUCAS

Data: 05/10/2022 13:50:33-0300

Verifique em <https://verificador.iti.br>

---

Prof. Dr. Ariovaldo Antonio Tadeu Lucas – Orientador

Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA

Universidade Federal de Sergipe - UFS

Presidente - Orientador

---

Prof. Dr. Ricardo Benedito Otoni – Coorientador

Instituto Brasileiro Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA

É concedido ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA) da Universidade Federal de Sergipe (UFS) responsável pelo Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente permissão para disponibilizar, reproduzir cópia desta dissertação e emprestar ou vender tais cópias.

*Dayanara Mendonça Santos*

---

Dayanara Mendonça Santos

Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA

Universidade Federal de Sergipe - UFS



Documento assinado digitalmente

ARIOVALDO ANTONIO TADEU LUCAS

Data: 05/10/2022 15:42:09-0300

Verifique em <https://verificador.iti.br>

---

Prof. Dr. Ariovaldo Antonio Tadeu Lucas – Orientador

Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA

Universidade Federal de Sergipe - UFS

---

Prof. Dr. Ricardo Benedito Otoni – Coorientador

Instituto Brasileiro Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA

## AGRADECIMENTOS

Os caminhos percorridos na construção da dissertação foram árduos e apesar de exigir um empenho, só se efetivou através das inúmeras contribuições, as quais, não conseguiria deixar de agradecer;

Agradeço a Deus, primeiramente, por dar sentido a existência e concernir fé nos homens e em um futuro melhor;

Expresso condigna gratidão aos meus pais, Jose Carlos Mendonça Santos e Gedalva Fagundes Santos, que moldaram meu caráter, me instruíram e depositaram confiança em minha jornada;

Aos meus irmãos, Dayane, Rangel, Robert e Karine e as relações construídas, cada uma com enorme importância sobre quem me tornei;

A meu sobrinho Alan, pela amizade e afeto entregues, sendo um alicerce em minha família;

A meu companheiro Vinícius, pelo apoio e amor dedicados durante essa fase;

A meu filho, a quem em breve conhecerei, por me motivar e compartilhar comigo sua existência, tão somente por estar ao meu lado;

Ao meu orientador Dr. Ariovaldo Tadeu, que me sugeriu o tema de pesquisa e me conduziu com dedicação, compromisso e acima de tudo, com empatia, durante todo o processo, sem o qual, não conseguiria chegar à reta final;

A meu coorientador Dr. Ricardo Benedito Otoni, que contribuiu de forma significativa para que eu pudesse ir além do que imaginei nessa dissertação, assim como ao IBAMA por permitir que fizesse parte deste trabalho;

Ao meu amigo e professor Dr. Gregório, por me incentivar a iniciar essa jornada e pelas contribuições para chegar ao melhor resultado possível neste trabalho;

Agradeço também ao professor Dr. Carlos Alexandre, pela colaboração na banca de qualificação, que me permitiram avançar em uma etapa importante;

Aos professores Dr. José do Patrocínio, Dr. Mario Jorge de Souza, Dr. André Quintão que disponibilizaram tempo para questionamentos e na partilha de conhecimento;

Aos colegas do grupo de pesquisa Wartyson e Layanne, pela reciprocidade e dedicação empenhadas nos trabalhos em conjunto;

A todos que fizeram parte dessa desafiadora e honrada experiência, meus sinceros agradecimentos.

## EPÍGRAFE

"If I saw further, it was because I stood  
on the shoulders of giants"

Isaac Newton (1676)

*Dedico este trabalho a minha mãe Gedalva, pois foi inspiração em toda caminhada até aqui. Aos meus irmãos Dayane e Rangel por todas as trocas, que no convívio me ensinaram sobre apoio e colaboração. Ao meu sobrinho Alan que transmite alegria e afeto no existir. Ao meu companheiro Vinicius, pelo amor e parceria dedicados e ao filho que já está comigo, fortalecendo e me proporcionando novos sonhos, dedico.*

## RESUMO

A relação do homem com a natureza se estabeleceu sob a égide da simplificação e domínio dos elementos naturais, resultando em problemas ambientais complexos, às soluções possíveis demandam diálogos multidisciplinares para compreensão e estruturação de soluções sustentáveis. A dissertação objetivou compreender a dinâmica ambiental associada a qualidade da água e seus impactos na bacia hidrográfica do Rio São Francisco. Foram utilizados dois métodos de pesquisa, o hipotético-dedutivo de Popper (1975) e o método Complexo de Morin (1977) aplicado à análise de conflitos ambientais. O recorte espacial da pesquisa foi a região do submédio e baixo São Francisco. Para análise do uso e cobertura da terra utilizou-se o software Qgis e dados do MapBiomas, já para qualidade da água, obteve-se através da análise dos componentes principais (PCA). Já os conflitos foram analisados com fundamentação em Luhmann (2006). Os resultados obtidos apontam que houve redução da floresta natural e das áreas não vegetadas e elevação dos demais usos entre os anos de 2016 e 2020, principalmente no submédio São Francisco. Houve diferenças significativas entre 2016 e 2021 principalmente na região do baixo curso, o principal ponto fonte das variações está localizado no município de Piaçabuçu/AL, seguido pelos pontos posicionados em Canindé de São Francisco/SE e Paulo Afonso/BA, os elementos que apresentaram maior fonte de variação foram nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) nitrogênio total (N), condutividade elétrica (CE) e Oxigênio Dissolvido (OD), com reduções significativas dentro do recorte temporal. Quanto aos conflitos, houve elevação na quantidade de conflitos entre os anos de 2016 e 2020, com pico em 2019, sendo os estados de Sergipe e Alagoas os principais no ajuizamento de ações, tendo como atores sociais pescadores, Estado e empresários, refletindo na demanda por integração no conhecimento produzido e definir os elementos necessários na tomada de decisão. Conclui-se com a pesquisa que, o submédio e baixo São Francisco sofre constantemente alterações nas dinâmicas de cobertura da terra, com aumento na produção agropecuária e aquícola, as alterações na qualidade da água nem sempre ocorrem no local de geração do dano, sendo o baixo curso o que sofre mais impactos das ações antrópicas e naturais, o que requer ações complexas e visão completa do ambiente analisado.

**Palavras-Chave:** Recursos Hídricos, Usos Da Terra, Conflitos Socioambientais, Bacia Hidrográfica.

## ABSTRACT

The relationship of man with nature was established under the aegis of simplification and domination of natural elements, resulting in complex environmental problems, the possible solutions demand multidisciplinary dialogues for understanding and structuring sustainable solutions. The dissertation aimed to understand the environmental dynamics associated with water quality and its impacts on the São Francisco River basin. Two research methods were used, the hypothetical-deductive of Popper (1975) and the Complex method of Morin (1977) applied to the analysis of environmental conflicts. The spatial scope of the research was the region of the lower and middle São Francisco. For the land use and land cover analysis we used the software Qgis and data from MapBiomas, as for water quality, it was obtained through the principal components analysis (PCA). The conflicts were analyzed based on Luhmann (2006). The results obtained indicate that there was a reduction in natural forest and non-vegetated areas and an increase in other uses between the years 2016 and 2020, especially in the São Francisco sub-medium. There were significant differences between 2016 and 2021 mainly in the lower course region, the main source point of the variations is located in the municipality of Piaçabuçu, followed by the points positioned in Canindé de São Francisco and Paulo Afonso-BA, the elements that presented the greatest source of variation were nitrate (NO<sub>3</sub>) total nitrogen (N), electrical conductivity (EC) and Dissolved Oxygen (DO), with significant reductions within the time frame. As for conflicts, there was an increase in the number of conflicts between the years 2016 and 2020, with a peak in 2019, being the states of Sergipe and Alagoas the main ones in the filing of lawsuits, having as social actors fishermen, state and businessmen, reflecting the demand for integration in the knowledge produced and define the necessary elements in decision making. The research concludes that the lower and lower São Francisco are constantly undergoing changes in the dynamics of land cover, with an increase in agricultural and aquaculture production, changes in water quality do not always occur at the place where the damage is generated, and the lower course is the one that suffers more impacts from anthropic and natural actions, which requires complex actions and a complete view of the environment analyzed.

**Key-Words:** Water Resources, Land Use, Socio-environmental Conflicts, Watershed.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa mental de estruturação dos conflitos ambientais.	41
Figura 2. Regiões Fisiográficas da Bacia Hidrográfica do rio São Francisco	52
Figura 3. Esboço metodológico do capítulo	63
Figura 4. Fluxograma de construção dos mapas de uso e Cobertura da Terra	64
Figura 5. Chave de Classificação para uso e cobertura da terra.	64
Figura 6. Esquema de Aplicação da Análise dos componentes principais	71
Figura 7. Mapa de Uso e Cobertura da Terra do ano de 2016	75
Figura 8. Uso e Cobertura da Terra no Submédio e Baixo São Francisco em 2020	76
Figura 9. Procedimentos metodológicos com base na teoria da complexidade.	113
Figura 10. Passo a passo da busca de dados de judicialização	114
Figura 11. Passo a passo da busca de dados de judicialização.	114
Figura 12. Mapa de Localização do PISF e Eixos Associados	141

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Distribuição dos pontos de coleta por eixo dos componentes principais.	82
Gráfico 2. Pontos amostrais por eixo em 2017	85
Gráfico 3. Pontos amostrais por eixo em 2018	89
Gráfico 4. Pontos amostrais por eixo em 2019	91
Gráfico 5. Pontos amostrais por eixo em 2020	93
Gráfico 6. Pontos amostrais por eixo em 2021	96
Gráfico 7. Distribuição dos pontos amostrais por eixo principal entre 2017 e 2021.	100
Gráfico 8. Distribuição dos pontos amostrais por eixo entre 2020 e 2021.	102
Gráfico 9. Conflitos Socioambientais no Submédio e Baixo São Francisco registrados pela CPT.	118
Gráfico 10. Atores sociais envolvidos nos conflitos do CPT	120
Gráfico 11. Atores sociais envolvidos nos Conflitos do CPT.	120
Gráfico 12. Distribuição dos conflitos por vazão dentro dos conflitos totais no submédio e baixo São Francisco.	123
Gráfico 13. Distribuição dos conflitos por vazão no submédio e baixo São Francisco.	123

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Descrição das classes de uso e cobertura da terra definidas	67
Quadro 2. Localização das Estações de Monitoramento da Qualidade da Água pela CHESF.	68

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Uso e Cobertura da Terra no Submédio e Baixo SF por Classes em 2016	72
Tabela 2. Uso e Cobertura da Terra no Submédio e Baixo SF por Classes em 2020	73
Tabela 3. Alterações na dinâmica de uso e Cobertura da Terra entre 2016 e 2020.	74
Tabela 4. Alterações na dinâmica de Uso e Cobertura do Terra entre 2016 e 2020 no Submédio SF.	74
Tabela 5. Alterações na dinâmica de Uso e Cobertura do Terra entre 2016 e 2020 no Baixo SF.	75
Tabela 6. Componentes Principais no ano de 2016	80
Tabela 7. Variáveis por eixo	81
Tabela 8. Componentes principais no ano de 2017	84
Tabela 9. Variáveis por eixo em 2017	84
Tabela 10. Variância por eixo principal em 2018	87
Tabela 11. Variável por eixo	88
Tabela 12. Variância por componente principal	90
Tabela 13. Variável por eixo principal	90
Tabela 14. Variância por componente principal	92
Tabela 15. Variável por eixo principal <sup>92</sup>	
Tabela 16. Variância por componente principal	95
Tabela 17. Variável por eixo principal	95
Tabela 18. Variância por componente principal	98
Tabela 19. Variância por componente principal entre os anos de 2020 e 2021	101
Tabela 20. Variável por eixo principal entre os anos de 2020 e 2021	101
Tabela 21. Busca e seleção de dados de conflitos pela água	118

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>19</b>
1.1	Problemática e Justificativa.....	20
1.2	Objetivos.....	22
1.3	Métodos da Pesquisa .....	22
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>24</b>
2.1	Meio Ambiente, qualidade ambiental e antropização.....	24
2.2	Impactos das ações antrópicas nos padrões e parâmetros de qualidade da água ..	26
2.3	Legislação Brasileira e a Tutela dos Recursos Hídricos .....	30
2.4	Análise dos Componentes Principais para Parâmetros de Qualidade da Água .....	33
2.5	Padrões de Uso e Cobertura da Terra e os Impactos Ambientais em Bacias Hidrográficas. ....	35
2.6	Percepção e os Conflitos Ambientais .....	38
2.7	Referências .....	42
<b>3</b>	<b>CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....</b>	<b>51</b>
3.1	Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco .....	51
3.1.1	Aspectos Gerais .....	51
3.1.2	Regiões Fisiográficas .....	52
3.1.3	Clima e Relevo.....	55
3.1.4	Vegetação.....	56
3.2	Referências .....	57

<b>4</b>	<b>QUALIDADE DA ÁGUA NO SUBMÉDIO E BAIXO SÃO FRANCISCO A PARTIR DO USO DE ANÁLISE DOS COMPONENTES PRINCIPAIS E AS DINÂMICAS DE USO E COBERTURA DA TERRA.....</b>	<b>60</b>
<b>4.1</b>	<b>Introdução .....</b>	<b>62</b>
<b>4.2</b>	<b>Método e Procedimentos Metodológicos .....</b>	<b>65</b>
4.2.1	Coleta, Organização e Análise dos Dados de Uso e Cobertura da Terra.....	66
4.2.2	Coleta de Dados, Organização e Análise dos Dados de Qualidade da Água .....	68
<b>4.3</b>	<b>Resultados e Discussão .....</b>	<b>72</b>
4.3.1	Modificações no uso e cobertura da terra .....	72
4.3.2	Qualidade da água a partir da Análise dos Componentes Principais.....	79
4.3.3	Qualidade da Água por Unidade Amostral no Ano De 2016 .....	79
4.3.4	Qualidade da Água por Unidade Amostral no Ano de 2017 .....	84
4.3.5	Qualidade da Água por Unidade Amostral no Ano de 2018 .....	87
4.3.6	Qualidade da Água por Unidade Amostral no Ano de 2019 .....	89
4.3.7	Qualidade da Água por Unidade Amostral no Ano de 2020 .....	92
4.3.8	Qualidade da água por unidade amostral no ano de 2021 .....	95
4.3.9	Variações na Qualidade da Água por Unidade Amostral entre 2017 e 2021. ....	98
4.3.10	Variações na Qualidade da água por unidade amostral entre os anos de 2020 e 2021	101
<b>4.4</b>	<b>Conclusão .....</b>	<b>103</b>
<b>4.5</b>	<b>Referências .....</b>	<b>105</b>
<b>5</b>	<b>CONFLITOS SOCIOAMBIENTAIS PELA ÁGUA DO SUBMÉDIO E BAIXO RIO SÃO FRANCISCO.....</b>	<b>110</b>
<b>5.1</b>	<b>Introdução .....</b>	<b>112</b>
<b>5.2.</b>	<b>Método e Procedimentos Metodológicos .....</b>	<b>114</b>
<b>5.3.</b>	<b>Resultados e Discussão .....</b>	<b>119</b>
5.3.1.	Conflitos por Redução da Piscosidade no baixo São Francisco em função de reduções da vazão.....	121

5.3.2.	Conflitos decorrentes da eliminação de resíduos <i>in natura</i> no Rio São Francisco e seus afluentes.....	132
5.3.3.	Conflitos por dano oriundo de atividades agrícolas, pecuárias e/ou aquicultura..	136
5.3.4.	Conflitos por Obras de Infraestrutura Hídrica no Projeto de Integração do rio São Francisco – PISF. ....	140
5.3.5.	Conflitos relacionados às edificações na Bacia Hidrográfica do rio São Francisco	145
5.3.6.	Conflitos relacionados a Pesca em período ou condições irregulares de vazão no rio São Francisco. ....	147
5.4.	<b>Considerações Finais .....</b>	<b>150</b>
5.5.	<b>Referências .....</b>	<b>152</b>

## **ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO**

Esta dissertação é composta por 5 capítulos, distribuídos da seguinte forma:

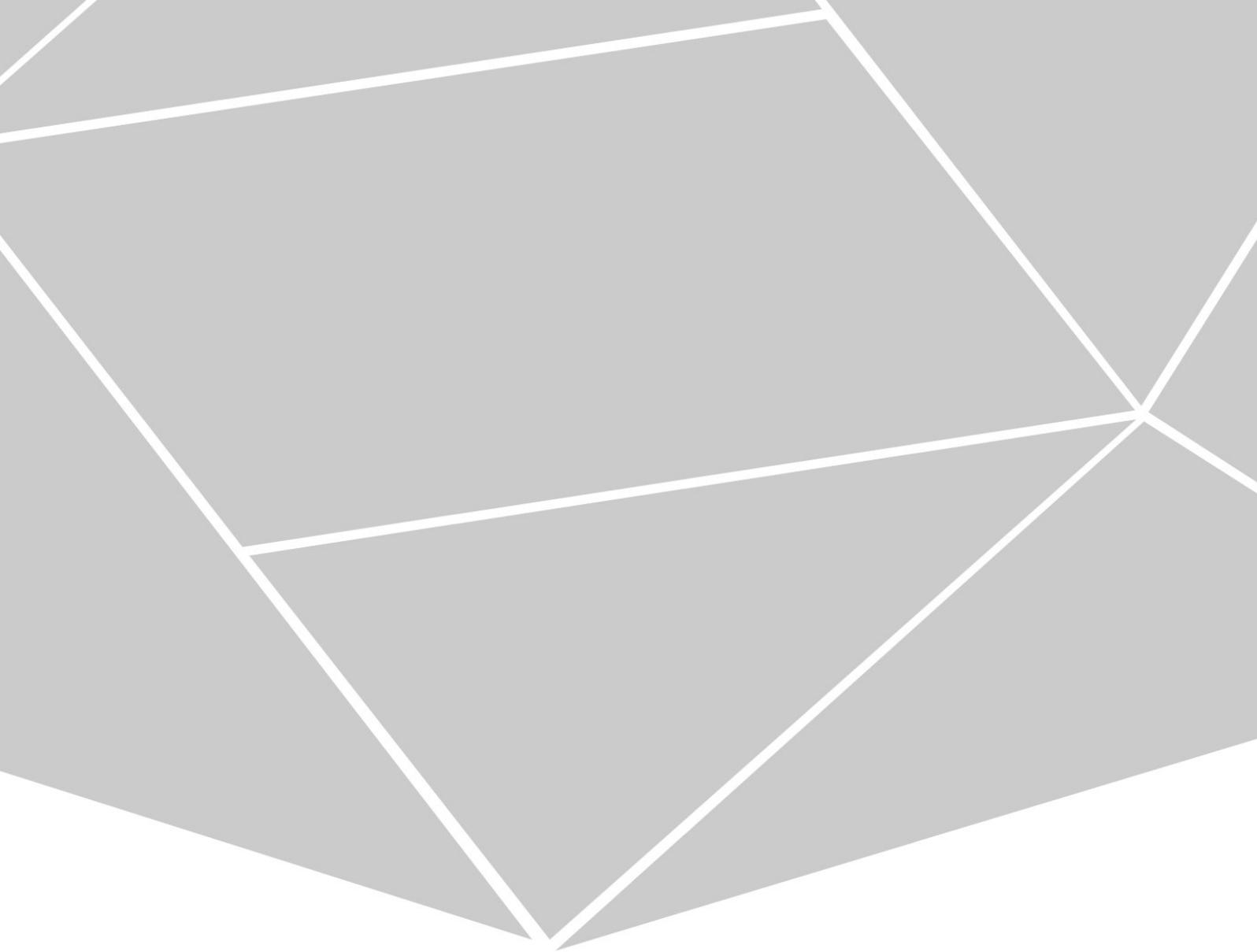
Capítulo 1: Na introdução está disposta a problemática que orienta a pesquisa, as hipóteses, os objetivos e uma breve conjuntura do objeto de estudo.

Capítulo 2: Referencial teórico, que dispõe dos resultados do estado da arte da pesquisa, aborda a conceitualização de impactos ambientais, alterações na qualidade ambiental e da água, parâmetros e legislação pertinente, as dinâmicas de uso e cobertura da terra e os impactos ambientais.

Capítulo 3. Aqui é apresentada a caracterização da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco, a região do Submédio e Baixo São Francisco, onde foi desenvolvido o estudo.

Capítulo 4. Dispõe da caracterização dos principais usos e alterações no solo da bacia, aborda os dados de qualidade da água e relaciona ambos os resultados encontrados, entre os anos de 2016 e 2021 com base nos boletins técnicos de qualidade da água.

Capítulo 5. Estão apresentados os principais conflitos judicializados que ocorrem na região do submédio e baixo São Francisco entre os anos de 2016 e 2020.



INTRODUÇÃO

# CAPÍTULO 1

## 1 INTRODUÇÃO

A relação do homem com o meio ambiente se instituiu sob a égide da simplificação e domínio dos elementos que constituem o espaço, que associado as dinâmicas naturais, refletem em problemas ambientais complexos, que permeiam mais de uma esfera, como a política, social, econômica e física. Alternativas para correção dos danos oriundos dessas alterações requerem estratégias multidisciplinares e com visão sistêmica da estrutura. Debates em torno do ideário de desenvolvimento sustentável se tornam mais recorrentes, na busca por soluções de questões como o esgotamento dos recursos, degradação dos componentes naturais, inviabilização de sistemas produtivos e reflexos nas organizações sociais.

A complexidade ambiental é pautada enquanto central nas discussões sobre investigação de estratégias para a estabilização dos ecossistemas por diversos autores, entre esses, Leff (2001) define o ambiente como “o equilíbrio das relações complexas e sinérgicas gerada pela articulação dos processos de ordem física, biológica, termodinâmica, econômica, política e cultural”. Portanto, não há como pensar em gestão e na capacidade de suporte dos recursos de outra forma que não integrada, inserindo o homem enquanto parte modificadora e acometidos pelas transformações.

Em vista disso, a análise dos impactos das diferentes dinâmicas de uso sobre as bacias hidrográficas constitui como um instrumento de manutenção do desenvolvimento socioeconômico do país. São áreas responsáveis pela captação e distribuição da água resultante das fases do ciclo hidrológico, principalmente, para atividades no setor de geração de energia, agrícola, extrativista,

Estas áreas são responsáveis pela captação da água precipitada resultante das fases do ciclo hidrológico e disponibilidade hídrica para diversas atividades, entre estas, agrícolas, extrativistas, industriais, urbanísticas, no ramo de geração de energia, entre outros. São ainda, locais de significativas contribuições históricas, com interações simultâneas entre seus componentes, alterações nas organizações sociais, no solo, na água e no ar podem implicar em novas relações.

Diante disso, foi definido enquanto objeto dessa pesquisa estudar os padrões de uso e cobertura da terra na variação da qualidade da água e os conflitos ambientais em uma bacia tropical. Para tanto, foi definida a região do Submédio e Baixo curso da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco, uma das mais importantes no país, constitui uma grande fonte para geração

de energia e renda, motivo pelo qual se estabeleceram usinas em toda sua extensão, perímetros irrigados, sistemas de criação de animais, instalação de obras de infraestrutura, entre outros.

O presente estudo pretende apresentar um breve diagnóstico sobre características ambientais de parte importante da bacia hidrográfica do São Francisco, integrando duas regiões fisiográficas e seus respectivos pontos críticos, podendo ser utilizado como instrumento na análise e gestão dos problemas que incidem diretamente sobre a sustentabilidade desta unidade territorial.

### **1.1 Problemática e Justificativa**

A água enquanto recurso indispensável à sobrevivência e ao desenvolvimento de atividades econômicas é também catalizadora de diversas disputas, principalmente, quando associada a falta de planejamento e gestão, o que tem impulsionado questões de difícil solução. Além disso, a demanda por estudos que avaliem as interações entre as atividades e o equilíbrio dos ecossistemas, a aplicação de políticas públicas eficientes na manutenção da qualidade ambiental são fatores limitantes a preservação das bacias hidrográficas no Brasil.

Diversos problemas têm se destacado na bacia hidrográfica do São Francisco, especialmente em seu Baixo curso. A criação do complexo de usinas hidroelétricas impactou diretamente no volume de água e sedimentos disponíveis e conseqüentemente na concentração de compostos na água, sendo este fato, fonte de diversos conflitos entre residentes das margens do rio, que normalmente, desempenham atividades relacionadas aos recursos hídricos.

Outra questão que tem se destacado é o lançamento de resíduos oriundos das cidades, sem tratamento prévio, no rio São Francisco, tendo sido associado à proliferação de Cianobactérias tóxicas, com mancha de 35 km, inicialmente localizada entre os estados a Bahia, Alagoas e Sergipe. Entre outros contribuidores para a poluição das águas, o Estado de Pernambuco tem sido apontado como um dos responsáveis pela eliminação de efluentes em lagoas. Fato que implicou em demanda por medidas de controle com simulações de picos de cheias, realizadas pela CHESF. O local correspondia a área de captação da DESO e da CASAL, resultando em interrupção do abastecimento em alguns locais, além de insatisfações da população afetada.

A expansão das atividades agrícolas, pecuárias e da carcinicultura tem se apresentado também como fator de debates, à medida que eliminam dejetos e resíduos de insumos de maneira inadequada, culminando na degradação da água, do solo e nas comunidades aquáticas. A exemplo, pode-se citar o uso de adubos nitrogenados de maneira inadequada, no qual, reações do Nitrogênio podem resultar na concentração de compostos como nitrito.

A supressão de vegetação e retirada de sedimentos é um dos problemas que mais se destacam quando associados a outras formas de manejo que geram alterações, os quais, incidem diretamente sobre a qualidade da água. É preciso destacar que o processo de antropização ocorre de diversas formas e simultaneamente, visto que a combinação de determinados elementos incide sobre as crises ambientais na bacia.

Fatores de ocorrência natural, como sazonalidade no volume de chuvas, processos erosivos naturais, as mudanças no clima, características de formação do solo, parte da bacia estar inserida em regiões semiáridas, em determinados contextos e conjunturas, podem se relacionar com o resultado das ações humanas e ocasionar impactos diretos e indiretos, como é recorrente no Submédio e Baixo São Francisco.

Quanto aos conflitos ambientais, são mais recorrentes na região do baixo curso, em atribuição a diversos pressores socioambientais, os principais estão relacionados com a intrusão da cunha salina e restrição da atividade de pesca. Em seu Submédio curso, as obras de transposição têm gerado embates entre os moradores ribeirinhos, o que levou a institucionalização, por meio da judicialização. Que além de naturalmente gerar descontentamento dos atores sociais envolvidos, resultam em custos. Alternativas têm sido pensadas com objetivo de reduzir as incongruências, como a atuação do Comitê da Bacia Hidrográfica do São Francisco (CBHSF), na busca pela dissolução através da mediação.

O estudo foi desenvolvido no perímetro que corresponde os estados da Bahia, Pernambuco, Alagoas e Sergipe, entre Sobradinho/BA e Brejo Grande/SE, locais onde ocorrem diversos tipos de uso do solo e da água, área de atuação da Companhia Hidrelétrica do São Francisco (CHESF) e de desenvolvimento de atividades agropecuárias e de extrativismo, destacando-se a atuação da Companhia de Desenvolvimento do Vale do rio São Francisco (CODEVASF).

A pergunta norteadora deste estudo é: como as diversas atividades impactam a qualidade da água e de que forma estas alterações refletem nas estruturas e relações sociais estabelecidas nestes ambientes? Foi elaborada a seguinte hipótese: As ações antrópicas alteram

a qualidade hídrica da bacia. Por fim, definidos os objetivos, foram aplicadas as técnicas de falseamento.

## **1.2 Objetivos**

Objetivo geral:

- Compreender a dinâmica ambiental associada a qualidade da água, variações na cobertura do solo e os Conflitos Socioambientais no Submédio e Baixo São Francisco.

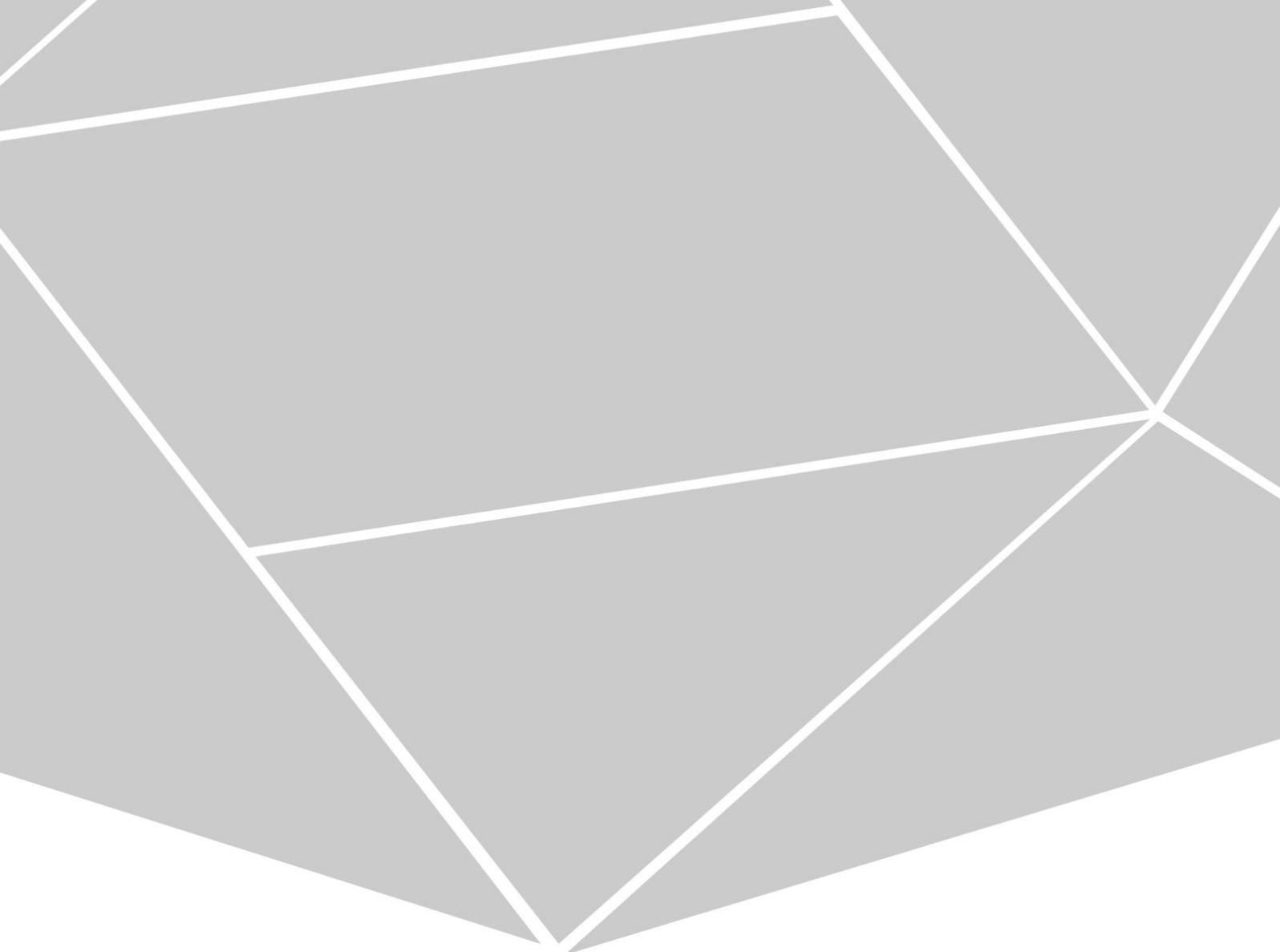
Já os objetivos específicos são:

- Avaliar a qualidade da água com base na análise dos componentes principais;
- Correlacionar uso e cobertura da terra como fator de impacto na qualidade da água;
- Verificar a ocorrência dos conflitos pelo uso da água na região do submédio e baixo São Francisco, associados às alterações na qualidade da água e dinâmicas de uso e cobertura da terra.

## **1.3 Métodos da Pesquisa**

A pesquisa possui natureza aplicada, com fins exploratório-descritivo. Caráter qualitativo. Foram adotados dois métodos na pesquisa, visando compreender o objeto de estudo de formas diferentes. No primeiro passo, o método hipotético-dedutivo por Karl R. Popper (1975) e descrito por Marconi e Lakatos (2003).

Posteriormente, para o capítulo 5, foi adotado o método complexo, de Edgar Morin (1977) como um conjunto de passos que pretende apresentar uma realidade a partir das situações investigadas, reduzindo os efeitos de um problema complexo.



REFERENCIAL TEÓRICO

# CAPÍTULO 2

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Meio Ambiente, qualidade ambiental e antropização.**

As bases epistemológicas em torno do meio ambiente se configuraram de maneira a realizar a disjunção do objeto e sujeito do conhecimento, na ciência moderna, a ideia se restringe a compreensão empírica e funcional, determinando-o enquanto entorno da população e da economia, noções que só podem ser superadas em função de uma nova racionalidade, que o vislumbra enquanto objetividade, subjetividade, interioridade, falta de ser e saber, não se finda em um objeto complexo, mas integra múltiplas identidades e acolhe diferentes racionalidades e imaginários culturais (LEFF, 2010).

Dentro dessa perspectiva Boff (2012) aduz que o ser humano e a sociedade não podem ser pensados se não integrados à natureza em todas as suas dimensões. A natureza se estende além da ideia de gerenciamento de recursos, sob o aspecto do cuidado, da sustentabilidade enquanto fruto do processo educativo, através da redefinição das relações do homem com o interior e o exterior a si, dentro de critérios de equilíbrio ecológico. O caminho para se alcançar tais ideais permeia a demanda por uma transformação paradigmática que reside em conduzir os modos de produção de forma a respeitar os ritmos, as capacidades e os limites da natureza.

Para Hupffer, Mallmann e Weyermüller (2020) as questões relacionadas ao ambiente, principalmente referentes aos riscos e a degradação, não devem ser pensadas de forma linear reducionista e disciplinar, as modificações nas dinâmicas criam instabilidade e incertezas, o que passa a exigir um pensamento que considera a quantidade de elementos que interagem, assim como um tratamento interdisciplinar e transdisciplinar, posto que a natureza é complexa, viva e auto-organizada. Já Benini e Rosin (2017) abordam em termos qualitativos, enquanto a incorporação das dimensões materiais e imateriais, considerando os processos vitais de relações ecológicas, construção e destruição, evolução dos ecossistemas, estando diretamente associado a qualidade de vida.

As relações organizacionais necessitam de complementariedade, à medida que se aumenta a complexidade, se cria e se rejeita o antagonismo, elevando a possibilidade de desorganização, haja vista que a totalidade admite a competição entre os constituintes. As questões relacionadas a crise e problemas ambientais passam pelo colapso na percepção. A

superação se dá também através dessa, no processo de reeducação, pela integração, a partir reincorporação das partes ao todo (MUNÓZ, 2021).

A natureza enquanto autopoietica, ao mesmo tempo em que produz a si mesmo, cria também componentes internos e as estruturas e conexões entre esses. E no mesmo instante em que ocorrem as perturbações, há também as compensações em um processo de automanutenção que produz a ordem e a desordem. Tais processos ocorrem dentro da lógica do observador, visto que a organização busca constante equilíbrio com o meio, tanto diante da perspectiva de mudança quanto de ordem social (RODRIGUES E COSTA, 2021).

O circuito da relação entre as partes e o todo é fechado em parte e aberto em outro sentido, principalmente no que se refere a autonomia, considerando que, ocorrem trocas com o meio, com o tempo e na relação com o observador e conceptor. As primeiras concepções acerca da teoria, preveem os seres vivos enquanto sistemas abertos e organismos vivos que necessitam de extrair energia do seu entorno (LOBON, 2021).

A degradação ambiental surge enquanto produto do contato, conceituada enquanto impacto negativo que altera os ecossistemas, tanto nos processos, funções e nos componentes, modificando seus atributos e oriunda da ação humana (SANCHEZ, 2011). De acordo com Li e Xu (2021), relação direta entre a qualidade ambiental e o desenvolvimento, tendo entre as medidas o Produto Interno Bruto (PIB), com significativas reduções de crescimento regional em função da poluição.

Diversos instrumentos tem sido pensados para assegurar a salubridade dos ecossistemas, garantias e definições jurídicas, associadas a métodos de análise dos impactos tem se estabelecido enquanto recursos na proteção desses ambientes. A Política Nacional de Meio Ambiente institui os padrões de qualidade, enquanto instrumentos necessários ao cessamento da degradação, definida em termos da lei como alterações diversas das características dos ecossistemas. Entre os mecanismos de controle estão os indicadores, que visam assegurar a saúde humana e ecológica (SANTOS et al., 2021).

## 2.2 Impactos das ações antrópicas nos padrões e parâmetros de qualidade da água

Os recursos hídricos consistem em garantias de desenvolvimento social e econômico, sua qualidade e quantidade está associada as condições geológicas, geomorfológicas e das ações humanas. A antropização pode influenciar significativamente na manutenção da sustentabilidade dos ecossistemas, entre as mais impactantes estão o lançamento de cargas de poluição, alterações no uso e cobertura da terra e modificações fluviais (TUCCI, HESPANHOL E NETTO, 2001; GARCIA, et al., 2018).

Sales et al. (2020) destacam a avaliação de componentes físicos, químicos e biológicos na análise de risco à salubridade da água, em especial, quando associados a fatores como a sazonalidade. A natureza da qualidade da água em bacias hidrográficas varia em relação aos processos hidrológico e ambientais, com ênfase no manejo em cada trecho, o planejamento e uso de acordo com a vocação do recurso hídrico são fundamentais ao consumo sustentável. Conferindo aos indicadores importância no processo de monitoramento e tomada de decisão (MIRANDA, 2018; YASEEN et al., 2018).

Os parâmetros utilizados para aferição da sanidade dos ecossistemas seguem além das características de cada elemento, considera os padrões de potabilidade (Portaria 510/04), dos corpos d'água e de lançamento de efluentes (CONAMA 357/2005, CONAMA 430/2011) (BRASIL, 2005;2011). Entre estes aspectos estão a cor, turbidez, sabor e odor, temperatura, pH, alcalinidade, acidez, dureza, ferro, manganês, cloretos, nitrogênio, fósforo, oxigênio dissolvido, matéria orgânica, micropoluentes inorgânicos e orgânicos, organismos indicadores, algas e bactérias, variando conforme os interesses da investigação (VON SPERLING, 2007).

A exemplo, o lançamento de efluentes domésticos sem tratamento adequado e com níveis de constituintes incompatíveis com as características dos corpos receptores, tendo em conta a carga orgânica que carregam. Entre os principais indicadores desse tipo de poluição estão a DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio), DQO (Demanda Química de Oxigênio), o Carbono Orgânico Total (COT) e o oxigênio dissolvido (OD), reduções nos níveis desse último pode implicar em extinção de organismos aeróbios e estão associadas a decomposição da massa, fotossíntese, da oxidação e da nitrificação, responsável pela formação de compostos nitrogenados como o Nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e o Nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ). Já a inserção de OD na água ocorre pela reaeração atmosférica e conversão do nitrato a nitrogênio gasoso (CUNHA e FERREIRA, 2019; VON SPERLING, 2007).

Os processos erosivos, escoamento de fertilizantes da agricultura, dejetos animais, despejos industriais e domésticos atuam aportando grandes quantidades de nutrientes na água. Entre os que ocorrem em maior volume está o nitrogênio, em diferentes formas e estados de oxidação, podendo ser encontrado na água como nitrogênio molecular ( $N_2$ ), escapando para a atmosfera, nitrogênio orgânico (dissolvido e em suspensão), amônia (livre  $NH_3$  e ionizada  $NH_4^+$ ), nitrito e nitrato. É responsável por diversos problemas de toxidez e contaminação, principalmente na forma de amônia e nitrato (CADONÁ et al., 2018; MORAIS JÚNIOR, 2018).

O fósforo também é considerado elemento essencial em diversos processos ecossistêmicos, todavia, concentrações excessivas age enquanto limitante à qualidade hídrica. É transportado por meio da lixiviação e do escoamento superficial, responsável por problemas ambientais como a eutrofização, proliferação de microalgas nocivas e morte de peixes, sobretudo, quando associado a parâmetros como temperatura, OD e potencial hidrogeniônico (pH). Pode ser encontrado nas formas de ortofosfato, polifosfato e fosfato orgânico, seu ciclo se relaciona com outros componentes, como fitoplâncton, macrófitas e sedimentos. Tem origem diversa, tanto de ocorrência natural, como o intemperismo das rochas, fertilizantes, erosão e insumos da criação animal (MERCANTE et al., 2020; TONÉ e LIMA NETO, 2020; CAVALCANTE, ARAÚJO e BECKER, 2018).

Modificadores antropogênicos do regime térmico como descargas aquecidas, modificações de fluxo, remoção de vegetação ciliar e mudanças climáticas globais configuram ameaças aos sistemas aquáticos, afetam o metabolismo e reprodução dos organismos, incidem sobre a fotossíntese de plantas que vivem na água, elevam as taxas de reações físicas, químicas e biológicas, diminuem a solubilidade e aumentam a transferência de gases. A temperatura é condicionada pelas variações sazonais, tendo relação direta com o clima e a incidência de raios solares (DALLAS, 2008; VON SPERLING, 2007).

O potencial hidrogeniônico reflete a concentração dos íons de hidrogênio  $H^+$ , varia na faixa de 0 a 14, podendo indicar condições de acidez, neutralidade ou alcalinidade. Alterações desse parâmetro na água está associado a fatores naturais (dissolução de rochas e fotossíntese ou de atividades humanas (despejos industriais e domésticos)), afetam a distribuição das formas livre ou ionizada, grau de solubilidade e toxidez de diversas substâncias. A faixa adequada situa geralmente entre 6 e 9, valor padrão em todas as classes de enquadramento, com correlação

direta com oxigênio dissolvido e profundidade (GUIMARÃES et al., 2016; ABREU e CUNHA, 2017; FIORE; BARDINI; NOVAES, 2017; VON SPERLING, 2007).

Apesar da alcalinidade não representar riscos à saúde pública e nem consistir em padrões de potabilidade, reflete a capacidade de compostos reagirem e neutralizar ácidos sem mudanças significativas no pH, tem como principais constituintes os bicarbonatos ( $\text{HCO}_3^-$ ), carbonatos ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) e dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), a concentração de carbono inorgânico determina o efeito tampão, sendo que os baixos teores desse, torna as águas mais sensíveis a flutuação do pH. É um importante recurso à preservação das águas, pois está diretamente relacionada a decomposição da matéria orgânica e da liberação de  $\text{CO}_2$  (COELHO et al., 2015; NOLASCO et al., 2020).

A alcalinidade natural das águas superficiais decorre principalmente da presença de bicarbonatos, sobretudo, cálcio e magnésio, oriundos da reação do gás carbônico, resultado da incorporação atmosférica e/ou oxidação da matéria orgânica, bem como da dissolução de rochas e minerais do solo. Enquanto fonte originária da intervenção humana, está o despejo industrial. Apesar de não afetar de forma direta e significativa da qualidade da água, está relacionado com os processos de coagulação, redução da dureza e prevenção de corrosão de tubulações. Processos oxidativos como a nitrificação podem consumir alcalinidade e dar condições a reduções no pH. No Brasil, as medidas estão entre 30 a 500mg/L de  $\text{CaCO}_3$ , porém, em sua maioria, não ultrapassam 100mg/L. Valores elevados podem conferir sabor amargo a água (MEDEIROS FILHO, 2018; LIBÂNIO, 2010; BRASIL, 2006).

A dureza e a alcalinidade se correlacionam ao referirmos a dureza carbonato ( $\text{HCO}_3^-$  e  $\text{CO}_3^{2-}$ ), diferindo da não carbonato, associada a ânions como  $\text{Cl}^-$  e  $\text{SO}_4^{2-}$ , sendo que a primeira é sensível a temperaturas elevadas. É definida enquanto a concentração da cátions multimetálicos em solução, sendo os mais frequentes o cálcio e magnésio ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ), e os menos recorrentes o ferro ( $\text{Fe}^{2+}$ ), manganês ( $\text{Mn}^{2+}$ ), estrôncio ( $\text{Sr}^{2+}$ ) e alumínio ( $\text{Al}^{3+}$ ). A água pode ser classificada como mole (<50mg/L de  $\text{CaCO}_3$ ), dureza moderada (50 e 150 mg/L de  $\text{CaCO}_3$ ), dura (entre 150 e 300 mg/L de  $\text{CaCO}_3$ ) e muito dura (> 300 mg/L de  $\text{CaCO}_3$ ). Embora a legislação brasileira admita teores até 500mg/L de  $\text{CaCO}_3$ , valores superiores a 100 mg/L de  $\text{CaCO}_3$  resultam em problemas de aceitabilidade. A relação de toxicidade e dureza é inversamente proporcional, à medida que reduz o efeito de alguns metais como cobre, zinco, chumbo (LIBÂNIO, 2010; PIRATOBA et al., 2017).

Não há conexão do indicador com problemas sanitários e apesar de essenciais para o desenvolvimento de diversos organismos, valores excessivos de Ca e Mg podem impactar diretamente nos ciclos de determinadas espécies. Além de estar relacionado a incrustações em sistemas que possuem água quente, reduzir formação de espumas e proporcionar sabor desagradável. Atividades antrópicas como a mineração, extração de petróleo e gás e agricultura, podem estar relacionadas com as alterações em seus teores, além da própria composição geológica (BOGART, AZIZISHIRAZI & PYLE, 2018).

A turbidez está associada ao aporte de sedimentos, principalmente, em consequência a erosão e despejos de dejetos, com posterior transporte das partículas para a água, tais porções interferem na passagem de luz. Entre os principais compostos estão o silte, a argila, a areia e a matéria orgânica. A agregação desses, dá origem a colóides que transferem aparência turva. Entre os impactos da elevação da variável estão a inviabilização do consumo e o dano aos ecossistemas, como a redução da fotossíntese para de plantas submersas e algas, além de interferir no metabolismo de determinadas espécies de peixes. O uso de práticas conservacionistas pode implicar em valores menores, pois, reduz a perda de solo e a contaminação. Apesar de admitidos valores até 100 NTU/100 mL, quando destinada ao consumo, não deve exceder 5 NTU/100 mL (VISCHI FILHO et al., 2016; SARI et al., 2017, GUIMARÃES et al., 2017).

Para Moraes et al. (2020) os sólidos presentes na água podem estar diretamente relacionados com o fator turbidez, os sólidos totais se ramificam nas frações suspensa (sólidos suspensos totais, sólidos suspensos voláteis e sólidos suspensos fixos) e dissolvida (sólidos totais dissolvidos, sólidos dissolvidos voláteis e sólidos dissolvidos fixos) se relaciona com parâmetros como demanda química de oxigênio solúvel, demanda bioquímica de oxigênio solúvel, condutividade elétrica e outros.

Tais frações são determinadas diante de operações de secagem, calcinação e filtração, enquanto divisão prática, das parcelas maiores e menores, sendo esta última correspondente as partículas dissolvida ou não filtráveis, as quais, conferem a cor verdadeira das águas naturais e o padrão de potabilidade, diante da Portaria MS nº 888, de 04/05/2021 limita a concentrações de 1000 mg/L, já o CONAMA nº 357/2005 o valor é de 500 mg/L, visto que o excesso da substância resulta em problemas como salinização do solo (LIBÂNIO, 2010; PIVELI e KATO, 2006).

Os padrões de qualidade da água estabelecem os limites operacionais garantindo os usos pretendidos, podem ser fundamentados por dados experimentais, epidemiológicos, exposição, sendo produtos da análise de risco, a escolha de cada substância para compor os estudos de qualidade sofre variação em torno dos objetivos definidos, a finalidade do corpo hídrico e as fontes poluidoras, considerando ainda, a legislação vigente (VASCO, 2011).

### **2.3 Legislação Brasileira e a Tutela dos Recursos Hídricos**

O instrumento legislativo precursor no gerenciamento dos recursos hídricos no Brasil foi o Código das Águas, instituído em 1934 através do decreto nº 24.643, teve como objetivo ajustar os usos aos interesses da coletividade nacional, considerando que até então a legislação com orientações de redirecionamento dos fins adequados era obsoleta. A medida legal orientava o consumo, a administração financeira, a cobrança, a fiscalização e a punição das impraticabilidades efetuadas, atribuindo a água caráter de insumo à geração de capital. Caracterizava as águas enquanto públicas, dominicais e privadas, determinava a gestão centralizada e que essas, deveriam atender o projeto de desenvolvimento hidroelétrico, a partir da intervenção do estado no setor durante o governo de Getúlio Vargas (1930 – 1945) (OLIVEIRA, 2018; SANTOS et al., 2021).

É composto por 3 livros, “Águas em geral e sua propriedade”, “aproveitamento das águas” e por fim, “forças hidráulicas – regulamentação da indústria hidrelétrica”. Dentre a diversidade de temas abordados, destacam-se as águas doces, marinhas, superficiais, subterrâneas, pluviais, contaminação, poluição, margens e álveos, navegação e hidroelétrica. Bem como, os usos distintos, entre estes, caça e pesca, agricultura, industrial e setor elétrico. Ainda, prevê sua concessão, autorização, aproveitamento, fiscalização e penalidades (BRASIL, 1934).

Conforme Santos et al. (2021) até então a proteção dos recursos hídricos foi associada ao desenvolvimento econômico, considerando seus aspectos quantitativos, permitindo sua violação, bem como, recorria a medidas brandas para contaminação em casos de demonstrações de interesse da agricultura ou indústria, diante de autorizações administrativas. Entretanto, configurou um marco importante para mudanças econômicas e sociais, iniciando uma Política Nacional de Gestão das Águas, decorrendo mais tarde, a partir da Constituição de 1946, na

alteração no domínio das águas, alargando a competência da União e designando novas atribuições ao estado.

Em 1984 surge o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), a partir de desdobramentos e debates para a instituição da lei Política Nacional do Meio Ambiente (lei 6.938 de 1981). Diante disto, o CONAMA adota medidas consultivas e deliberativas e é publicada a Resolução nº 20 do CONAMA que propõe o enquadramento dos corpos hídricos, condições e lançamento de efluentes, assegurando usos preponderantes e compreende a importância da manutenção do bem estar e saúde humana e equilíbrio ecológico, com classificação das águas doces, salinas e salobras, controle de poluição e seus custos. Foi alterada pelas Resoluções do CONAMA nº 274 de 2000, 357 de 2005 e 430 de 2011, sendo que os padrões de análise são baseados critérios definidos por órgão norte-americanos (XAVIER, 2020).

Diante da esfera de inserção das políticas de proteção aos recursos hídricos brasileiros, os instrumentos legislativos passam a tutela do bem, enquanto direito fundamental do homem e que demanda níveis de salubridade para manutenção dos processos ambientais, dentro do cenário de debates, a Constituição de 1988, apesar de suas limitações, representa um dos principais recursos de mudanças conceituais na governança das águas, em seu artigo 225 destaca à proteção ao direito do meio ambiente equilibrado, enquanto bem de uso comum e atribui ao Poder Público e a coletividade o dever de protegê-lo (AITH e ROTHBARTH, 2015; SOUZA, 2017).

Para Villar e Granziera (2019) a Constituição Federal de 1988 e a Lei 9433 de 1997 (Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), consolidaram o entendimento das águas enquanto de domínio público partilhado entre estados e União, extinguindo a ideia de águas particulares, configurando então, novos paradigmas na gestão ambiental e proteção das águas, instituindo a preservação e restauração dos processos ecológicos, espaços territoriais, estudos de impacto para o desenvolvimento de obras e atividades, controle de técnicas e substâncias que apresentem riscos a vida e ao meio ambiente, educação ambiental, proteção de fauna e flora, entre outros dispositivos.

A PNRH contempla um marco na segurança hídrica, a partir de definição de estratégias de gestão e monitoramento das águas, de interesse estatal, sistema centrado no desenvolvimento da bacia hidrográfica como unidade físico territorial, com nível elevado de complexidade técnica e geográfica, ainda assim, são inúmeros os desafios de aplicação das políticas de ações

no setor hídrico, inviável sem que associada a um escopo técnico-metodológico, político e jurídico (BEREZUK, 2020).

A compreensão da natureza das interações dos compostos e seus impactos é objeto de frequentes estudos, o que implica em demandas por atualização nos dispositivos, essencialmente os que abordam os valores referência para qualidade. Com ênfase nisso, entre outras alterações, a Resolução 357 de 2005 se efetiva como o principal regimento regulador, substituindo e alterando critérios da Resolução 20 de 1987, com enfoque na incorporação e atualização dos limites, elevação do rigor em torno do enquadramento em classes de acordo com os fins a que se destinam os recursos, com consequente redução dos valores admitidos diante de substâncias com potencial de toxidez, estabelecimento de metas obrigatórias que assegurem a compatibilidade entre a salubridade e os usos mais exigentes, bem como, alternativas para reduções nos custos de combate à poluição (SILVA e ALBUQUERQUE, 2018).

Em seu capítulo III, para as Condições e Padrões de Qualidade das Águas, os padrões determinados tem como critério os valores individuais de cada elemento, que não considera a relação entre os elementos, e que essa, não deve conferir as águas capacidade de ocasionar efeitos letais, alterações no comportamento, reprodução ou fisiologia da vida, assim como, restringir os usos preponderantes previstos, o que implica na determinação de inclusão de novos parâmetros caso haja possibilidade de comprometimento dos cursos de água, considerando os ambientes nos quais estão inseridos e características como vazão, autodepuração do corpo receptor, entre outras (BRASIL, 2005).

Quanto a alteração e complementariedade da Resolução 430 de 2011 em relação a 357 de 2005, define modificações nos padrões de lançamento de efluentes, entre outras atribuições, considerando tecnologias adequadas ao corpo receptor. Traz ainda, a realização dos estudos ambientais com fundamentação técnica, tratamentos, podendo somente ser lançado diretamente caso obedeçam às condições e padrões previstos na referida lei. Entretanto, a permissividade principalmente quanto ao parâmetro nitrogênio reflete em prejuízos ambientais, há contrassenso entre as legislações existentes em alguns pontos, a exemplo, para o critério nitrogênio amoniacal total, enquanto no primeiro não há balizar estabelecido para componente, no segundo estabelece limite de 13,3 mg/L (MAUS, 2020).

Além dos dispositivos legais citados, devemos considerar as normas para saneamento básico e proteção ambiental, que implicam diretamente na qualidade da água, a exemplo,

especificações de qualidade diante do fim de consumo, com destaque a Portaria 888/21 do Ministério da Saúde, diante da faixa que assegura a potabilidade e o consumo humano, sendo esse, uso preponderante do recurso, designando assim, as substância e valores relacionados à riscos e comprometimento hídrico (FORTES, BARROCAS e KLIGERMAN, 2019).

É necessário ressaltar a importância que os debates e a proteção jurídico-normativa possuem na garantia da manutenção da água em quantidade e qualidade suficientes para a manutenção das atividades econômicas e bem-estar social. Apesar das alterações que sofreram, o Código das Águas de 1934 e a Lei 9.433 de 1997 ainda são referência diante dos avanços na gestão dos recursos hídricos. Entre outros, os padrões para águas superficiais, subterrâneas, destinadas ao consumo, incidem assegurar que haja comprometimento com a preservação dos recursos hídricos. Entretanto, a fiscalização de diversos cursos brasileiros reflete a incompatibilidade entre o que se prevê e o aplicável, diante das práticas de manejo e da sazonalidade do regime hidrológico (PARCIO e CARAMELLO, 2020; GUIMARÃES et al., 2016).

#### **2.4 Análise dos Componentes Principais para Parâmetros de Qualidade da Água**

A estatística multivariada é uma forma de analisar simultaneamente componentes dentro de um objeto de estudo, composta por técnicas, entre estas a Análise Dos Componentes Principais (ACP), uma modelagem de estrutura de covariância. Com destaque para sua aplicação na análise da qualidade da água. Foi descrita por Pearson (1901) e complementada por Hotelling (1933, 1936) com uso de métodos computacionais práticos. Consiste ainda em uma técnica que “[...] transforma linearmente um conjunto original de variáveis, inicialmente correlacionadas entre si, num conjunto substancialmente menor de variáveis não correlacionadas que contém a maior parte da informação do conjunto original” (HONGYU, SANDANIELO E OLIVEIRA JÚNIOR, 2015, p. 83).

O processo se dá minimizando a perda de elementos, criando novas constituintes não corrigidas que maximizam a variância, através dos autovalores e autovetores de uma matriz. A técnica que implicou em avanços quanto aos procedimentos metodológicos adotados para grande volume de dados, entre os quais, estão os binários, ordinais, composicionais, discretos, simbólicos, de estrutura especial, séries temporais ou matrizes comuns de covariância, permitindo compreensões gerais e adaptativas (JOLLIFFE e CADIMA, 2016).

Pretende a partir disso, apresentar as principais fontes de alterações, tendências, reconhecimento de padrões e relacionar aos diferentes ambientes e cenários. Possui aplicação distinta, conforme o objetivo de pesquisa, pode ser utilizado isolado ou associado a índices, principalmente no processo de adaptação desse. É comumente demandado para análises ambientais, como na avaliação da poluição (CENTENO e CECCONELLO, 2016; ROCHA e FERREIRA, 2016; PINTO, 2015).

Rocha e Pereira (2016) ao destacarem a seleção de parâmetros, de 13 definidos, 5 foram excluídos, por não apresentarem fontes significativas de variância, tornando assim, a análise adequada e específica ao corpo hídrico que se estuda. Além de ser uma ferramenta que dialoga com outros recursos utilizados na avaliação ambiental. Se configura enquanto aparato na gestão dos recursos hídricos justamente por apresentar a propensão de fatores que a longo prazo podem se elevar ou reduzir diante dos fenômenos apresentados e permitir planejamento com base nos indicativos (FINKLER et al.; 2015).

As variáveis hipotéticas são definidas enquanto componentes, que agrega os dados, combinados linearmente, reduzindo a dois componentes significativos, os eixos principais, que explica maior fonte de variação e define o ponto de corte, sendo que os mais importantes podem estar correlacionados a outros elementos, caso estejam na mesma dimensão. Os componentes significativos são ordenados a partir da combinação linear da variação, o valor residual é distribuído em um novo eixo, que se apresenta ortogonal ao primeiro (HAMMER, 2012; GOTELLI e ELLISON, 2012; MATOS e CASTILHO, 2019; SCHNEIDER, 2018).

Entre diversos algoritmos utilizados para calcular o PCA, o mais comum consiste na organização dos dados da medição de uma matriz  $n$  (número de amostra)  $\times$   $m$  (variável ou dimensões medidas), caso necessário, ocorre divisão pelo desvio padrão na normalização e redução da sensibilidade da ferramenta a diferença de escala entre dimensões. Posteriormente, calcula-se a matriz de covariância, apurando os autovalores e autovetores associados a essa matriz, ordenados os autovalores e autovetores, no qual, o último é o componente principal e o anterior, o segundo componente, para fins de análise, são descartadas as componentes menores (ROSSI, 2017).

A visualização dos gráficos de dispersão dos tratamentos se dá pela representação dos indivíduos ou diante do círculo das correlações, a união destas é definida pelo *biplot*, apresentando matriz de dados em espaço bi ou tridimensional, no qual, as linhas e as colunas são representados por pontos, permitindo visualizar as variâncias e as covariâncias das variáveis

em um conjunto de eixos relacionados, sendo estes, os primeiros componentes (MICARONI et al., 2018; GARCIA, 2015).

## **2.5 Padrões de Uso e Cobertura da Terra e os Impactos Ambientais em Bacias Hidrográficas.**

As bacias hidrográficas podem ser compreendidas como a região de um território por seus diversos cursos d'água delimitados pelos divisores topográficos. Este território funciona como uma bacia captando a chuva que cai no seu interior, parte escoar pela superfície e parte infiltra no solo. A água superficial escoar até um curso d'água (rio principal) ou um sistema conectado de cursos d'água afluentes; essas águas, normalmente, são descarregadas por meio de uma única foz (ou exultório) localizada no ponto mais baixo da região. Da parte infiltrada, uma parcela escoar para os leitos dos rios, outra parcela é evaporada por meio da transpiração da vegetação e outra é armazenada no subsolo compondo os aquíferos subterrâneos (ANA, 2011).

Definidas pela lei 9433 da seguinte forma: “a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos” (BRASIL, 1997), configurando, unidades de planejamento, gestão e governança dos recursos hídricos, áreas complexas, considerando o conjunto de elementos que a compõe e das relações estabelecidas entre eles (LIMA e NERY, 2017).

As distintas estruturas de uso e cobertura da terra são resultado do equilíbrio entre os processos naturais e antrópicos. A exemplo, o processo de urbanização, supressão da vegetação, uso agrícola e outros. Local de ocorrência de impactos ambientais, tendo enquanto principais, o aporte de matéria orgânica, acúmulo de nutrientes, presença de contaminantes nas águas superficiais e subterrâneas, produção de sedimentos, alterações no escoamento superficial, incidindo sobre o ciclo hidrológico, feições erosivas, desequilíbrio nos ecossistemas, entre outros (CORNELLI et al., 2016; NUNES e ROIG, 2014).

Estas dinâmicas de cobertura da terra devem estar contidas no planejamento regional e local, tendo em vista sua capacidade de promoção do desenvolvimento social e econômico associado a proteção dos recursos hídricos, quanto a manutenção da qualidade e quantidade, de forma a promover a sustentabilidade (HELBRON, 2011). Corroborando com esta afirmação

discorre Ascuitti, Stanganini e Melanda (2019) “a ocupação do solo desenvolvida pelo ser humano sem planejamento e incompatível com as características naturais de um determinado local, vem ocasionando impactos ambientais” (p.2539).

Para Tucci, Hespanhol e Cordeiro Netto (2001) em nível nacional, os principais impactos ambientais associados aos recursos hídricos são oriundos de atividades como: “[..] despejos de efluentes domésticos e industriais nos rios; b) contaminação difusa pelo uso de fertilizantes e pesticidas de áreas agrícolas; c) degradação do solo rural pelo desmatamento e práticas agrícolas inadequadas; d) construção de obras hidráulicas; e) operação de aterros sanitários; f) contaminação de aquíferos; g) mineração” (p.75).

Para Silva, Moreau e Daltro (2020) alterações antrópicas como desmatamento das matas ciliares, poluição de rios, modificações das paisagens, degradações do solo, acréscimo de estruturas urbanas são alterações comuns às bacias hidrográficas que incidem diretamente sobre a qualidade dos ambientes, recursos como ferramentas de geoprocessamento de imagens podem ser inseridas no contexto de monitoramento e auxílio a mitigação dos impactos.

O geoprocessamento de imagens é o processamento de dados georreferenciados executados por sistemas específicos, denominados normalmente como Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), que processam dados gráficos e não gráficos com base, principalmente para análises espaciais e modelagens de superfícies, os quais, podem ser aplicados na produção de mapas, para análise espacial de fenômenos, com banco de dados geográficos no armazenamento, recuperação e informação espacial. As informações espaciais são obtidas através de satélites, fotografias aéreas, “scanners” (INPE, 2006).

O mapeamento de cobertura e uso do solo permite quantificar as alterações espaciais antrópicas e naturais, o uso de imagens de satélite são amplamente difundidos, principalmente os da série Landsat - 8 e Sentinel – 2 que são os mais avançados, com dados disponíveis gratuitamente para uso no sensoriamento remoto e apresentando boa qualidade de resolução (SILVA et al., 2020).

A classificação dos dados de uso do solo a partir do sensoriamento remoto depende de fatores como a resolução espacial, radiométrica, espectral e temporal dos diferentes sistemas de sensores. Já o enquadramento da área a classe de uso da terra depende da escala e resolução dos dados originais, assim como da escala de compilação e apresentação dos dados (VAEZA et al. 2010). Pollo et al. (2019) abordam que as imagens de satélite podem auxiliar na análise, interpretação e quantificação da dinâmica ambiental, monitorando uso e cobertura da terra, na

observação da vegetação, podendo ser utilizada como recurso para busca pelo desenvolvimento sustentável, as quais, tais características interferem em potenciais impactos nos recursos hídricos.

A chave de classificação de uso e cobertura pode ser dividida em corpos d'água, construções, edificações, solo exposto, já as categorias vegetativas, pode ser de acordo com as características do extrato arbóreo, em áreas florestais, mata de galeria e ciliar, reflorestamento, vegetação agrícola e outros. Sendo que o mapeamento pode ocorrer seguindo as etapas: construção das chaves de classificação, obtenção dos dados de entrada, classificação das imagens, análise da classificação temática e análise dos dados (NUNES e ROIG, 2014).

Kholifah et al. (2020) apresenta os passos para o mapeamento utilizando como fonte de dados o satélite Sentinel-2, destacando passos metodológicos para uso da ferramenta, a partir dos procedimentos de aprimoramento, recorte, registro e classificação. Acerca deste último destaca:

[...] A classificação consiste em tarefas de pré-processamento, processamento e pós-processamento. Em seguida, os resultados da classificação avaliados por matriz de confusão (precisão geral e kappa). Além disso, os mapas temáticos são produzidos a partir de as classificações não supervisionadas e supervisionadas são então comparadas aos mapas temáticos existentes e dados estatísticos. O método não supervisionado usa algoritmo de iso-dados e produz cinco (5) classes de usos da terra, ou seja, (1) silvicultura e plantação; (2) área de acúmulo, (3) arrozal irrigado, (4) áreas rurais não irrigadas (ladang / tegalan). O método não supervisionado fez a precisão geral = 79% e precisão kappa = 72%. Os métodos supervisionados usam algoritmos de máxima verossimilhança e produzir seis (6) classes, ou seja, (1) silvicultura - plantação; (2) área urbana ou construída, (3) irrigada arrozal, (4) áreas rurais não irrigadas, (5) terras marginais secas e (6) corpo d'água [...] (p1).

Ascuitti, Stanganini e Melanda (2019) traz um passo a passo metodológico para produção dos mapas, consistindo no pré-processamento da imagem de satélite, por meio de complemento SCP no QGis, sendo realizado o ajuste de refletância e correção atmosférica, criação de um “bandset” com as bandas espectrais e delimitação da área da bacia hidrográfica. Posteriormente realização da classificação supervisionada, obtendo as assinaturas espectrais do

uso e cobertura, o pós-processamento, constitui na análise da confiabilidade dos dados, utilizando ainda complemento SCP e índice Kappa (K).

## 2.6 Percepção e os Conflitos Ambientais

As dualidades sociedade/natureza e homem/natureza estabelecidas pela sociedade de consumo apresentam diversas implicações ao bem-estar no que diz respeito à saúde psíquica, corporal e ambiental, assumida pelo ecologismo. Podendo os efeitos dessa relação serem mitigados no horizonte de sustentabilidade e do equilíbrio eco-energético dos seres vivos, pelo respeito aos processos e leis naturais como instrumento de reaproximação com a natureza. (CARVALHO E STEIL, 2009).

Para Miranda (2003), a relação do homem com a natureza se constituiu no sentido de apropriação da Natureza, a qual ocorre de diversas formas, seja social, de recursos, sendo que interferem sobre a conservação destes e nas formas de regulação de uso. Tal visão de domínio se estende para diversas regiões e geram má distribuição e conflitos de uso da terra, água, capital. A centralização destes, afetam de forma estrutural as relações, sendo que os que não possuem o suficiente a sua sobrevivência precisam estabelecer estratégias para manter a reprodução social nestas áreas. Sendo esta, ainda conforme o autor, em análise dos trabalhos de Raynaut (1994) e Barel (1973), como um processo global composto por subprocessos, relacionado às dimensões material, social, cultural e geográfica.

No artigo de Hirooka (2015) são inseridos os conceitos de “espaço de recurso” e “estrutura de recurso” de Clarke (1997) e Lanata (1993), refletindo o espaço a partir da distribuição diferencial de recursos, sendo o próprio espaço um recurso em si e considerando a concentração de flora, fauna, rochas e demais componentes naturais, já a definição para o segundo termo elege cinco elementos chaves: previsão, distribuição, densidade, disponibilidade e diversidades dos recursos em determinadas áreas, relatando a demanda pela observação na variação destes no tempo. Visto a compreensão de espaço como recurso, incluindo todos seus elementos, que interferem na composição total, à medida que, às variáveis da estrutura de recurso são alteradas. Sendo então o elemento água, em sua concentração, disponibilidade, distribuição, um elemento que pode sofrer em alterações ao longo do tempo e que estas alterações implicam em novas características ao ambiente.

No estudo de Sartore, Pereira e Rodrigues (2019) é apresentada a existência de diferentes perspectivas em relação ao ambiente, os autores refletem em como, os interesses de uso que orientam e fundamentam as percepções, em muitos casos podem refletir em conflitos, nos quais, os atores confrontam diferentes formas de entender a realidade e o ambiente. Acerca de como se constituem tais perspectivas, Luhmann (1983) afirma:

Cada experiência concreta apresenta um conteúdo evidente que remete a outras possibilidades que são ao mesmo tempo complexas e contingentes. Com complexidade queremos dizer que sempre existem mais possibilidades do que se pode realizar. Por contingência entendemos o fato de que as possibilidades apontadas para as demais experiências poderiam ser diferentes das esperadas; ou seja, que essa indicação pode ser enganosa por referir-se a algo inexistente, inatingível, ou a algo que após tomadas as medidas necessárias para a experiência concreta (por exemplo, indo ao ponto determinado), não mais lá está. Em termos práticos, complexidade significa seleção forçada, e contingência significa perigo de desapontamento e necessidade de assumir-se riscos (p. 45-46).

Além disto, a ambientalização também gera percepções do ambiente e influenciam na construção de estudos que avaliem as características físico-químicas, ambientais e sociais dentro dos ambientes naturais, permitindo a construção de índices e leis que permitam a garantia da manutenção da qualidade ambiental. Neste sentido, as diferentes formas de uso e a construção de novas percepções dentro do processo de ambientalização, geram conflitos sociais, e estes, conforme Lopes (2006) p. 45 que apresenta:

Se os conflitos socioambientais locais promovem uma interiorização dos direitos e dos argumentos ambientais, pressionando por leis e controles estatais e ao mesmo tempo sendo alimentados por tais instrumentos estatais, por outro lado, a ambientalização como processo de interiorização de comportamentos e práticas se dá através da promoção da “educação ambiental”, uma atividade explicitamente escolar ou paraescolar, mas também comportando formas de difusão por meios de comunicação de massa.

O autor ainda descreve o processo de ambientalização relacionado as reivindicações, conquista e institucionalidades ambientais em contraposição ao processo de devastação, como a “destruição progressiva dos recursos ambientais” esta, assumindo o processo de expropriação dos grupos sociais “tradicionais”.

Conforme Aguiar (2010), o estabelecimento do Princípio de Unidade de La Blache (1985) que apresenta que a noção de unidade encontra correspondência entre os fenômenos

observados na superfície terrestre e comparados entre si, à análise destes elementos, suas combinações compõe a estrutura da pesquisa geográfica. Sendo assim se estabelece um ciclo, no qual as alterações no meio realizadas pelo homem provocam alterações na organização social e conseqüentemente geram novas alterações no meio, qualquer fator que altere algum destes elementos, pode gerar novas características e processos, que precisam ser estudados, por exemplo, alterações na posse da água geram novas atividades agrícolas e econômicas? Estabelecem novas relações de poder? Podem alterar os ambientes?

Para Bluhdorn (2011) o declínio ecossistêmico pode implicar em injustiças ambientais e aumento dos conflitos sociais, sendo que, em algumas situações, usam-se mecanismo para justificar e manterem a insustentabilidade, que nem sempre ocorre de forma intencional, podem variar conforme percepções a partir de concepções internalizadas.

Luhmann (2006), refletindo a teoria dos sistemas, apresenta a relação entre sistema e meio ambiente, no qual, cada sistema se reproduz dentro de uma estrutura própria, a partir da percepção. Ainda, aponta para a comunicação como elemento base, sendo o direito um subsistema social, visto que, os conflitos pressupõem a construção de sistemas inseridos em sistemas maiores, no qual, existem atores com ideias opostas e contradição de expectativas em relação ao mesmo objeto.

As conexões estabelecidas na construção dos conflitos configuram fatores de impacto ambiental, surgem a partir de diferentes formas de compreender o espaço, que se dão das experiências e perspectivas diferentes sobre o mesmo objeto, as quais, se conectam por causalidade e formam estruturas, justificativas e reflexos, que podem refletir de diversas formas no espaço, para isto, é apresentado o mapa mental da Figura 1, sendo esse, uma ferramenta de planificação que auxilia na organização e análise dos dados qualitativos (PIMENTEL e PESSI, 2019).

Figura 1. Mapa mental de estruturação dos conflitos ambientais.



Fonte: Autoria própria, 2020.

O que corrobora com Oliveira, Zanquim Junior e Espíndola (2016), no qual, apresenta que, o poder judiciário assumiu função de tutela do meio ambiente, a partir de medidas judiciais tentam promover a proteção e reparação. Porém, o asoerbamento do sistema, inaplicabilidade das políticas públicas e morosidade judiciária refletem na ineficiência do sistema. Os autores ainda apontam para medidas alternativas e extrajudiciais que visam desafogar nas tutelas emergenciais e reduzir os impactos ambientais.

## 2.7 Referências

- ABREU, C.H.M.; CUNHA, A. C. Qualidade da água e índice trófico em rio de ecossistema tropical sob impacto ambiental. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, [S.L.], v. 22, n. 1, p. 45-56, 13 out. 2016. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522016144803>.
- ASCUITTI, G.A.M; STANGANINI, F.N; MELANDA, SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO., 19., 2019, Santos/sp. **Identificação dos diferentes usos e ocupação do solo da Bacia Hidrográfica do rio Quilombo, São Carlos/SP. Utilizando imagens do satélite SENTINEL-2 e o complemento SCP do QGis**. Santos/sp: Inpe, 2019. 2542 p.
- AGUIAR, T. C. A Concepção Sociedade/Natureza Redimida Pela Questão Ambiental Contemporânea. **Geo Uerj**, [S.N], v. 2, n. 21, p. 1-19, 2010.
- AGUIAR NETTO, A. O.; MOURA JUNIOR, E. B. Conflitos ambientais e processos judiciais na bacia hidrográfica do rio Sergipe. **Scientia Plena**, São Cristóvão, v. 7, n. 1, p. 1-16, 2011. Disponível em: <https://www.scientiaplena.org.br/sp>. Acesso em: 10 jan. 2020.
- AITH, F. M. A.; ROTHBARTH, R. O estatuto jurídico das águas no Brasil. **Estudos Avançados**, [S.L.], v. 29, n. 84, p. 163-177, ago. 2015. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0103-40142015000200011>.
- ALEXAKIS, D., TSIHRINTZIS, VA, TSAKIRIS, G.; GIKAS, G.D. Adequação dos índices de qualidade da água para aplicação em lagos no Mediterrâneo. **Water Resour Manage** 30, 1621–1633 (2016). <https://doi.org/10.1007/s11269-016-1240-y>. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s11269-016-1240-y>>. Acesso em fevereiro de 2021.
- BENINI, S. M., & ROSIN, J. A. R. de G. (2017). Qualidade Ambiental Urbana. **Periódico Técnico E Científico Cidades Verdes**, 5(11). <https://doi.org/10.17271/2317860451120171568>.
- BEREZUK, A. G. Por uma maior aplicabilidade do Sistema de Gerenciamento de Gestão de Recursos Hídricos do Brasil: criando uma estrutura de gerenciamento de recursos hídricos para uma Bacia Hidrográfica. **Revista Pantaneira**, V. 17, p. 55-70. UFMS, Aquidauana-MS, 2020.
- BLÜHDORN, I. The Politics of Unsustainability: cop15, post-ecologism, and the ecological paradox. **Organization & Environment**, [S.L.], v. 24, n. 1, p. 34-53, mar. 2011. SAGE Publications. <http://dx.doi.org/10.1177/1086026611402008>.
- BOFF, L. **Sustentabilidade: O que é - O que não é**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2012. 200 p. ISBN 978-85-326-4298-1.
- BOGART, S. J.; AZIZISHIRAZI, Ali; PYLE, Greg G. Challenges and future prospects for developing Ca and Mg water quality guidelines: a meta-analysis. **Philosophical Transactions of The Royal Society B: Biological Sciences**, [S.L.], v. 374, n. 1764, p. 20180364, 3 dez. 2018. The Royal Society. <http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2018.0364>.
- BRASIL. Agência Nacional de Águas (ANA). **O Comitê de Bacia Hidrográfica: o que é e o que faz?** Brasília: SAG, 2011. 64 p. 2011. Disponível em: <https://capacitacao.ana.gov.br/conhecerh/handle/ana/86>. Acesso em: 17 dez. 2020.

BRASIL. **Decreto nº 24.643**, de 10 de julho de 1934. Código das Águas. 1934. Disponível em:> <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>. Acesso em: 10 de julho de 2020.

BRASIL. **Lei nº 6.938**, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências, Brasília, 1981. Disponível em:< [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l6938compilada.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938compilada.htm)>. Acesso em dezembro de 2020.

BRASIL. **Lei nº 9.433**, de 8 de janeiro de 1997. Diário Oficial da União, Brasília, 9 jan. 1997.

BRASIL. **Lei nº 9.984**, de 17 de julho de 2000. Diário Oficial da União, Brasília, 18 jul. 2000.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Secretaria de Vigilância em Saúde. Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano/ Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde**. – Brasília: Ministério da Saúde, 2006. 212 p. – (Série B. Textos Básicos de Saúde).

BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, Secretaria de Planejamento e Investimentos Estratégicos - SPI. **Indicadores de programas: Guia Metodológico**. Brasília: MP, 2010.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental**. Resolução nº 001, de 23 de janeiro de 1986.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução Nº 357, de 17 de março de 2005. Diário Oficial da União nº 053, Brasília, p. 58-63, 2005.

CADONÁ, E. A.; LOURENZI, C. R.; SOUZA, E. L. de; RAMPINELLI, E. C.; SANTOS, M. L. dos; SETE, P. B.; SOARES, C. R. F. S. Contaminação Por Nitrogênio E Fósforo de Águas Destinadas ao Consumo Humano em Região com Intensa Atividade Suinícola. **Geociências**, São Paulo, v. 37, n. 4, p. 883-891, 2018.

CAPRA, F. **A teia da vida: uma nova compreensão científica dos sistemas vivos**. Tradução de Newton Roberval Eichenberg. 10ª reimpressão. São Paulo: Cultrix, 2006.

CARVALHO, I. C. de M.; STEIL, C. A. O Habitus Ecológico e a Educação da Percepção. **Educação e Realidade: fundamentos antropológicos para a educação ambiental**, Sn, v. 3, n. 34, p. 81-94, 2009.

CAVALCANTE, H.; ARAÚJO, F.; BECKER, V. Phosphorus dynamics in the water of tropical semiarid reservoirs in a prolonged drought period. **Acta Limnologica Brasiliensia**, [S.L.], v. 30, p. 1-12, 16 abr. 2018. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s2179-975x1617>.

CENTENO, L. N.; CECCONELLO, S. T. Modificação de Um Índice de Qualidade da Água. **Rev. Cient. Rural-Urcamp**, Bagé-Rs, v. 18, n. 1, p. 65-82, 2016.

COELHO, D.A.; SILVA, A.R.S.; CASTRO, T.O.; SANTOS, R.C.G.; PASSOS, A.S. VI Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, 6., 2015, Vitória da Conquista-Ba. **Análise da Alcalinidade Total e Concentração de Carbono Inorgânico em Trechos Urbanos de Rios: O Exemplo do Rio Santa Rita, Região Sudoeste da Bahia**. Porto Alegre-Rs.: Ibeas – Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais, 2015. 4 p. Disponível em: <https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2015/VIII-005.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2021.

CORNELLI, R.; SCHNEIDER, V. El.; BORTOLIN, T. A.; CEMIN, G.; SANTOS, G. M. dos. Análise da Influência do Uso e Ocupação do Solo na Qualidade da Água de Duas Sub-Bacias Hidrográficas do Município de Caxias do Sul. **Scientia Cum Industria**, [S.L.], v. 4, n. 1, p. 1-14, 2 abr. 2016. Universidade Caixias do Sul. <http://dx.doi.org/10.18226/23185279.v4iss1p1>.

CUNHA, C. de L. da N.a; FERREIRA, A. P. Análise crítica por comparação entre modelos de qualidade de água aplicados em rios poluídos: contribuições à saúde, água e saneamento. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, [S.L.], v. 24, n. 3, p. 473-480, maio 2019. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522019112332>.

DALLAS, Helen. Water temperature and riverine ecosystems: an overview of knowledge and approaches for assessing biotic responses, with special reference to south africa. **Water Sa**, [S.L.], v. 34, n. 3, p. 393, 6 dez. 2018. Academy of Science of South Africa. <http://dx.doi.org/10.4314/wsa.v34i3.180634>.

IORE, F. A.; BARDINI, V. S. dos S.; NOVAES, R. C. Monitoramento da qualidade de águas em programas de pagamento por serviços ambientais hídricos: estudo de caso no município de são josé dos campos/sp. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, [S.L.], v. 22, n. 6, p. 1141-1150, dez. 2017. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522017165072>.

FINKLER, N. R.; PERESIN, D.; COCCONI, J.; BORTOLIN, T. A.; RECH, A.; SCHNEIDER, V. E. Qualidade da água superficial por meio de análise do componente principal. **Ambiente e Agua - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, [S.L.], v. 10, n. 4, p. 783-792, 28 out. 2015. Instituto de Pesquisas Ambientais em Bacias Hidrograficas (IPABHi). <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.1468>.

FORTES, A. C. C.; BARROCAS, P. R. G.; KLIGERMAN, D. C. A vigilância da qualidade da água e o papel da informação na garantia do acesso. **Saúde em Debate**, [S.L.], v. 43, n. 3, p. 20-34, dez. 2019. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0103-11042019s302>.

GARCIA, M.J.; MANTOVANI, P.; GOMES, R.C.; LONGO, R.M.; DEMANBORO, A.C.; BETTINE, S.C. Degradação ambiental e qualidade da água em nascentes de rios urbanos. 2018. Umberlândia, MG. v. 30. Nº 1. p. 228-254. **Sociedade & Natureza**. DOI: <https://doi.org/10.14393/SN-v30n1-2018-10>.

GARCIA, F. L. M. R. **Análise de Componentes Principais e Escalonamento Multidimensional: Duas Classes de Métodos Multivariados De Redução De Dimensionalidade**. 2015. 131 f. TCC - Curso de Bacharel em Estatística, Métodos Estatísticos do Instituto de Matemática, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: [http://www.im.ufrj.br/estatistica/web/wp-content/uploads/2016/04/2015\\_Fabio-Machry.pdf](http://www.im.ufrj.br/estatistica/web/wp-content/uploads/2016/04/2015_Fabio-Machry.pdf). Acesso em: 17 ago. 2021.

GUIMARÃES, B. O.; REIS, J. A. T. dos; MENDONÇA, A. S. F.; AKABASSI, L. Análise probabilística de parâmetros de qualidade da água para suporte ao processo de enquadramento de cursos d'água. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, [S.L.], v. 21, n. 4, p. 807-815, dez. 2016. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522016143190>.

GUIMARÃES, A. P. M.; ROBERTO, M. da C.; RIBEIRO, J. L.; CARVALHO, A. V. de; NERES, J. C. I.; CERQUEIRA, F. B. Avaliação do Ph, Turbidez e Análise Microbiológica da Água do Córrego Guará Velho em Guaraí, Estado do Tocantins. **Desafios - Revista Interdisciplinar da Universidade Federal do Tocantins**, [S.L.], v. 4, n. 4, p. 3-14, 6 out.

2017. Universidade Federal do Tocantins. <http://dx.doi.org/10.20873/uft.2359-3652.2017v4n4p3>.

HAMMER, Oyvind. **Paleontological Statistics - Version 2.16**: manual de referência. Tradutor: DODNOV, P. (UFSCar)Oslo: University Of Oslo, 1999-2012. 187 p. Disponível em: [http://priede.bf.lu.lv/ftp/pub/TIS/datu\\_analiize/PAST/2.17c/pastmanual\\_portug.pdf](http://priede.bf.lu.lv/ftp/pub/TIS/datu_analiize/PAST/2.17c/pastmanual_portug.pdf). Acesso em: 17 dez. 2020.

HELBRON, H.; SCHMIDT, M.; GLASSON, J.; DOWNES, N.K. (2011). Indicators for strategic environmental assessment in regional land use planning to assess conflicts with adaptation to global climate change. **Ecological Indicators**, Amsterdã, v. 11, n. 1, p. 90-95.

HIROOKA, S. S. Arqueologia ambiental: uma interpretação ecológica das sociedades pré-históricas. **Caderno de Publicações Univag**, Várzea Grande Mato Grosso, p. 43-51, 2015.

HONGYU, K., SANDANIELO, V. L. M., JUNIOR, G. J. O. Análise de Componentes Principais: resumo teórico, aplicação e interpretação. **E&S - Engineering and Science**, (2016), 5:1. DOI: 10.18607/ES20164053.

HUPFFER, M.H.; MALLANN, F.; WEYERMÜLLER, A.R. Pensamento complexo e meio ambiente: um diálogo alicerçado nas contribuições de Edgar Morin e Niklas Luhmann. **Rev. Faculdade de Direito**. 2020. v. 44: e56789. DOI: 10.5216/rfd.v44.56789.

INPE. **MANUAIS**: tutoriais de geoprocessamento. Tutoriais de geoprocessamento. 2006. SPRING - DPI/INPE. Disponível em: [http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/introducao\\_geo.html](http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/introducao_geo.html). Acesso em: 31 mar. 2021.

JOLLIFFE, I. T.; CADIMA, J. Principal component analysis: a review and recent developments. **Philosophical Transactions of The Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences**, [S.L.], v. 374, n. 2065, p. 20150202, 13 abr. 2016. The Royal Society. <http://dx.doi.org/10.1098/rsta.2015.0202>

KHOLIFAH, S N; MANDALA, M; INDARTO, I; PUTRA, B T W. Preliminary Study on the use of Sentinel-2A Image for Mapping of Dry Marginal Agricultural Land. **Iop Conference Series: Earth and Environmental Science**, [S.L.], v. 515, p. 01-11, 23 jun. 2020. IOP Publishing. <http://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/515/1/012002>.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

LEFF, E. **Discursos sustentáveis**. São Paulo: Cortez, 2010.

LI, X.; XU, L. Human Development associated with environmental quality in China. **Plos One**. [S.L.], v. 16, n. 2, p. 1-10, 11 fev. 2021. Public Library of Science (PLoS). <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0246677>.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. 3. ed. Campinas: Átomo, 2010.

LIMA, A. J. R.; NERY, J. T. Revisitando o conceito de bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão e a governança das águas. **Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento**, [S.L.], p. 726-738, 2017. INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS - UNICAMP. <http://dx.doi.org/10.20396/sbgfa.v1i2017.1846>.

- LOBÓN, J.M. Novos Motores para Um Destino Humano Sustentável. In: NASCIMENTO, Elimar Pinheiro do; AMAZONAS, Maurício; PENA-VEGA, Alfrego (org.). **Edgar Morin: homem de muitos séculos**. 34. ed. São Paulo: Edições Sesc São Paulo, 2021. p. 1-364.
- LOPES, J. S. A.L. Sobre Processos De “Ambientalização” Dos Conflitos E Sobre Dilemas Da Participação. **Horizontes Antropológicos**. Rio de Janeiro. N. 24. p. 31-64. 2006.
- LUHMANN, N. **La sociedad de la sociedad. Mexico: Editorial Herder**, 2006. O direito da sociedade. Tradução Saulo Krieger. São Paulo: Martins Fontes selo Martins, 2016.
- LUHMANN, N. **Sociologia do Direito I**. Tradução de Gustavo Bayer. Rio de Janeiro: Edições Tempo Brasileiro, 1983. p. 45-46.
- MATOS, D. A.S.; RODRIGUES, E.C. **Análise fatorial**. Brasília – Df: Enap, 2019. 75 p. Disponível em: <https://repositorio.enap.gov.br/bitstream/1/4790/1/Livro%20An%c3%a1lise%20Fatorial.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2022.
- MAUS, L. **Avaliação da Exigência do Parâmetro Nitrogênio, no Esgotamento Sanitário, Através da Legislação Federal e Estadual – Rio Grande do Sul**. 2020. 68 f. Monografia (Especialização) - Curso de Direito Ambiental Nacional e Internacional, Faculdade de Direito, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2020. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/179095/001065673.pdf?sequence=1>. Acesso em: 10 jan. 2022.
- MERCANTE, C.T.J.; OSTI, J. A.S.; MORAES, M. de A.B.; CARMO, C. F. do. A Importância do Fósforo na Produção Ambientalmente Sustentável em Aquicultura Continental. **Ciência e Tecnologia do Pescado: Uma Análise Pluralista**, [S.L.], p. 12-30, 2020. Editora Científica Digital. <http://dx.doi.org/10.37885/201101972>.
- MEDEIROS FILHO, Francisco Carlos de. **Utilização de Adsorvente Natural Proveniente da Cortiça Para Tratamento de Águas**. 2018. 77 f. TCC (Graduação) - Curso de Licenciatura em Química, Universidade Federal de Campina Grande, Cuité-Pb, 2018. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/bitstream/riufcg/6389/1/FRANCISCO%20CARLOS%20DE%20MEDEIROS%20FILHO%20-%20TCC%20QU%20C3%8DMICA%202018.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2021.
- MICARONI, I.R.; MEDEIROS, S.D.S.de; BERNARDI, M.R.V.; FERREIRA, I.S.S.; HENRIQUE, M.O. **Análise de componentes principais e Biplot aplicados a dados sensoriais de bebidas energéticas**. [2018] XXV Congresso de Iniciação Científica e X Congresso de Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação, ISBN 978-65-990627-1-1 [UFSCar Araras] XXV CIC e X CIDTI – 2018.
- MIRANDA, R. B. As relações sociedade/natureza sob a perspectiva de coevolução. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, Curitiba - Pr, n. 8, p. 77-96, 2003.
- MIRANDA, Rodrigo Becker. **Indicadores de qualidade ambiental dos recursos hídricos da microbacia do Rio Cascavel no município de Cascavel/PR**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Gestão Ambiental em Municípios) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2018. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/16009>>. Acesso em fevereiro de 2021.
- MORAIS JÚNIOR, Cid Antônio. **Água é agro? Água é Tec, Água é Pop, Água é Tudo! Água Também é Nitrato**. 2018. 46 f. TCC (Graduação) - Curso de Gerenciamento de Recursos Hídricos, Pós-Graduação Lato Sensu em Gerenciamento de Recursos Hídricos,

- Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUOS-BCDL69/1/tccgestaorecursoshidricos29061820172018ufmgicbdbg.pdf>. Acesso em: 27 mar. 2022.
- MORAIS, N.W.S.; COELHO, M. M. H.; SILVA, F. S. S.; PEREIRA, E. L.; SANTOS, A. B. dos. Caracterização físico-química e determinação de coeficientes cinéticos aeróbios de remoção da matéria orgânica de águas residuárias agroindustriais. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, [S.L.], v. 25, n. 3, p. 489-500, jun. 2020. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-4152202020190220>.
- MUNÓZ, Guillermo Díaz. Complexidade e Economias Solidárias: uma viagem exploratória pela América Latina. In: NASCIMENTO, Elimar Pinheiro do; AMAZONAS, Maurício; PENA-VEGA, Alfredo (org.). **Edgar Morin: homem de muitos séculos**. 34. ed. São Paulo: Edições Sesc São Paulo, 2021. p. 1-364.
- NOLASCO, G. M.; GAMA, E. M.; REIS, B. M.; REIS, A. C. P.; GOMES, F. J. S.; MATOS, Roberta Pereira. ANÁLISE DA ALCALINIDADE, CLORETOS, DUREZA, TEMPERATURA E CONDUTIVIDADE EM AMOSTRAS DE ÁGUA DO MUNICÍPIO DE ALMENARA/MG. **Recital - Revista de Educação, Ciência e Tecnologia de Almenara/Mg**, Altamira-Mg, v. 2, n. 2, p. 53-64, 2020.
- NUNES, J.F.; ROIG, H. L. ANÁLISE E MAPEAMENTO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DA BACIA DO ALTO DO DESCOBERTO, DF/GO, POR MEIO DE CLASSIFICAÇÃO AUTOMÁTICA BASEADA EM REGRAS E LÓGICA NEBULOSA. **Revista Árvore**, [S.L.], v. 39, n. 1, p. 25-36, fev. 2015. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0100-67622015000100003>.
- OLIVEIRA, N.C.C.de. A grande aceleração e a construção de barragens hidrelétricas no Brasil. **Varia História**, [S.L.], v. 34, n. 65, p. 315-346, ago. 2018. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0104-87752018000200003>.
- OLIVEIRA, C. M. de; ZANQUIM JUNIOR, J. W.; ESPÍNDOLA, I. B. The Arbitral Tribunal as an alternative legal instrument for solving water conflicts in Brazil. **Ambiente & Sociedade**, [S.L.], v. 19, n. 1, p. 145-162, mar. 2016. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4422asoc150150r1v1912016>.
- PARCIO, J. A.; CAMELLO, N. Proteção jurídico-normativa da água. **Nature and Conservation**, v.14, n.1, p.169-180, 2021. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2318-2881.2021.001.0019>
- PIMENTEL, C.F.; PESSI, D. D. Panorama dos Artigos Sobre Mapas Mentais Publicados na Scientific Periodicals Electronic Library –Spell E Na Scientific Library Online – Scielo. **Revista Estudos e Pesquisas em Administração**, Mato Grosso, v. 3, n. 2, p. 69-81, 2019. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/repad/article/view/8553/6209>. Acesso em: 20 maio 2022.
- PINTO, L. C. **Índice de Qualidade Com Base na Normalização dos Dados e Análise dos Componentes Principais**. 2011. 91 f. Dissertação (Doutorado) - Curso de Pós Graduação em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas, Universidade Federal de Lavras, Lavras-Mg, 2011. Disponível em: [http://repositorio.ufla.br/jspui/bitstream/1/4576/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O\\_%C3%8Dndice%20de%20qualidade%20de%20%C3%A1gua%20com%20base%20na%20normaliza%](http://repositorio.ufla.br/jspui/bitstream/1/4576/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O_%C3%8Dndice%20de%20qualidade%20de%20%C3%A1gua%20com%20base%20na%20normaliza%20)

C3%A7%C3%A3o%20dos%20dados%20e%20an%C3%A1lise%20de%20componentes%20principais.pdf. Acesso em: 17 dez. 2020.

PIVELI, R. P.; KATO, M. T. Qualidade das águas e poluição: aspectos físico-químicos. [S.l.: s.n.], 2006.

POLLO, R. A.; SILVA, C. de O. F.; CARDOSO, L. G.; LESSA, L. G. F. Tores de Perturbação Identificados em Área de Proteção Ambiental Corumbataí-Botucatu-Tejupá, Perímetro Botucatu, Estado de São Paulo. **R. Ra'E Ga**, Curitiba, v. 46, n. 1, p. 204-214, 2019. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/raega/article/view/59160/37867>. Acesso em: 10 jan. 2020.

ROCHA, C. H. B.; PEREIRA, A.M. Análise multivariada para seleção de parâmetros de monitoramento em manancial de Juiz de Fora, Minas Gerais. **Ambiente e Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, [S.L.], v. 11, n. 1, p. 176-187, 26 jan. 2016. Instituto de Pesquisas Ambientais em Bacias Hidrográficas (IPABHi). <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.1590>.

RODRIGUES, Léo Peixoto; COSTA, Everton Garcia da. O PÓS-ESTRUTURALISMO SISTÊMICO DE NIKLAS LUHMANN. **Revista Brasileira de Ciências Sociais**, [S.L.], v. 36, n. 106, p. 1-19, 2021. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/3610609/2021>.

ROSSI, R.G. **Análise de Componentes Principais em Data Warehouses**. 2017. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Matemática e Estatística, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2017.

SANCHEZ, L. H. **Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos**. São Paulo: Oficina de textos, 2011.

SARI, V.; PEREIRA, M. A.; CASTRO, N.M. dos R.; KOBIYAMA, M. Efeitos do tamanho da partícula e da concentração de sedimentos suspensos sobre a turbidez. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, [S.L.], v. 22, n. 2, p. 213-219, 21 nov. 2016. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522016144228>.

SARTORE, M.de S.; PEREIRA, S. de A.; RODRIGUES, C. Aracaju beach bars as a contested market: conflicts and overlaps between market and nature. **Ocean & Coastal Management**, [S.L.], v. 179, p. 1-9, set. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2019.104828>.

SCHNEIDER, M.; VACARO, B.B.; MARCELO, M. C. A.; FERRÃO, M. F. Exploratory Analysis Methods Applied to the Infrared Spectrometry Teaching. **Revista Virtual de Química**, [S.L.], p. 229-243, 2018. Sociedade Brasileira de Química (SBQ). <http://dx.doi.org/10.21577/1984-6835.20180019>.

SILVA, N.R. da; ALBUQUERQUE, T. N. ENQUADRAMENTO DE CORPOS DE ÁGUA: UM INSTRUMENTO DA POLÍTICA NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS. **Geoambiente**, Ceará, v. 1, n. 32, p. 174-186, 2018. Disponível em: <https://www.revistas.ufg.br/geoambiente/article/view/54654/27021>. Acesso em: 05 fev. 2022.

SILVA, L.; MOREAU, M.S.; DALTRO, U.S. Uso do geoprocessamento para mapeamento do uso e ocupação do solo com ênfase em métricas da paisagem: um estudo de caso na bacia hidrográfica do rio água branca. **Revista Acta Ambiental Catarinense**, [S.L.], v. 17, n. 1, p. 33, 8 abr. 2020. Revista Acta Ambiental Catarinense. <http://dx.doi.org/10.24021/raac.v17i1.5035>.

SILVA, Janailson Francisco da; CICERELLI, Rejane Ennes; ALMEIDA, Tati; NEUMANN, Marina Rolim Bilich; SOUZA, André Luiz Farias de. LAND USE/ COVER (LULC) MAPPING IN BRAZILIAN CERRADO USING NEURAL NETWORK WITH SENTINEL-2 DATA. **Floresta**, Curitiba, v. 50, n. 3, p. 1430-1438, 2020. DOI: 10.5380/rf.v50 i3. 59747.

SOUZA, C. M. Gestão da água e saneamento básico: reflexões sobre a participação social. **Saúde e Sociedade**, [S.L.], v. 26, n. 4, p. 1058-1070, dez. 2017. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0104-12902017170556>.

TONÉ, A. J. A.; LIMA NETO, I. E. Modelagem simplificada do fósforo total em lagos e reservatórios brasileiros. **Revista Dae**, São Paulo, v. 68, n. 221, p. 142-156, 2020. DOI:10.36659 /dae.2020.012.

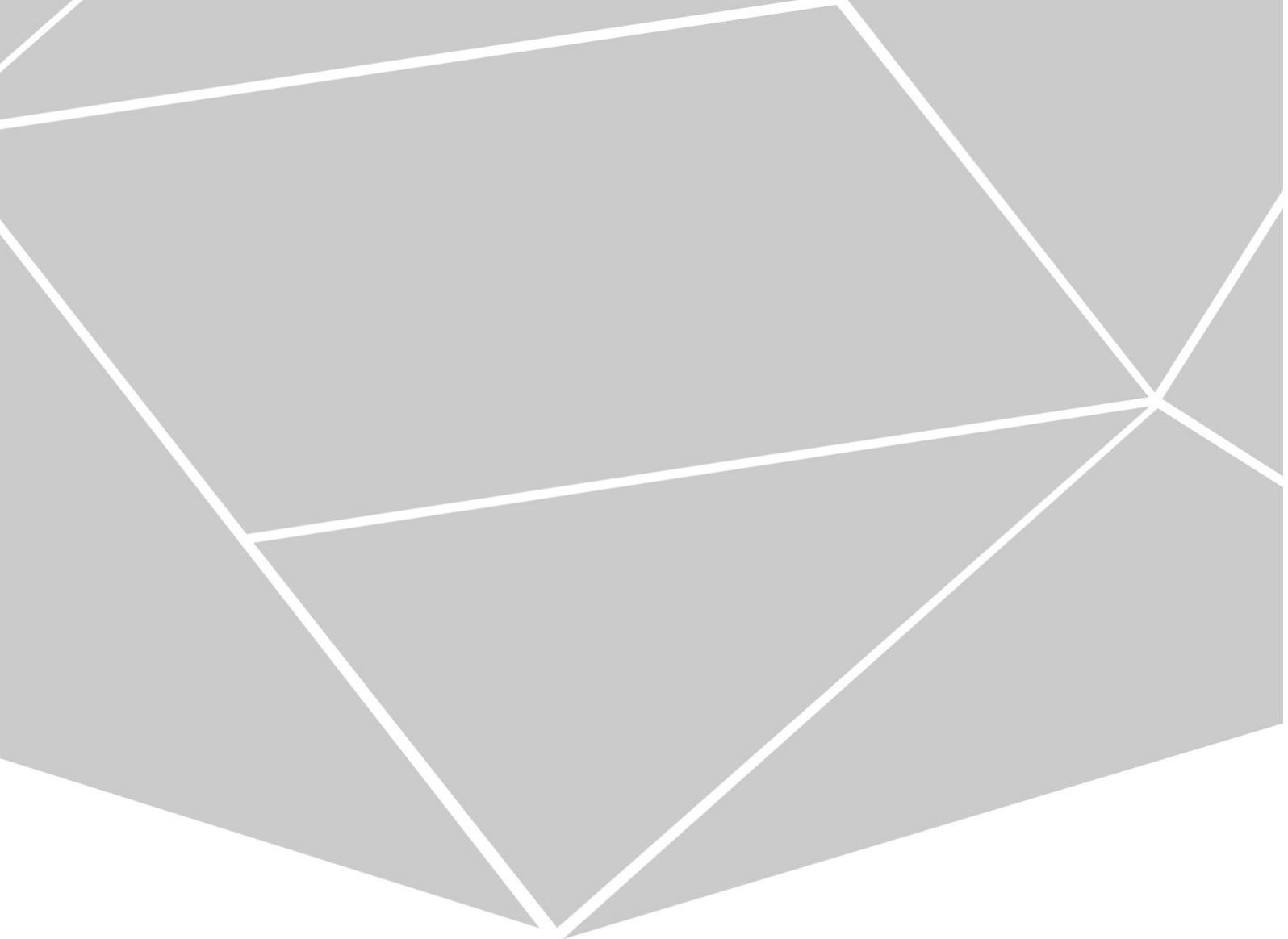
TUCCI, C. E.; HESPANHOL, I.; CORDEIRO NETTO, O. M. **Gestão da água no Brasil. Brasília: UNESCO**, 2001. 156p.

VASCO, A. N. do. **Indicadores de alteração hidrológica: o declínio das vazões no baixo Rio São Francisco**. 2015. 139 f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2015.

VASCO, A. N. do. **Monitoramento, Análise e Modelagem da Qualidade da Água na Sub-Bacia do Rio Poxim**. 2011. 158 f. Dissertação (Mestrado em Agoecossistemas) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2011.

VISCHI FILHO, O. J.; CORSATO, L. G.; QUIESSI, J. A.; KANNO, O. Y.; PENTEADO, R. B.; ARABORI, R. M.; BELORTE, L. C. C.; LIMA, M. E. de. Diagnóstico e reabilitação agroambiental de trecho de bacia hidrográfica por sensoriamento remoto e turbidez da água. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [S.L.], v. 51, n. 9, p. 1099-1109, set. 2016. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-204x2016000900009>.

XAVIER, F.V.; MAYER, F.S.; OLIVEIRA, S.A.; GUERREIRO, M. G.G. ANÁLISE DOS INDICADORES DE QUALIDADE DE ÁGUA EM RIO ANTROPIZADO: ESTUDO DE CASO. XVII **Simpósio de Brasileiro Geografia Física Aplicada e I Congresso Nacional de Geografia Física, Campinas, SP**, 2017. p.458-466. DOI - 10.20396/sbgfa.v1i2017.1813 - ISBN 978-85-85369-16-3.



CARACTERIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO

# CAPÍTULO 3



### **3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

O estudo foi realizado na Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco, especificamente nas zonas fisiográficas do Submédio e Baixo SF, com características ambientais, econômicas e sociais distintas que incidem diretamente sobre o planejamento e gestão dos recursos hídricos.

#### **3.1 Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco**

##### **3.1.1 Aspectos Gerais**

A Bacia Hidrográfica do rio São Francisco abrange 639.219 km<sup>2</sup> de área de drenagem (7,5% do país) e vazão média de 2.850 m<sup>3</sup>/s (2% do total do país), considerada de médio a grande porte. O rio São Francisco tem 2.700 km de extensão e nasce na Serra da Canastra em Minas Gerais, escoando no sentido sul-norte pela Bahia e Pernambuco, quando altera seu curso para leste, chegando ao Oceano Atlântico através da divisa entre Alagoas e Sergipe. A Bacia possui sete unidades da federação – Bahia (48,2%), Minas Gerais (36,8%), Pernambuco (10,9%), Alagoas (2,2%), Sergipe (1,2%), Goiás (0,5%), e Distrito Federal (0,2%) – e 521 municípios (cerca de 9% do total de municípios do país) (CHHSF, 2020).

É a maior bacia exclusivamente brasileira, o 5º maior rio do país e 18º no mundo. A distribuição da vazão retirada concentra em torno de 79% para irrigação, 10% para o abastecimento urbano, 7% para o abastecimento industrial, 3% destinada a criação animal e 1% para o abastecimento rural. Possui elevada importância ao desenvolvimento socioeconômico e energético, principalmente para a região Nordeste (CBHSF, 2016; HERMUHE, 2002).

O rio São Francisco é considerado um rio de integração nacional entre a região Sudeste e Nordeste do país, é considerado perene e possui aproximadamente 168 afluentes, 99 perenes e 69 intermitentes. Destes, 36 contribuem mais significativamente para o curso principal (CBHSF, 2014a; PEREIRA et al., 2007).

Dentre os mais importantes formadores com regime perene estão os rios Paracatu, Urucuia, Carinhanha, Corrente e Grande, pela margem esquerda, e das Velhas, Jequitaiá e Verde

Grande, localizados à margem direita. Enquanto aqueles que se encontram no Polígono das secas, são considerados intermitentes, secando diante da sazonalidade e produzindo grandes torrentes no período chuvoso. Sendo os principais eventos hidrológicos as enchentes, que se localizam principalmente no Alto curso do São Francisco e as estiagens, presentes no Submédio e Baixo Curso, principalmente (CASTRO e PEREIRA, 2019).

### 3.1.2 Regiões Fisiográficas

Diante da sua extensão, a Bacia Hidrográfica do rio São Francisco, bem como dos diferentes ambientes que percorre, está dividida em quatro regiões fisiográficas de planejamento, entre essas, o Alto, Médio, Submédio e Baixo São Francisco (CODEVASF, 2016; HERMUCHE, 2002).

O Alto curso possui a 253.291 km<sup>2</sup>, o que corresponde a 39,8% do total da bacia, engloba os estados de Minas Gerais, Bahia, Goiás e Distrito Federal, localizados na região Sudeste, com população residente de 11.846.908 habitantes. Enquanto que a região Médio São Francisco possui 247.518,8 km<sup>2</sup>, 38,9% do total, tem apenas o estado da Bahia inserido e 2.065.925 habitantes (CBHSF, 2016).

De acordo com Castro e Pereira (2017) o Alto SF se estende das nascentes até a cidade de Pirapora e o Médio SF se estende de Pirapora até Remanso. O Submédio se inicia no município de Remanso e vai até Paulo Afonso, seguido pelo Baixo SF, que se prolonga até a foz, com maior concentração da população urbana, que representa 77% do total.

O submédio é composto por 92 municípios, área de 100.446 km<sup>2</sup> e concentra cerca de 17% da população da bacia, se inicia a jusante da barragem de Sobradinho e se estende até a barragem de Paulo Afonso, que atende os estados de Pernambuco, Bahia e Alagoas (CBHSF, 2019; SOARES, SILVA E NAVAS, 2020).

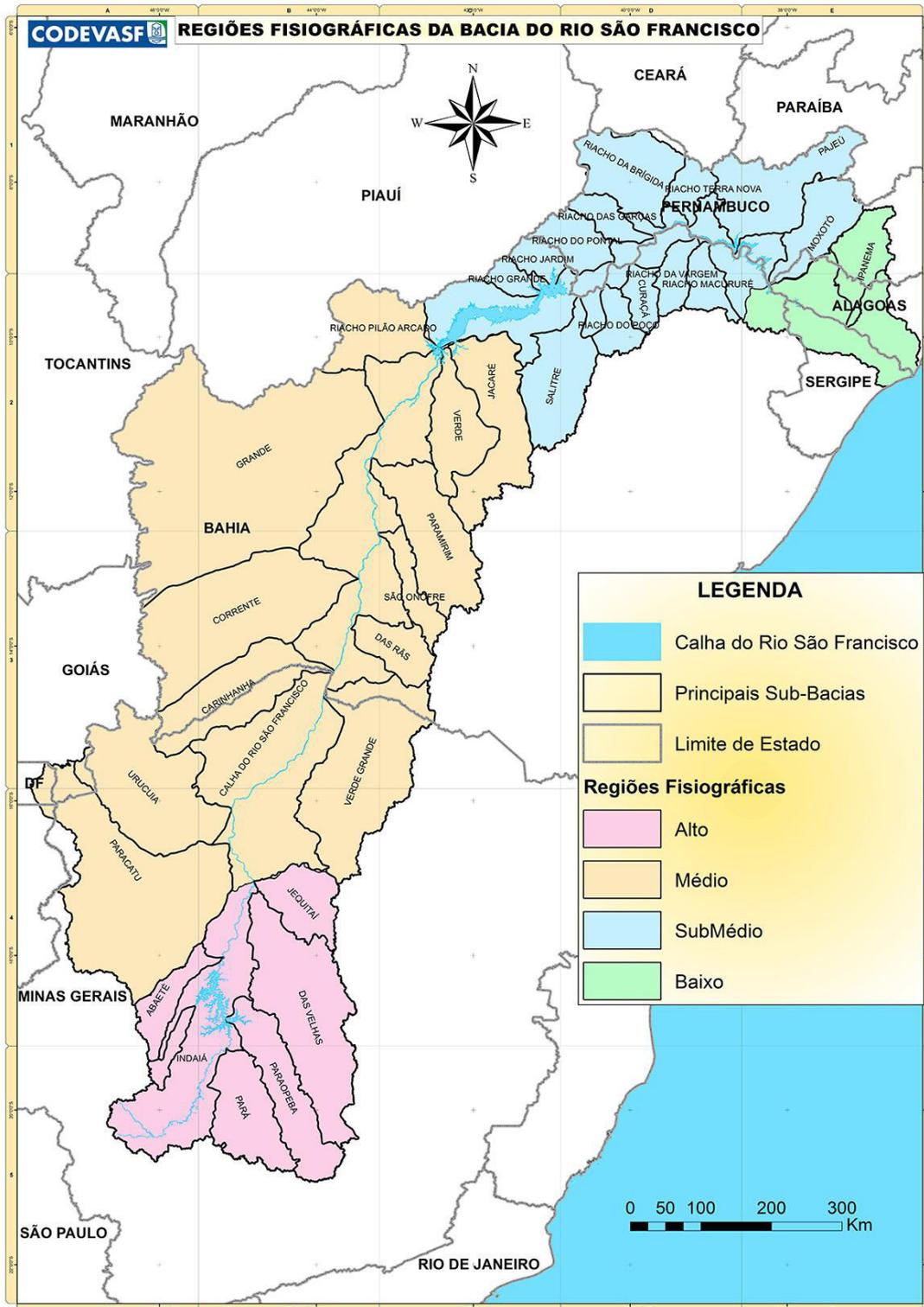
Situada na fronteira entre os municípios de Paulo Afonso/BA e Delmiro Gouveia/AL, onde foi construído ao longo do século XX um complexo de usinas hidrelétricas – UHEs, abrangendo sete usinas, com diversos portes de geração, permanecendo atualmente cinco destas em operação de geração de hidreletricidade, as UHEs Paulo Afonso I, II, II e IV e a UHE Apolônio Sales (CHESF, 2022).

Já o baixo curso, abrange 80 municípios, em uma área de 25.523 km<sup>2</sup> e concentra 13% da população da bacia, a região se inicia a jusante das UHEs Paulo Afonso I, II, II e IV (local

da antiga cachoeira de Paulo Afonso) e se estende até a foz do rio São Francisco (CBHSF, 2016).

O perfil demográfico considerando a divisão fisiográfica revela grandes contrastes, com variações quanto aos níveis de riqueza e de densidade, possui população estimada em mais de 15 milhões de habitantes, maior parte se concentra no Alto SF. Outro aspecto relacionado a essa repartição é a existência de sub-bacias distribuídas em toda sua extensão, com 14 (Alto SF), 6 (Médio SF), 9 (Submédio SF) e 5 (Baixo SF), conforme apresentado na Figura 2 (CBHSF, 2016; 2020; CASTRO e PEREIRA, 2019).

Figura 2. Regiões Fisiográficas da Bacia Hidrográfica do rio São Francisco



Fonte: CODEVASF (2016).

### 3.1.3 Clima e Relevo

Diante da extensão que compreende a bacia hidrográfica do São Francisco, existem variações climáticas significativas em toda sua extensão, principalmente associada a transição do úmido para o árido, com temperatura média anual entre 18 °C e 27 °C, baixo índice de nebulosidade e grande incidência de radiação solar. Em seu alto curso, há prevalência do subúmido seco e tropical semiárido, enquanto que o no Médio, há predomínio de uma sub-região tropical semiárida, com chuvas no verão (CBHSF, 2014b; 2020). De acordo com a Ney e Gonçalves (2016) há indicativos de alterações significativas nos padrões climáticos, marcados pela ocorrência de baixos níveis de precipitação na região do Alto SF.

A região do Submédio e Baixo rio São Francisco é composta principalmente pelos climas semiárido, árido, subúmido úmido, subúmido seco e úmido. A região referente ao submédio corresponde a área mais seca da bacia hidrográfica, com precipitações entre 350 e 800mm. Já a região do baixo, em função da proximidade do mar, apresenta condições distintas, com precipitações médias entre 800mm e 1300 mm. Sendo preciso ressaltar que, cerca de 60% do território da bacia hidrográfica do São Francisco está inserido no polígono das secas, definida da seguinte forma pela predisposição a ocorrência de longos períodos de estiagem (CODEVASF, 2002).

A pluviosidade apresenta média anual de 1.036 mm, sendo que os mais altos valores de precipitação, da ordem de 1.400 mm, ocorrem nas nascentes do rio e, os mais baixos, cerca de 350 mm, entre Sento Sé e Paulo Afonso, na Bahia. O trimestre mais chuvoso é de novembro a janeiro, contribuindo com 55 a 60% da precipitação anual, enquanto o mais seco é de junho a agosto. A evapotranspiração média é de 896 mm/ano, apresentando valores elevados entre 1.400 mm (sul) a 840 mm (norte), em função das elevadas temperaturas, da localização geográfica intertropical e da reduzida nebulosidade na maior parte do ano (HERMUCHE, 2002).

Ainda para o autor citado anteriormente, são vastas as condições de relevo na bacia hidrográfica do rio São Francisco, as quais, permitem instalação de diversas atividades econômicas e de ocupações, fator que favoreceu a instalação de hidroelétricas e áreas inundadas para a agricultura. Entre as formas existentes, podem ser encontrados planaltos, chapadas, planícies, serras e morros, cânions, cavernas, grutas e ilhas fluviais. No baixo e submédio são

encontradas altitudes com predominância entre 300 e 500 m, com alguns poucos pontos com altitudes entre 700 e 900m, característica que difere a região das demais regiões da bacia. Os menores níveis são encontrados na região do baixo São Francisco, com altitudes classificadas até 100 m e de 100 a 300 m.

#### 3.1.4 Vegetação

A bacia hidrográfica do São Francisco possui conformações distintas quanto citamos os ecossistemas, com predomínio do bioma de cerrado (58%), que encobre quase metade da bacia, com ênfase no Alto e Médio SF, especificamente em Minas Gerais e no Oeste e Sul da Bahia. É característico de regiões com estações bem definidas, podendo variar em vegetações como cerradão, campo limpo, veredas e a mata de galeria, entre as árvores nativas, pode-se citar ipê, aroeira, mangaba, pequi e outros (CBHSF, 2016; HERMUCHE, 2002).

Enquanto que a fitofisionomia designada como caatinga é a segunda predominante, com valores em torno de 39%, que possui maior extensão no Médio e Submédio curso do São Francisco, com transições marcantes entre caatinga e cerrado e com variadas tipologias, com níveis distintos de antropização, com espécies características como aroeira, umbuzeiro, pereiro, xique-xique, facheiro, faveleira e outros (LIMA, 2019; FABRICANTE, ANDRADE e DIAS TERCEIRO, 2012).

Possuem maior ocorrência em regiões semiáridas, localizados no Médio, Submédio e Baixo São Francisco, nos estados da Bahia, Pernambuco, oeste de Alagoas e Sergipe. As florestas são recorrentes em Minas Gerais e faixas costeiras de Sergipe e Alagoas, no Alto e Baixo SF (CBHSF, 2016). A Mata Atlântica, ocupa 3% da vegetação, de ocorrência predominante no Alto SF, principalmente nas cabeceiras, margeando os rios, locais com maior elevação na umidade, com ocorrência de Mata Seca. Além de fragmentos localizados no Baixo SF, especificamente, nas áreas costeiras, o bioma encontra-se devastado, com significativos efeitos das atividades agrícolas e pelas pastagens (CASTRO e PEREIRA, 2017; LIMA, 2019; CBHSF, 2016).

### 3.2 Referências

- CASTRO, C. N. de; PEREIRA, C. N. **Revitalização da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco: histórico, diagnóstico e desafios.** Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – Ipea, 2019. 372 p. Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/9351/1/Revitalizacao%20da%20bacia%20hidrografica%20%20do%20rio%20s%C3%A3o%20francisco.pdf>. Acesso em: 20 fev. 2021.
- NEY, E.J.O.M; GONÇALVES, E.W. **Plano de Nascente do São Francisco: Plano de preservação e recuperação de nascente da bacia do rio São Francisco.** Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (Codevasf) / Editora IABS, Brasília-DF, Brasil - 2016. Disponível em: < <https://www.codevasf.gov.br/linhas-de-negocio/revitalizacao/protecao-de-nascentes-e-conservacao-de-agua-solo-e-recursos-florestais/arquivos/plano-nascente-sao-francisco-2016.pdf>>. Acesso em 22 fev. 2021.
- CHESF - COMPANHIA HIDRO ELÉTRICA DO SÃO FRANCISCO. **Croquis De Localização das Estações de Monitoramento.** 2016. Disponível em: <https://www.chesf.gov.br/sustentabilidade/Documents/DCG-125-2016-Esta%c3%a7%cb5es%20de%20Monitoramento.pdf>. Acesso em: 03 set. 2020.
- CBHSF - Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco. **A Bacia.** 2020. Disponível em: <https://cbhsaofrancisco.org.br/a-bacia/#:~:text=A%20bacia%20hidrogr%C3%A1fica%20do%20rio,de%20Alagoas%20e%20de%20Sergipe>. Acesso em: 20 dez. 2020.
- CBHSF - Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco. **Os Biomas Predominantes da Bacia.** 2016. Disponível em: < [https://cbhsaofrancisco.org.br/noticias/natureza\\_blog/os-biomas-predominantes-do-vale-do-sao-francisco/#:~:text=Na%20bacia%20do%20rio%20S%C3%A3o,encontramos%20florestas%20C%20costeiros%20e%20insulares.>](https://cbhsaofrancisco.org.br/noticias/natureza_blog/os-biomas-predominantes-do-vale-do-sao-francisco/#:~:text=Na%20bacia%20do%20rio%20S%C3%A3o,encontramos%20florestas%20C%20costeiros%20e%20insulares.>). Acesso em 25 de dez. de 2021.
- CBHSF - Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco. **Rios Perenes, Efêmeros e Intermitentes.** 2014a. Disponível em: < [https://cbhsaofrancisco.org.br/noticias/natureza\\_blog/rios-perenes-efemeros-e-intermitentes/#:~:text=Os%20rios%20intermitentes%20s%C3%A3o%20aqueles,e%2069%20s%C3%A3o%20rios%20intermitentes.>](https://cbhsaofrancisco.org.br/noticias/natureza_blog/rios-perenes-efemeros-e-intermitentes/#:~:text=Os%20rios%20intermitentes%20s%C3%A3o%20aqueles,e%2069%20s%C3%A3o%20rios%20intermitentes.>). Acesso em 28 dez. 2021.
- CBHSF - Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco. **Você Conhece as Sub-regiões da Bacia do Rio São Francisco?** 2014b. Disponível em: < [https://cbhsaofrancisco.org.br/noticias/cidades-da-bacia\\_blog/voce-conhece-as-sub-regioes-da-bacia-do-rio-sao-francisco/#:~:text=O%20alto%20S%C3%A3o%20Francisco%20se,e%20temperado%20em%20alguns%20locais.>](https://cbhsaofrancisco.org.br/noticias/cidades-da-bacia_blog/voce-conhece-as-sub-regioes-da-bacia-do-rio-sao-francisco/#:~:text=O%20alto%20S%C3%A3o%20Francisco%20se,e%20temperado%20em%20alguns%20locais.>). Acesso em 29 dez. 2021.
- CBHSF - Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco. **Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco 2016-2025.** Sn: Agb Peixe Vivo, 2016. 74 p. Nemus. Disponível em: [https://2017.cbhsaofrancisco.org.br/wp-content/uploads/2016/08/PRH-SF\\_Apresentacao\\_26ago16.pdf](https://2017.cbhsaofrancisco.org.br/wp-content/uploads/2016/08/PRH-SF_Apresentacao_26ago16.pdf). Acesso em: 27 dez. 2021.
- FABRICANTE, Juliano Ricardo; ANDRADE, Leonaldo Alves; DIAS-TERCEIRO, Randolpho Gonçalves. Divergências na composição e na estrutura do componente arbustivo-arbóreo entre duas áreas de caatinga na região do Submédio São Francisco (Petrolina,

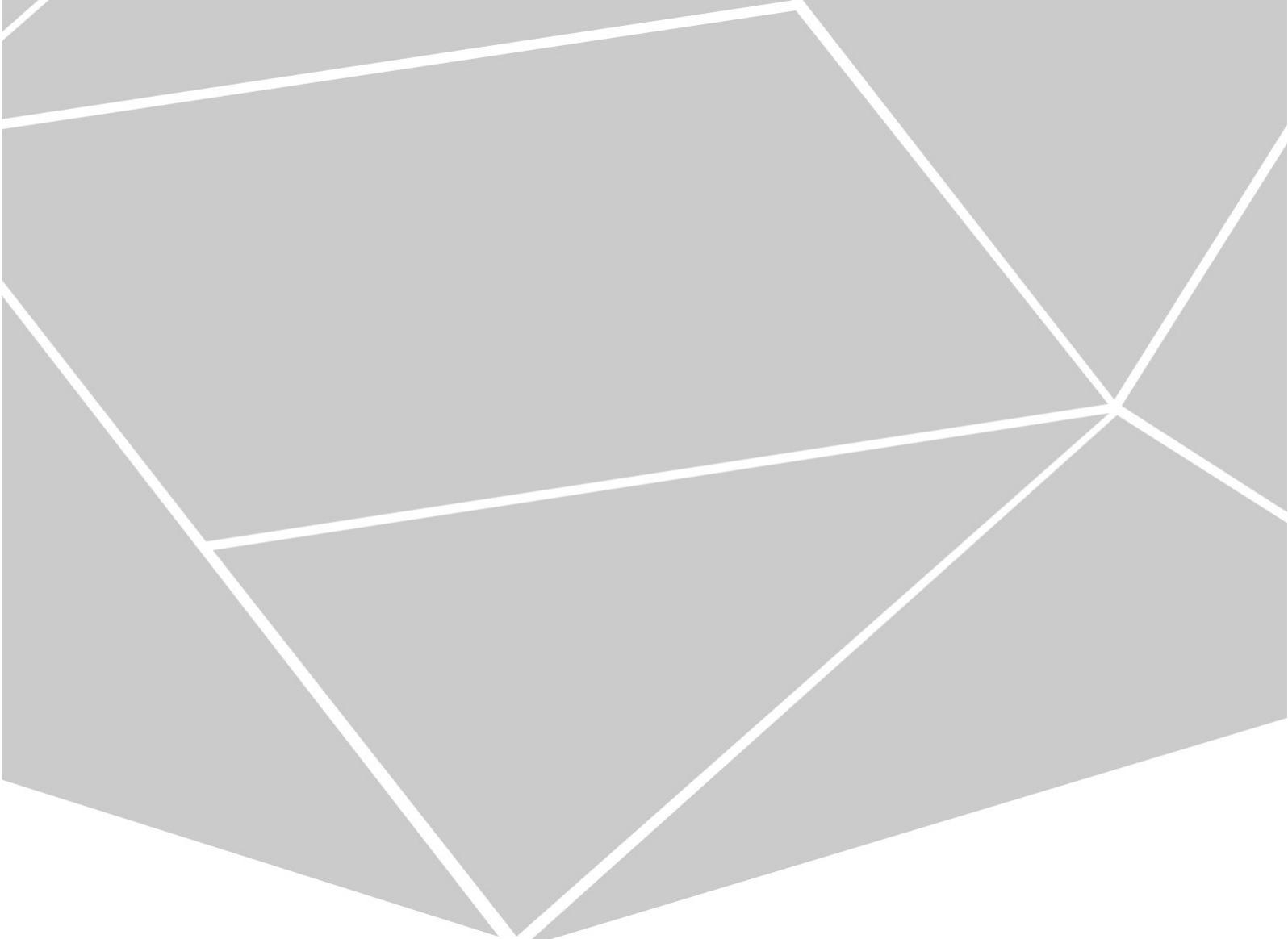
PE/Juazeiro, BA). **Biotemas**, [S.L.], v. 25, n. 3, p. 97-109, 30 ago. 2012. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). <http://dx.doi.org/10.5007/2175-7925.2012v25n3p97>.

HERMUCHE, Potira Meirelles. **O Rio de São Francisco**. Brasília: Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba, 2002. 58 p.

LIMA, A. H. de S. **Análise Espaço-Temporal de Uso e Cobertura da Terra na Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco**. 2019. 63 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2019. Disponível em: [https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/14482/2/ALEXANDRE\\_HERCULANO\\_SOUZA\\_LIMA.pdf](https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/14482/2/ALEXANDRE_HERCULANO_SOUZA_LIMA.pdf). Acesso em: 26 abr. 2022.

PEREIRA, S.B.; PRUSKI, F.F.; SILVA, D.D.; RAMOS, M.M. Estudo do comportamento hidrológico do Rio São Francisco e seus principais afluentes. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, PB., v.11, n.6, p.615–622, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/gVLs39PxdJwkNJQJvWtvsJF/?format=pdf&lang=pt#:~:text=A%20Bacia%20do%20S%C3%A3o%20Francisco%20possui%2036%20afluentes%20mais%20im,%2C%20Corrente%20e%20Gran%2D%20de.>>. Acesso em 02 de jan. 2022.

SOARES, E. C.; SILVA, J. V.; NAVAS, R. **O Rio São Francisco, o baixo curso e as expedições científicas**. Maceió-Al: Edufal, 2020. 401 p. ISBN: 978-65-5624-009-1. Disponível em: [http://faep.eng.br/arquivos/o\\_baixo\\_sao\\_francisco.pdf](http://faep.eng.br/arquivos/o_baixo_sao_francisco.pdf)>. Acesso em 02 de outubro de 2021.



QUALIDADE DA ÁGUA NO SUBMÉDIO E BAIXO SÃO  
FRANCISCO A PARTIR DO USO DE ANÁLISE DOS  
COMPONENTES PRINCIPAIS E AS DINÂMICAS DE USO E  
COBERTURA DA TERRA

# CAPÍTULO 4



#### **4 QUALIDADE DA ÁGUA NO SUBMÉDIO E BAIXO SÃO FRANCISCO A PARTIR DO USO DE ANÁLISE DOS COMPONENTES PRINCIPAIS E AS DINÂMICAS DE USO E COBERTURA DA TERRA.**

##### **RESUMO**

A qualidade ambiental está relacionada a um conjunto de elementos interagindo simultaneamente, entre os quais, os usos e cobertura do solo e as variações na qualidade se estabelecem como elementos essenciais na garantia da salubridade dos ecossistemas. O objetivo desse capítulo foi avaliar a qualidade da água com base na análise dos componentes principais e correlacionar uso e cobertura da terra como fator de impacto na qualidade da água. A metodologia empregada se fundamentou no método hipotético-dedutivo de Popper (1975), para análise do uso e cobertura do solo, foram reclassificados os mapas do MapBiomas a partir do software QGIS, referentes aos anos de 2016 a 2020. A qualidade da água foi verificada através da Análise dos Componentes Principais, utilizado o Software Past, aplicados aos dados do Programa de Monitoramento da CHESF entre 2016 e 2020. Os resultados encontrados indicam decréscimo nas classes não vegetadas e floresta natural, em contrapartida ocorreu elevação das classes de agricultura, agricultura + pastagem, pastagem, com destaque a alterações na região do Submédio. Para o Baixo Curso, além das classes citadas, houve elevação na aquicultura. Para qualidade da água, alguns pontos se destacaram enquanto críticos, entre os quais estão BSF 16, XIN10, PA02 e MOXI 03, aparecendo em proporções e arranjos distintos nos anos analisados. Os principais compostos associados estão: COT, P Total, Dureza, N- Total, NO<sup>3</sup>, CE, alcalinidade e temperatura, pH, OD e DBO. Conclui-se com a pesquisa que houve redução do nível de significância das fontes e áreas de variação na qualidade da água nos últimos anos, em boa parte, associada a fatores naturais como o regime hídrico e as alterações na vazão. Entretanto, aspectos como poluição e as atividades agropecuárias e aquícolas podem limitar o corpo hídrico a sua capacidade de autodepuração, assim como, a retirada de vegetação florestal, enquanto componente do ciclo hidrológico alteram a qualidade dos recursos hídricos.

**Palavras-Chave:** Recursos Hídricos, Qualidade da água, Cobertura do Solo.

## ABSTRACT

Environmental quality is related to a set of elements interacting simultaneously, among which, land use and land cover and variations in quality are established as essential elements in ensuring the health of ecosystems. The objective of this chapter was to evaluate water quality based on Principal Component Analysis and to correlate land use and land cover as an impact factor on water quality. The methodology employed was based on the hypothetical-deductive method of Popper (1975), for the analysis of land use and land cover, the maps from MapBiomass were reclassified with QGIS software, referring to the years 2016 to 2020, while water quality was verified through Principal Component Analysis, using the Past Software, applied to data from the CHESF Monitoring Program 2016 and 2020. The results found indicate a decrease in the classes non-vegetated and natural forest areas, in contrast there was an increase in the classes agriculture, agriculture + pasture, pasture classes, with emphasis on changes in the Submédio region. For the Lower Course, besides the classes mentioned above, there was an increase in aquaculture. For water quality, some points stood out as critical, among which are BSF 16, XIN10, PA02 and MOXI 03, appearing in distinct proportions and arrangements in the years analyzed. While the main associated compounds were: TOC, Total P, Hardness, Total N-, NO<sup>3</sup>, EC, alkalinity and temperature, pH, DO, and BOD. It is concluded from the research that there has been a reduction in the level of significance of sources and areas of variation in water quality in recent years, largely associated with natural factors such as water regime and changes in flow. However, aspects such as pollution and agricultural and aquaculture activities can limit the water body to its capacity of self-depuration, as well as the removal of forest vegetation, as a component of the hydrological cycle, alter the quality of the environment.

**Key-words:** Water Resources, Water Quality, Land Cover.

## 4.1 Introdução

A qualidade ambiental, sobretudo dos recursos hídricos disponíveis em seus aspectos qualitativos e quantitativos, está relacionada a fatores antrópicos e naturais, especificamente as características de usos do solo, a regeneração das florestas e as práticas econômicas locais, com destaque ao desmatamento, assoreamento e poluição, com vistas, que normalmente ocorrem simultaneamente e associadas a atividades não planejadas (PREIS, FRANCO e VARELA, 2021).

Modificações nos atributos da água têm sido diretamente relacionadas com práticas e classes de uso específicas, entre as quais, a expansão dos centros urbanos, associada ao lançamento de esgotos e a supressão de vegetação apresentam impactos significativos, entre os parâmetros afetados pelas alterações destacam-se as concentrações de *E. coli*, a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e o fósforo total (OLIVEIRA et al., 2018).

Diante do debate sobre os reflexos de determinadas atividades econômicas na salubridade dos ecossistemas tem se tornado assíduos, variando ainda conforme as fontes hídricas, a contaminação química pelo uso de insumos agrícolas, a exemplo, fertilizantes inorgânicos, podem ter como efeito variações em compostos como nitratos, nitritos de sódio e potássio, além dos resíduos industriais, adulterando os níveis de compostos de cloreto e sulfato, que quando fora dos limites seguros, podem representar riscos à saúde humana e ambiental (AWAN et al., 2022).

Nessa perspectiva, o manejo inadequado diante de determinadas ocupações do solo, além dos danos nos ambientes, pode também, reduzir a sustentabilidade de determinadas atividades e criar problemas complexos, atividades aquícolas, demonstram a importância do monitoramento e manutenção da qualidade com garantias de elevações na produtividade e eficiência dos sistemas (MASSOD et al., 2022).

Para Dino e Toledo (2020) há relação direta entre o uso e a cobertura da terra e a degradação hídrica, com ênfase ao processo de antropização, a manutenção das áreas de preservação permanentes (APP) tem se relacionado de forma direta a salubridade ambiental, sobretudo atuando nas concentrações de determinados parâmetros de qualidade, no qual, o monitoramento das alterações e análise das correlações podem auxiliar na gestão e planejamento das bacias hidrográficas.

Ferramentas têm sido desenvolvidas para acompanhamento dos padrões, tanto em relação as variações na paisagem, quanto as influências dessas sobre os recursos naturais, entre as quais estão as geotecnologias, fornecendo dados para diagnósticos das alterações, relação entre cobertura vegetal e qualidade da água, fornecendo subsídios para as ações governamentais gerir e preservar os cursos hídricos (RAMOS et al., 2020).

O sensoriamento remoto é uma geotecnologia amplamente difundida no monitoramento da superfície terrestre, contempla mudanças de uso e ocupação no solo, o balanço de energia, estimativas de evapotranspiração e biomassa, mapeamento de carbono, aplicados aos processos antropogênicos nas bacias hidrográficas. Entretanto, a modelagem dos algoritmos permite adaptar as peculiaridades dos corpos hídricos, não necessariamente substituindo a avaliação de campo, mas fazendo parte de um sistema integrado (RAMOS et al., 2017).

O uso de satélites de sensoriamento com imagens espectrais foi desenvolvido tendo como finalidade a observação dos recursos naturais terrestres, a exemplo, o LANDSAT, que assim como outras séries permite a classificação e análise da cobertura e uso da terra. Iniciativas como o MAPBIOMAS, utilizam esses dados a partir do processamento das nuvens e classificação automática, desenvolvidas e operadas pela plataforma *Google Earth Engine*, gerando séries históricas e mapas anuais (MORAES, 2020).

Tais geotecnologias podem estar associadas a procedimentos de investigação de qualidade da água e assim, permitem contemplar de forma aprofundada o objeto de estudo. Nesse sentido, o uso de estatística multivariada na análise dos pontos de interesse e regiões específicas, auxilia na descrição detalhada da qualidade da água e assim a associação dos principais usos. Detalham acerca dos ambientes e parâmetros que incidem diretamente sobre as variações qualitativas dos recursos (PINTO, 2021; FREIRA e CASTRO, 2014).

Os procedimentos estatísticos permitem selecionar os atributos de maior influência sobre a qualidade da água, diante do interesse de investigação, a Análise dos Componentes Principais (ACP), nesse sentido, permite sintetizar os gradientes e compreender as dinâmicas gerais de maior importância, reduzindo um conjunto de informações aquelas que são efetivamente significativas para a integridade dos processos ambientais (OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2021; NOVAK et al., 2021; STUANI et al., 2021).

O uso da ACP possui aplicações distintas, entre estas, na averiguação em estações de monitoramento individuais, fornecendo informações detalhadas sobre determinadas áreas de

estudo, utilizando grande quantidade de parâmetros e número de repetições diversas e acomoda de forma cabal o monitoramento e controle de poluição, permite identificar amostras críticas, além de conferir possibilidade de associar os pressores ambientais característicos da área de estudo, como lançamento de efluentes domésticos, industriais, atividades de mineração e outros (PINTO, 2021).

Ante o exposto e considerando a importância da Bacia Hidrográfica do São Francisco ao desenvolvimento social, político e econômico do país, sobretudo, à manutenção dos processos ecossistêmicos e estruturas organizacionais, diferentes estratégias têm sido pensadas com fins de garantir que seus constituintes se mantenham em qualidade e quantidade suficientes para as gerações atuais e futuras. Entretanto, diante da sua extensão, o desafio da gestão e monitoramento integrado ainda persiste e limita as ações de proteção ambiental.

Nos últimos anos, diante das variações climáticas e associadas ao processo de antropização, a bacia hidrográfica em toda sua extensão vem sofrendo impactos, em consequência, alterações na qualidade hídrica e comprometimento da água destinada ao consumo humano e desenvolvimento de atividades econômicas, mais acentuadas quando referimos ao seu Submédio e Baixo Curso, visto que recebem influência das demais áreas de contribuição.

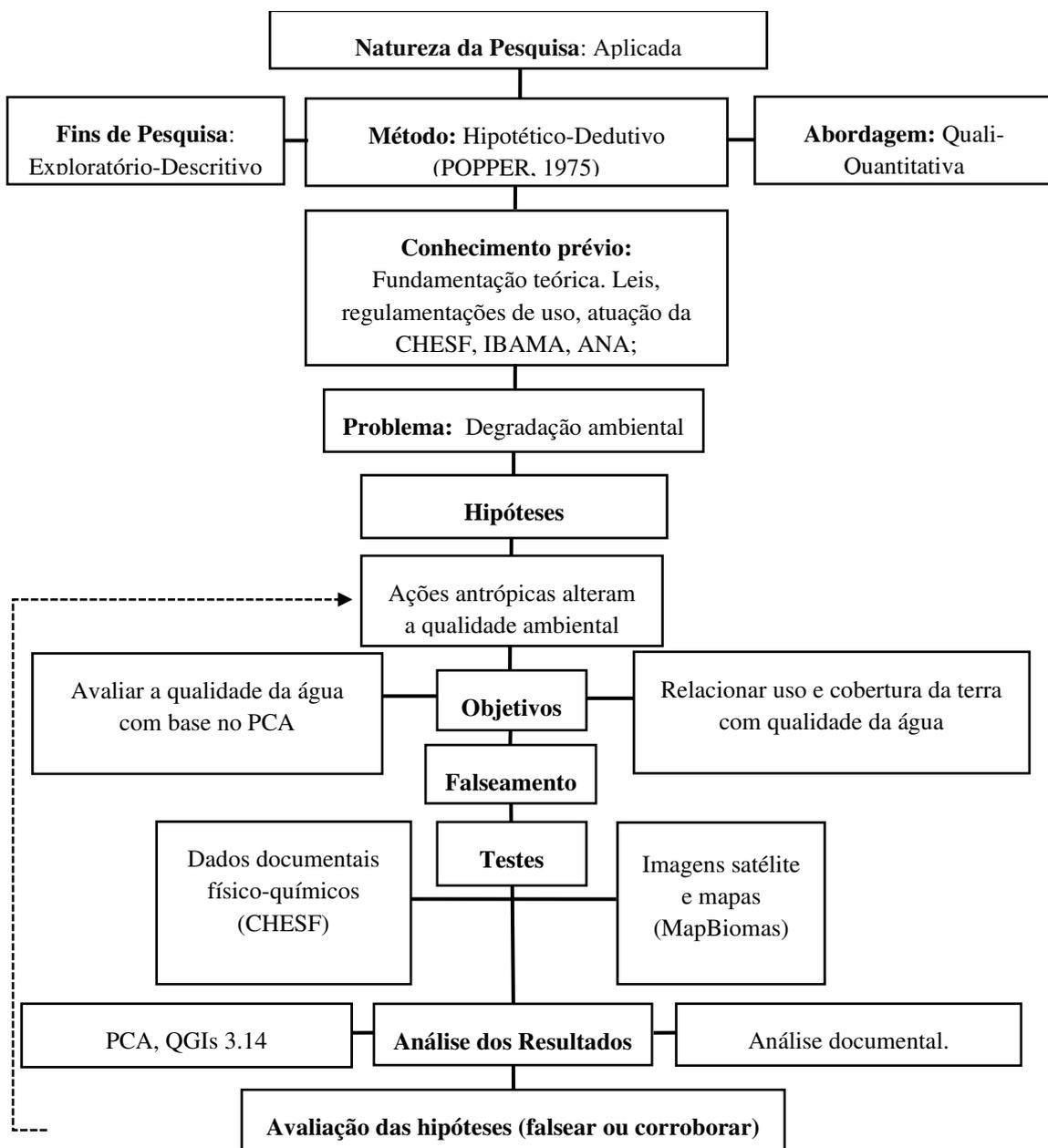
Entre os principais contribuintes à degradação dessa região, aponta-se o lançamento de efluentes sem tratamento adequado, escoamento de resíduos de atividades agrícolas e aquícolas, entrada da cunha salina, retirada de vegetação das áreas de preservação permanente, acúmulo de sedimentos, ente outros. Diante dos apontamentos levantados e devido a longa estiagem de 2013, diversas estratégias foram tomadas a fim de salvaguardar a salubridade ambiental. Uma das medidas foi a condicionante ambiental do Ibama que determina que a Chesf realize programas de monitoramento, entre os quais, estão o acompanhamento da qualidade da água.

Diante disso, o objetivo deste capítulo é avaliar a qualidade da água com base na análise dos componentes principais e correlacionar uso e cobertura da terra como fator de impacto na qualidade da água.

## 4.2 Método e Procedimentos Metodológicos

O método adotado neste capítulo foi o hipotético-dedutivo de Karl R. Popper (1975), que segue etapas no processo investigativo que parte de expectativas ou conhecimento prévio, posteriormente pelo reconhecimento do problema, posteriormente, em conjecturas, que se colocam enquanto deduções de consequências passíveis de testes e por fim, a fase de falseamento, que pretende falsear ou corroborar com a hipótese inicial, conforme apresentado no esboço metodológico da pesquisa disposto na Figura 3 (MARCONI e LAKATOS, 2003).

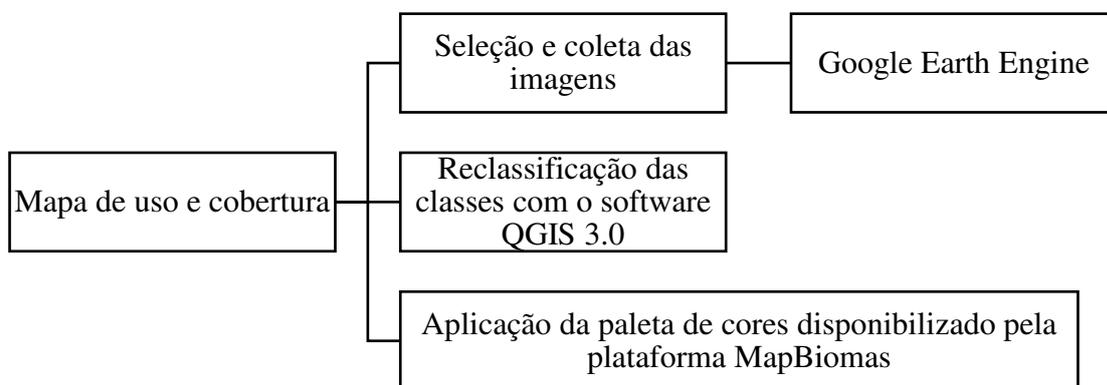
Figura 3. Esboço metodológico do capítulo



#### 4.2.1 Coleta, Organização e Análise dos Dados de Uso e Cobertura da Terra.

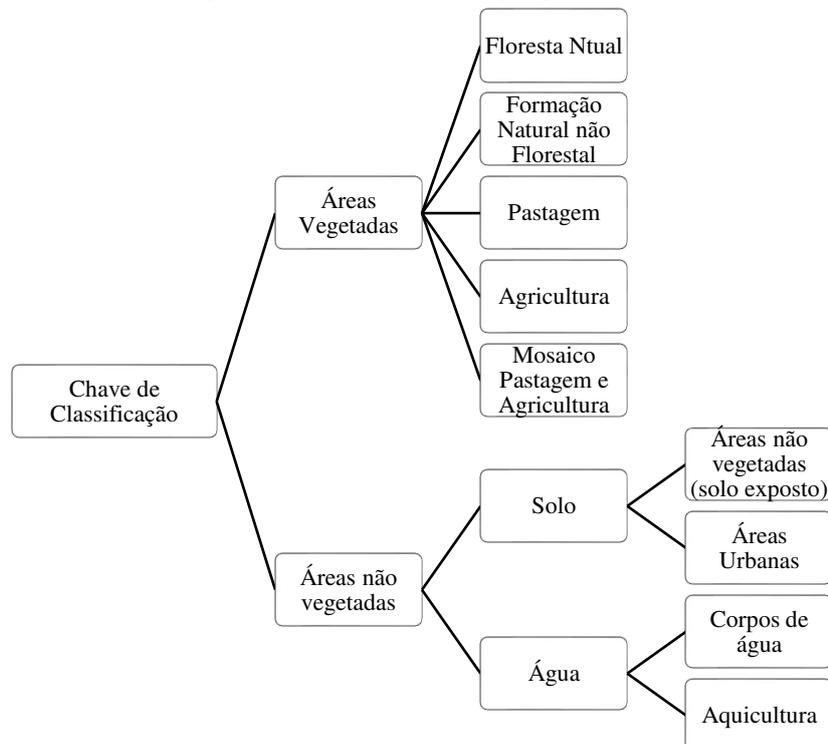
Foram utilizadas as imagens referentes a coleção 6.0 do MapBiomas (1985- 2020), que utiliza as imagens do satélite Landsat, com resolução de 30 metros. No software QGIS 3.0 foi realizada uma reclassificação das classes, agrupando por similaridades e interesses da pesquisa. O uso do RGB disponibilizado pela MapBiomas, permitiu ajustar as classes as cores temáticas, conforme a figura 4. As classes estão dispostas na figura 5 e quadro 1.

Figura 4. Fluxograma de construção dos mapas de uso e Cobertura da Terra



Fonte: Autoria própria (2022)

Figura 5. Chave de Classificação para uso e cobertura da terra.



Fonte: Autoria própria (2022)

Quadro 1. Descrição das classes de uso e cobertura da terra definidas

<b>Classes de Uso</b>	<b>Descrição</b>
Floresta Natural	Formação florestal, formação savânica, mangue e restinga arborizada.
Formação Natural Não Florestal	Campos alagados e áreas pantanosas, formação campestre, apicum, afloramento rochoso e outras formações não florestais
Pastagem	Pastos plantados ou vegetação rasteira espontânea associada a atividade agropecuária
Agricultura	Plantios de culturas temporárias ou perenes e silvicultura.
Agricultura+Pastagem	Áreas onde não foi possível fazer distinção das classes de uso agricultura e pastagem ou estão em ambientes de transição entre classes.
Áreas Urbanas	Superfícies urbanizadas, não vegetadas e com predomínio de construções, entre elas, instalações, estradas e outros
Áreas Não Vegetadas	Áreas de sem cobertura do solo, incluindo área de mineração.
Aquicultura	Áreas com desenvolvimento de atividades de produção de organismos aquáticos
Corpos D'água	Rios, lagos, represas, reservatórios e outros corpos d'água.

Fonte: Adaptado de MapBiomias (2021).

#### 4.2.2 Coleta de Dados, Organização e Análise dos Dados de Qualidade da Água

Para obtenção dos dados referentes ao primeiro objetivo de pesquisa, sendo este, avaliar a qualidade da água com base na Análise dos Componentes Principais, para tanto, foi necessário realizar a normalização dos dados, conforme Figura 6.

Os dados para os parâmetros físico-químicos e microbiológicos foram obtidos do Programa de monitoramento do rio São Francisco apresentado pela CHESF em cumprimento às condicionantes ambientais estabelecidas pelo IBAMA, de 2016 a 2021.

Quadro 2. Localização das Estações de Monitoramento da Qualidade da Água pela CHESF.

<b>Trecho</b>	<b>Estação</b>	<b>Localização</b>	<b>Posto de medição hidrológica.</b>
Reservatório Sobradinho	SOB 19	Montante da UHE Sobradinho	
Lótico entre Sobradinho e Itaparica	SOB 22	Petrolina/Juazeiro	Vazão registrada no PF (posto fluviométrico) de Juazeiro, 600 m a montante da estação
	SOB 24	Vermelhos	Vazão registrada no PF de Juazeiro, aprox. 76 km a montante da estação
	SOB 25	Santa Maria da Boa Vista	Vazão registrada no PF de Sta. Maria da Boa Vista 670 m a jusante da estação
	SOB 29	Ibó	Vazão registrada no PF de Ibó, aprox. 680 m a montante da estação
Reservatório Itaparica	ITA 01	Belém de São Francisco	Nível registrado no PF de Belém de São Francisco, 2,9 km a montante da estação
	ITA 04	Rodelas	Cota e vazões afluentes e defluente do Reservatório de Itaparica
	ITA 08	Petrolândia	
	ITA 10	Petrolândia	

	ITA 11	Barragem	
Reservatório Moxotó	MO PI 01	Pisciculturas de Quixaba	Cota e vazões afluentes e defluente do Reservatório de Moxotó
	MOX 02	Jusante de Jatobá	
	MOX 03	Braço do Rio Moxotó	
	MOX 04	Braço do Rio Moxotó	
	MO PI 09	Próximo à Pisciculturas	
Reservatório Delmiro	PA 02	Paulo Afonso	Cota e vazões afluentes e defluente do Reservatório de Delmiro Gouveia
Reservatório de PAIV	PAIV 01	Final do canal	Cota e vazões afluentes e defluente do Reservatório de Moxotó
Reservatório de Xingó	XIN 01	Paulo Afonso	Cota e vazões afluentes e defluentes do Reservatório de Xingó
	XIN 04	Corpo do Reservatório	
	XIN 10	Canindé de São Francisco	
Lótico, Baixo São Francisco	BSF 02	Entremontes	Vazão registrada no PF de Piranhas, aprox. 17,7 km a montante da estação
	BSF 06	Belo Monte	Vazão registrada no PF de Pão de Açúcar, 28,9 km a montante da estação
	BSF 11	Porto Real do Colégio	Vazão registrada no PF de Propriá, 3,2 km a jusante da estação

	BSF016	Piaçabuçu	Nível registrado no PF de Piaçabuçu, 4,2 km a montante da estação
--	--------	-----------	---

Fonte: Adaptado de CHESF (2021).

- **Análise dos Componentes Principais - ACP**

A padronização consiste em transformar as variáveis antes de calcular as distâncias, a partir da subtração da média ponderada de cada valor dos indicadores e dividir pelo desvio padrão amostral, no qual o somatório das médias de cada variável tem que ser zero (0) e o desvio padrão um (1) (GOTELLI e ELLISON, 2012), conforme a equação abaixo:

$$z = \frac{y_i - \bar{y}}{s}$$

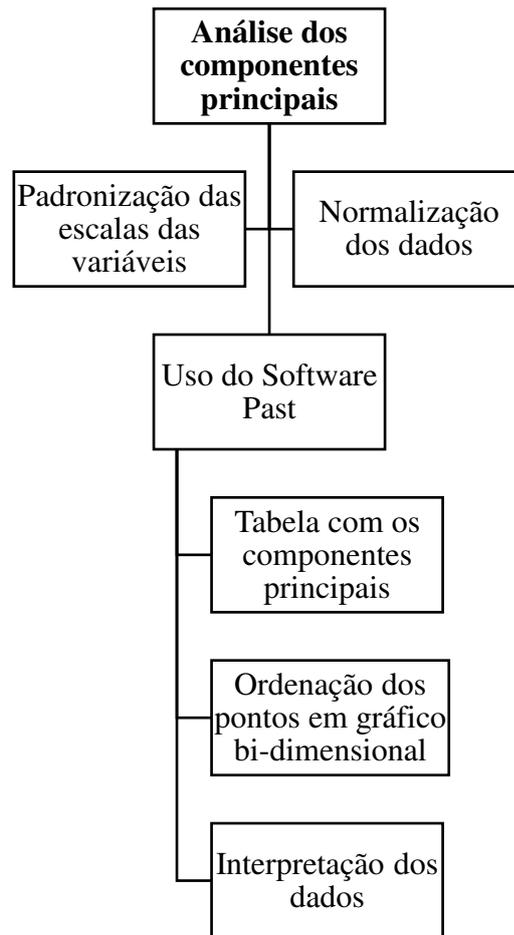
Onde:

$y_i$  = valores brutos

$\bar{y}$  = média ponderada

s = desvio padrão

Figura 6. Esquema de Aplicação da Análise dos componentes principais



Fonte: Autoria própria (2022)

### 4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste tópico estão dispostos os resultados obtidos diante dos procedimentos metodológicos empregados, divididos em modificações no uso e cobertura da terra e qualidade da água.

#### 4.3.1 Modificações no uso e cobertura da terra

A reclassificação das imagens resultou em dois mapas de uso e cobertura da terra do Submédio e Baixo São Francisco, referentes aos anos de 2016 e 2020. Os dados encontrados demonstram que a redução mais significativa, considerando as duas regiões, foi referente a áreas não vegetadas, com decréscimo de 49,14%, seguida por floresta natural, reduzindo 1,62% entre os anos analisados. Enquanto, as classes que mais aumentaram nesse período foram os corpos de água (10,96%), agricultura (5,77%), áreas urbanas (3,63%) agricultura + pastagem (3,08%), formação natural não florestal (2,10%), aquicultura (1,74%) e pastagem (1,69%), ver tabelas 1 e 2.

Tabela 1. Uso e Cobertura da Terra no Submédio e Baixo SF por Classes em 2016

Valor	Classes	Contagem	Área	
			m <sup>2</sup>	Km <sup>2</sup>
1	Floresta Natural	70955185	63859666500	63.859,6665
2	Formação Natural Não Florestal	12712468	11441221200	11.441,2212
3	Pastagem	42602306	38342075400	38.342,0754
4	Agricultura	2660252	2394226800	2.394,2268
5	Agricultura+Pastagem	17698100	15928290000	15.928,29
6	Áreas Urbanas	773468	696121200	696,1212
7	Áreas Não Vegetadas	1498523	1348670700	1.348,6707
8	Aquicultura	3627	3264300	3,2643
9	Corpos D'água	1575473	1417925700	1.417,9257

Fonte: Autor (2022)

Tabela 2. Uso e Cobertura da Terra no Submédio e Baixo SF por Classes em 2020

Valor	Classes	Contagem	Área	
			m <sup>2</sup>	Km <sup>2</sup>
1	Floresta Natural	69807274	62826546600	62.826,5466
2	Formação Natural Não Florestal	12979586	11681627400	11.681,6274
3	Pastagem	43320935	38988841500	38.988,8415
4	Agricultura	2813754	2532378600	2.532,3786
5	Agricultura+Pastagem	18242343	16418108700	16.418,1087
6	Áreas Urbanas	801565	721408500	721,4085
7	Áreas Não Vegetadas	762171	685953900	685,9539
8	Aquicultura	3690	3321000	3,321
9	Corpos D'água	1748087	1573278300	1.573,2783

Fonte: Autor (2022)

Quando consideramos as modificações nas paisagens a partir do total das áreas entre os anos analisados, as maiores reduções em extensão territorial ocorreram para a classe de florestas natural, com perdas de -1.033,1199 km<sup>2</sup>, porém, diante do total analisado a mais quando refere-se ao percentual foram as áreas não vegetadas com -662,7168 Km<sup>2</sup>. Bem como ocorre com a pastagem, que elevou 646,7661 km<sup>2</sup>, variação que não se torna expressiva quando consideramos a área ocupada atualmente.

Ao tratar-se separadamente as regiões, o Submédio foi o que apresentou maior perda de área florestal, com -798,023 Km<sup>2</sup>, representando 77,24% do total, principalmente a partir do ponto entre o reservatório de Sobradinho e Itaparica e seguindo até Moxotó, a redução da área não vegetada também foi mais expressiva em relação ao Baixo curso, com -618,106 Km<sup>2</sup>, equivalendo a 93,26% do total. A classe de pastagem é a que apresenta maiores variações, considerando ambas as regiões fisiográficas, o valor integral de 646,7661 Km<sup>2</sup>, ainda que, apenas considerando o Submédio, ultrapasse expressivamente, com aumento de 974,962 Km<sup>2</sup>, Tabelas 3 e 4.

Tabela 3. Alterações na dinâmica de uso e Cobertura da Terra entre 2016 e 2020.

Valor	Classes	Área	
		m <sup>2</sup>	Km <sup>2</sup>
1	Floresta Natural	-1033119900	-1.033,1199
2	Formação Natural Não Florestal	240406200	240,4062
3	Pastagem	646766100	646,7661
4	Agricultura	138151800	138,1518
5	Agricultura+Pastagem	489818700	489,8187
6	Áreas Urbanas	25287300	25,2873
7	Áreas Não Vegetadas	-662716800	-662,7168
8	Aquicultura	56700	0,0567
9	Corpos D'água	155352600	155,3526

Fonte: Autor (2022)

Tabela 4. Alterações na dinâmica de Uso e Cobertura do Terra entre 2016 e 2020 no Submédio SF.

Valor	Classes	Área	
		m <sup>2</sup>	Km <sup>2</sup>
1	Floresta Natural	-798022800	-798,023
2	Formação Natural Não Florestal	188717400	188,717
3	Pastagem	974961900	974,962
4	Agricultura	183379500	183,38
5	Agricultura+Pastagem	-78399900	-78,3999
6	Áreas Urbanas	14163300	14,1633
7	Áreas Não Vegetadas	-618105600	-618,106
8	Aquicultura	0	0
9	Corpos D'água	133306200	133,306

Fonte: Autor (2022)

Os dados encontrados seguem as tendências apresentadas no estudo de França et al. (2021), analisando o período entre 2001 a 2013 na região do Submédio São Francisco, que identificou transições na ocupação do solo, de floresta para pastagem, de savana arborizada para pastagens e de terras agrícolas para pastagens.

Em Lima et al. (2021) os mesmos padrões de variação foram encontrados para ambas as regiões, com elevação na agropecuária e reduções da floresta natural, formação savânica e formação natural não florestal entre os anos, entre 1985 e 2019.

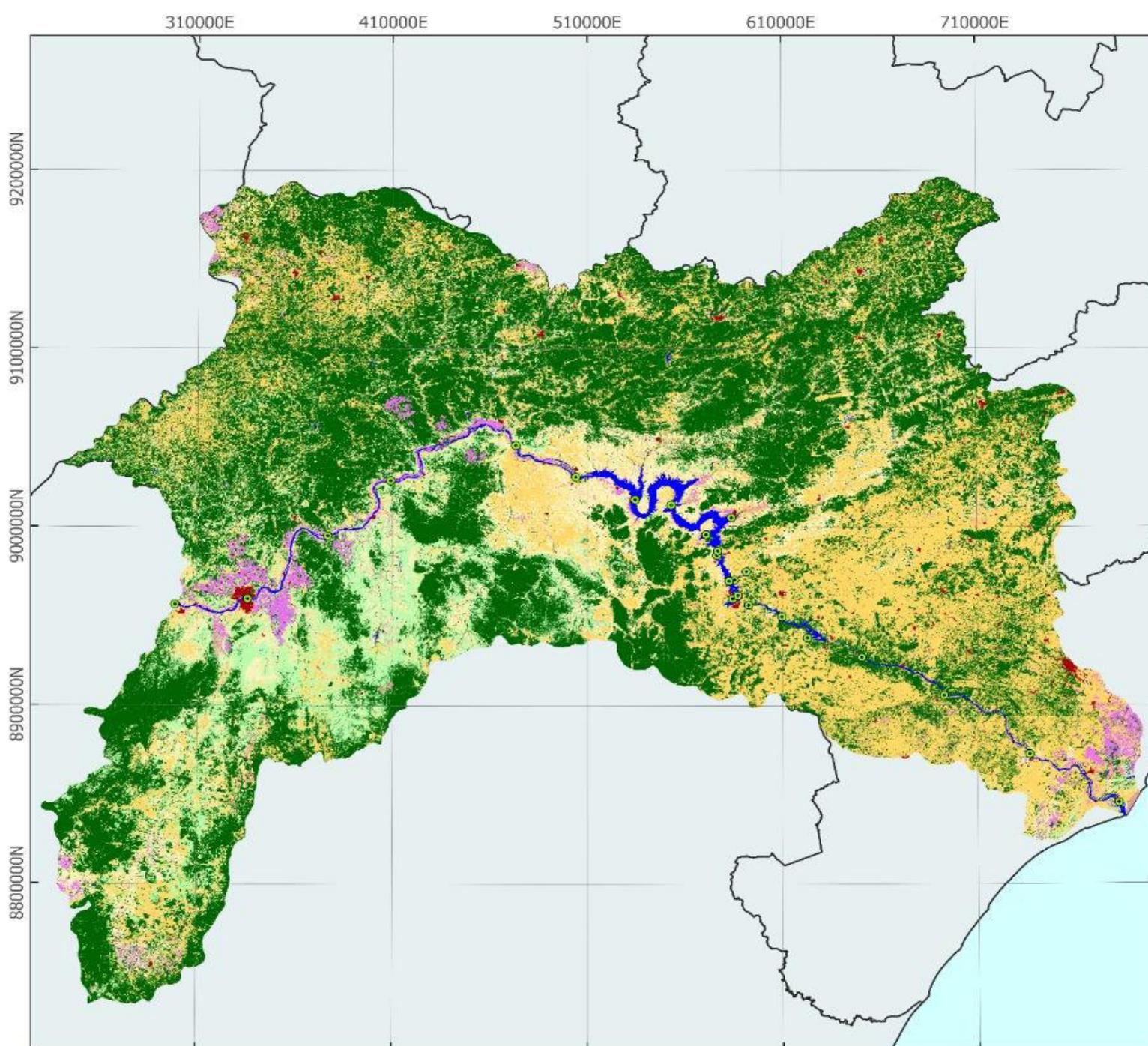
As feições encontradas diferem do cenário apresentado no Baixo São Francisco, valendo-se que a classe que mais diminuiu em termos de área foi pastagem, com -328,1958 Km<sup>2</sup>, seguida por floresta natural, com -235,0971 o que equivale a 22,75% da perda e se torna mais significativa quando consideramos a faixa final da região analisada, com destaque aos quatro últimos pontos analisados. A agricultura + pastagem configurou adição de 568,2186 Km<sup>2</sup>, sendo a mais significativa em termos de território, conforme Tabela 5.

Tabela 5. Alterações na dinâmica de Uso e Cobertura do Terra entre 2016 e 2020 no Baixo SF.

Valor	Classes	Área	
		m <sup>2</sup>	Km <sup>2</sup>
1	Floresta Natural	-235097100	-235,0971
2	Formação Natural Não Florestal	51688800	51,6888
3	Pastagem	-328195800	-328,1958
4	Agricultura	-45227700	-45,2277
5	Agricultura+Pastagem	568218600	568,2186
6	Áreas Urbanas	11124000	11,124
7	Áreas Não Vegetadas	-44611200	-44,6112
8	Aquicultura	56700	0,0567
9	Corpos D'água	22046400	22,0464

Fonte: Autor (2022)

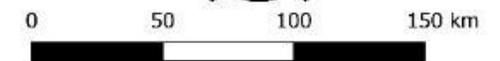
De acordo com Dompieri et al. (2020) a classe referente a pastagem degradada ou em processo de degradação e solo exposto foram a mais representativa para a região do Baixo São Francisco. Associada a isto, evidenciou-se no estudo uma expressiva quantidade de sedimentos em suspensão nos corpos hídricos. Ainda no tocante a essa área, Lima (2022) indica diversos impactos referentes as modificações antrópicas identificadas entre 1985 e 2015, podendo citar a redução da disponibilidade e resiliência hídrica, lideradas pela expansão da agropecuária, o que corrobora com os resultados encontrados no presente estudo.



### Legenda

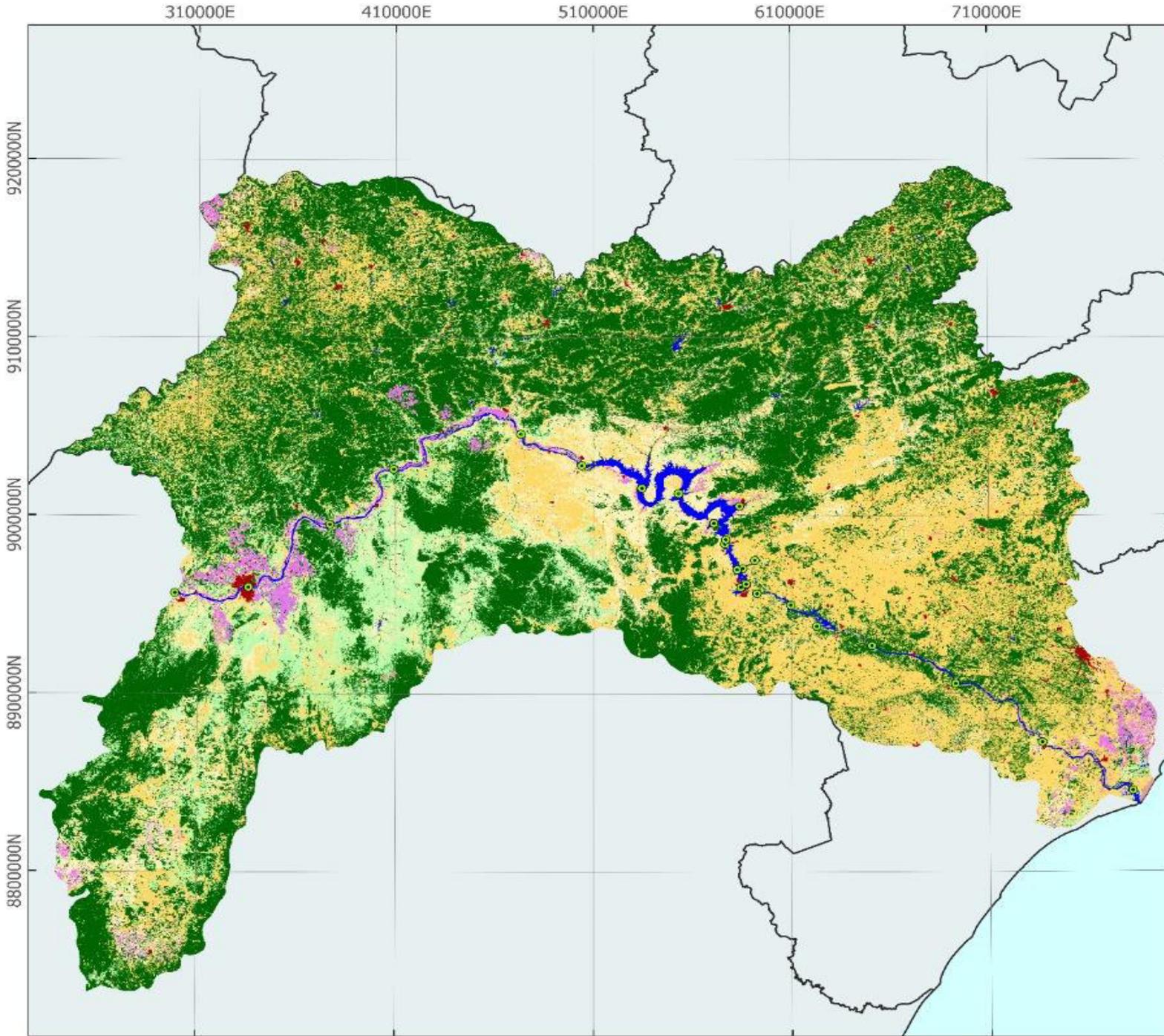
#### Classes

- Floresta Natural
- Formação Natural Não Florestal
- Pastagem
- Agricultura
- Mosaico de Agricultura e Pastagem
- Área Urbanizada
- Áreas Não Vegetadas
- Aquicultura
- Corpos D'água



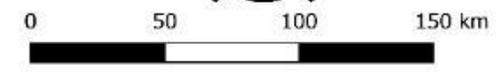
Sistema de Coordenadas Geográficas  
 Datum SIRGAS 2000 / UTM zone 24S  
 Bases Cartográficas: IBGE, 2017;  
 MAPBIOMAS, 2021.

Figura 7. Mapa de Uso e Cobertura da Terra do ano de 2016



### Legenda

- Classes**
- Floresta Natural
  - Formação Natural Não Florestal
  - Pastagem
  - Agricultura
  - Mosaico de Agricultura e Pastagem
  - Área Urbanizada
  - Áreas Não Vegetadas
  - Aquicultura
  - Corpos D'água



Sistema de Coordenadas Geográficas  
 Datum SIRGAS 2000 / UTM zone 24S  
 Bases Cartográficas: IBGE, 2017;  
 MAPBIOMAS, 2021.

Figura 8. Uso e Cobertura da Terra no Submédio e Baixo São Francisco em 2020

#### 4.3.2 Qualidade da água a partir da Análise dos Componentes Principais.

Houve a necessidade de normalização dos dados, considerando as escalas e os dados faltantes, visto que, entre os anos de 2016 e 2020 constatou-se melhora na qualidade dos dados, nos quais, nos primeiros anos, a ausência de determinados pontos, períodos de coleta e de determinados parâmetros que inicialmente foram aferidos conferiu déficit à análise. Outro aspecto a ser ressaltado são os limites de detecção para os compostos, que apresentou flutuações, requerendo assim ajustes para aplicação da ACP.

Não houve diferenças significativas explicando a fonte de variações por mês, sendo assim, não foram considerados representações gráficas comparando cada mês do ano, o que reflete na possibilidade de redução do monitoramento mensal.

Considerando os resultados encontrados no estudo, principalmente no que diz respeito aos níveis de parâmetros indicativos de poluição por esgoto, inserção ou substituição de variáveis para inclusão da matéria orgânica poderia auxiliar em investigações futuras nas identificações dos pontos críticos da bacia hidrográfica.

Alguns pontos não foram identificados como principal fonte de alteração dos dados e conseqüentemente depleção na qualidade da água, como os pontos localizados no reservatório de Itaparica, reservatório PAIV e no reservatório Sobradinho. Bem como, determinados pontos, que apesar de próximo a pontos críticos não apresentaram diferenças significativas, conforme apresentado a seguir.

#### 4.3.3 Qualidade da Água por Unidade Amostral no Ano De 2016

A aplicação da ACP referente ao ano de 2016 apresentou que 80,475% do conjunto de dados referentes a qualidade da água no Submédio e Baixo São Francisco é explicado pelas três primeiras componentes (PC1 39,851% + PC2 23,158 + PC3 17, 466) (Tabela 6).

Tabela 6. Componentes Principais no ano de 2016

<b>PC</b>	<b>EIGENVALUE</b>	<b>% VARIANCE</b>
<b>1</b>	3,80548	<b>39,851</b>
<b>2</b>	2,21138	<b>23,158</b>
<b>3</b>	1,66786	17,466
<b>4</b>	0,770428	8,0679
<b>5</b>	0,56774	5,9454
<b>6</b>	0,218142	2,2844

Fonte: Autoria própria (2022)

A primeira componente é mais representativa estatisticamente na qualidade do que as demais, explicando maior parte das variações que ocorrem na área localizada, desta maneira, a PC1 está associada a condutividade elétrica (CE), Nitrato (NO<sup>3</sup>), Sólidos Totais Dissolvidos (STD) e Nitrogênio Total (N -TOTAL), com peso acima de 0, 70. A segunda, apresentou correlação positiva com apenas com o Potencial Hidrogeniônico (pH). Enquanto a PC3 se relaciona diretamente com a Demanda Bioquímica por Oxigênio (DBO), sendo essa última menos representativa na explicação da fonte de variação em relação as demais (Tabela 7).

Tabela 7. Variáveis por eixo

Variável	PC1	PC2	PC3
Temperatura	0,563	0,407	0,523
pH	0,030	<b>0,968</b>	-0,030
Condutividade Elétrica	<b>0,964</b>	-0,017	-0,228
Oxigênio Dissolvido	-0,564	0,673	-0,180
NH <sub>3</sub>	0,133	-0,350	0,511
NO <sub>3</sub>	<b>0,880</b>	0,037	-0,404
N- TOTAL	<b>0,784</b>	0,297	0,392
P – TOTAL	0,268	-0,64	0,226
STD	<b>0,899</b>	0,048	-0,353
DBO <sub>5</sub>	0,094	0.161	<b>0,784</b>

Fonte: Autoria própria (2022)

No Gráfico 1 o grupo formado por amostras da BSF 16 localizada em Piaçabuçu, 4,2 Km a montante da estação, se destaca das demais com as maiores concentrações dos constituintes analisados, seguido por MOX03, no braço do rio Moxotó e posterior a isso, XIN 10 em Canindé do São Francisco, porém, com menor significância em relação aos anteriores. Os demais pontos não representaram variações significativas na alteração da qualidade.



Ainda nesse sentido, Menezes (2019) também reflete o aumento da salinidade sentido a foz sob indicativo de alterações oriundas do avanço da água do mar sobre o rio, a autora destacou que na foz um valor de 2,453 g/kg de sais dissolvidos foi encontrado, nos demais locais analisados, o valor observado foi de 0,02 g/kg. Para a condutividade foi de 4399 $\mu$ S/cm na foz e 76  $\mu$ S/cm nos pontos que antecediam.

Gonçalves (2016) atribui também as alterações da qualidade na região analisada a reduções nas cotas máximas, que tem por finalidade empurrar a cunha salina de volta ao mar, também com destaque ao município de Piaçabuçu-AL.

É necessário destacar que, conforme os mapas de uso e cobertura do solo, Figuras 7 e 8, as principais classes identificadas na região são a pastagem, agricultura e aquicultura. Para Silva et al. (2019) o processo de salinização na região do Baixo São Francisco é intensificado em função da antropização, entre os quais, a remoção da mata ciliar, o uso inadequado dos solos, baixo nível de tratamento de esgotos, associados a períodos longos de estiagem.

#### 4.3.4 Qualidade da Água por Unidade Amostral no Ano de 2017

No ano de 2017, o uso da ACP gerou dois principais componentes explicando 80,862% da alteração na salubridade da água (PC1: 51.267% + PC2: 29.595%) (Tabela 8). Oito dos parâmetros foram responsáveis pelas variações na primeira componente, sendo estes, por ordem de contribuição COT, P Total, Dureza, N- Total, NO<sup>3</sup>, CE, alcalinidade e temperatura, com peso dos parâmetros acima de 0,7 explicando as variações de qualidade no ponto referente ao município de Piaçabuçu. Para o PC2 apenas OD teve significância, visto a projeção do vetor no eixo para o ponto localizado em Paulo Afonso-BA (Tabela 9, Gráfico 2).

Tabela 8. Componentes principais no ano de 2017

PC	EIGENVALUE	% VARIANCE
1	6,66466	<b>51,267</b>
2	3,8473	<b>29,595</b>
3	1,17661	9,0509
4	0,615982	4,7383
5	0,387539	2,9811
6	0,171356	1,3181

Fonte: Autoria própria (2022)

Tabela 9. Variáveis por eixo em 2017

Variável	PC1	PC2	PC3
NH <sub>3</sub>	0,208	0,461	<b>0,799</b>
NO <sub>3</sub>	<b>0,778</b>	-0,617	-0,026
N – TOTAL	<b>0,781</b>	-0,610	-0,093
P – TOTAL	<b>0,806</b>	0,143	0,251
COT	<b>0,965</b>	-0,045	-0,195
ALCALINIDADE	<b>0,722</b>	0,398	-0,234
DUREZA	<b>0,792</b>	-0,600	-0,050



de manejo da região, influenciando variáveis como pH, OD, temperatura, DQO, compostos nitrogenados e fosfatados, STD, COT, com impactos diretos à qualidade da água. É interessante destacar a elevação da aquicultura na região do Baixo São Francisco durante os últimos anos, conforme apresentado nas Figuras 7 e 8 do tópico 4.3.1 deste capítulo.

O oxigênio dissolvido é um significativo indicador de poluição por cargas orgânicas, sobretudo, do lançamento de efluentes. Para Rangel e Queiroz (2020), apresentou que a cobertura dos serviços de esgotamento sanitário no município de Paulo Afonso/BA é de 65%, observando diversos pontos de lançamento de esgotos urbano e industrial sem tratamento em canal que interliga os reservatórios Moxotó e PA-IV. O autor ainda identifica o potencial da Bacia do Rio Moxotó com contribuição de poluentes para a proliferação de macrófitas nas proximidades da zona urbana de Paulo Afonso/BA e Gloria/SE. Além do próprio material flutuante transportado pelas corretes do rio.

Lima (2021) destaca a importância da mata ciliar às margens do rio São Francisco na porção que concerne o município de Paulo Afonso-Ba, visto que, diante do exposto, apresenta que nessa região boa parte da vegetação no entorno dos cursos hídricos estão degradadas, além da vegetação fragmentada e presença de solo exposto. Tendo em vista que os arranjos vegetais nesses pontos têm por finalidade reduzir o impacto da poluição, sobretudo, a difusa, auxiliando no processo de infiltração e redução da erosão.

#### 4.3.5 Qualidade da Água por Unidade Amostral no Ano de 2018

Os dois primeiros eixos foram responsáveis por 61,873% da variação na qualidade da água (PC1 41.223% e PC2 20.64%) (Tabela 10), esse, apresentam correlação positiva com N Total, dureza, alcalinidade, NO<sub>3</sub> e CE (Tabela 11), O principal ambiente representando relação com o primeiro eixo é situado em Piaçabuçu-AL, sendo que a projeção no eixo se apresenta similar ao ano anterior, com leve redução da significância do PC1.

Há ainda, correlação da primeira componente principal com XIN04 e XIN10, trechos correspondentes ao corpo do reservatório e a porção localizada no município de Canindé do São Francisco -SE, o que indica um aumento progressivo da degradação da qualidade da água sentido a foz, visto que a variação foi mais acentuada no ponto BSF16 (Gráfico 3).

A segunda componente possui correlação positiva com os parâmetros NH<sub>3</sub> e DBO, no lótico entre Sobradinho e Itaparica, entretanto, com baixo nível de significância, considerando que o eixo representa cerca de 20% da variância (Tabela 10). Os compostos identificados indicam relação com poluição nos pontos SOB24 e SOB25, podendo se utilizar de outros parâmetros para investigações mais detalhadas.

Para Marques et al. (2020), os pontos SOB 24, SOB25 e demais pontos entre os reservatórios de Sobradinho e Itaparica apresentam para os parâmetros pH, fósforo total e DBO, valores fora dos padrões estabelecidos pela legislação e que, as estações de monitoramento encontram-se nas proximidades de áreas de intenso cultivo agrícola, atividade que pode ter influenciado as alterações. Sendo que os valores mais elevados para DBO foram obtidos no período seco. Para os autores, os aspectos que influenciam sobre a salubridade no reservatório são o uso de fertilizantes, liberação de esgotos domésticos e os resíduos orgânicos lançados diretamente no reservatório, entre estes, insumos da aquicultura, que favorecem crescimento de produtores primários.

Tabela 10. Variância por eixo principal em 2018

PC	EIGENVALUE	% VARIANCE
1	5,35905	<b>41,223</b>
2	2,68315	<b>20,64</b>
3	1,50534	11,58
4	1,3993	10,764
5	0,593383	4,5645
6	0,467047	3,5927
7	0,405699	3,1208
8	0,306951	2,3612

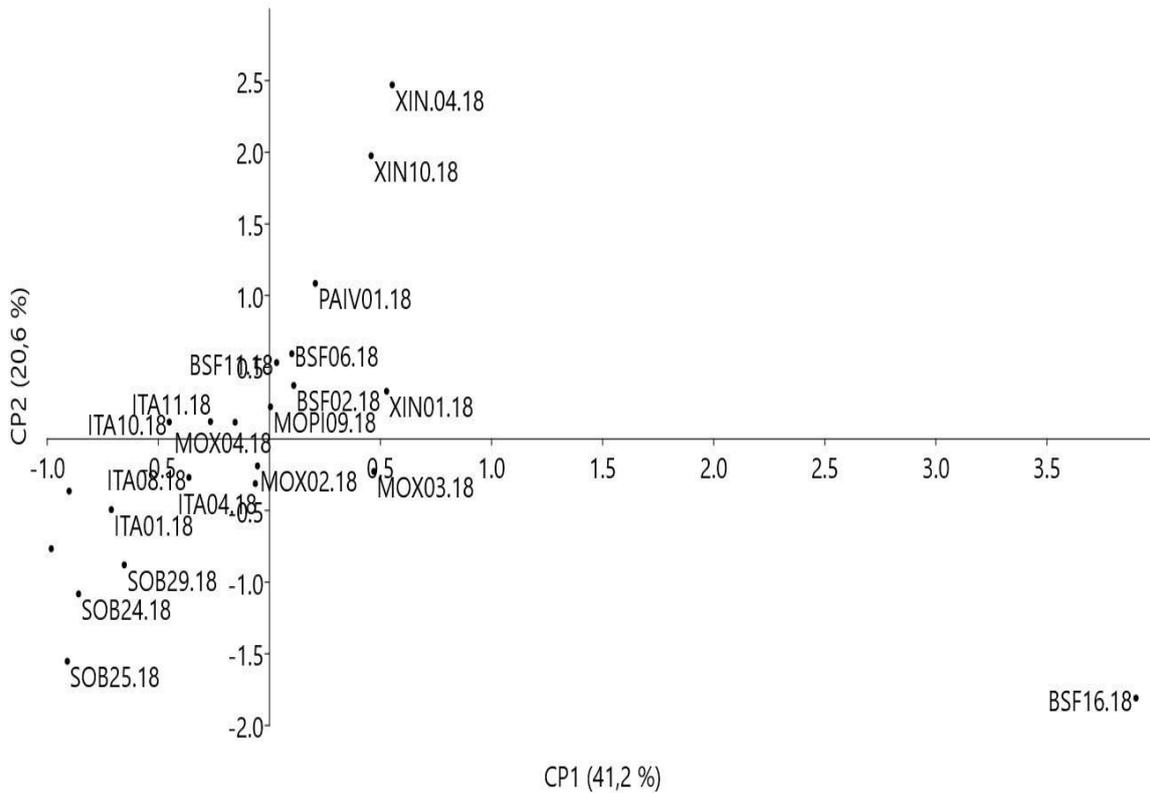
Fonte: Aatoria própria (2022)

Tabela 11. Variável por eixo

Variável	PC1	PC2	PC3
NH3	0,417	<b>0,788</b>	0,259
NO <sub>3</sub>	<b>0,847</b>	-0,263	0,107
N- TOTAL	<b>0,953</b>	-0,107	-0,111
P – TOTAL	0,185	0,068	<b>0,767</b>
COT	0,612	-0,375	0,546
ALC	<b>0,839</b>	-0,047	-0,229
DUR	<b>0,877</b>	-0,397	-0,105
TUR	-0,481	-0,307	0,095
DBO5	0,174	<b>0,780</b>	0,203
TEMP	0,484	0,501	-0,217
PH	0,349	0,654	0,402
CE	<b>0,875</b>	-0,402	-0,102
OD	0,544	0,365	-0,442

Fonte: Aatoria própria (2022)

Gráfico 3. Pontos amostrais por eixo em 2018



Fonte: Autoria própria (2022)

#### 4.3.6 Qualidade da Água por Unidade Amostral no Ano de 2019

O PC1 reteve 32,351% o PC2 apresentou 23,73%, totalizando 53,081%, a tendência de redução iniciada no ano anterior, aqui a primeira componente aduz o menor coeficiente até

então, isso deve-se ao fato de melhoras na qualidade, ou ainda, variações pouco expressivas no ponto BSF16. Entretanto, há destaque para XIN10, no reservatório de Xingó, especificamente no município de Canindé do São Francisco em Sergipe, como o principal ponto que se correlaciona com os parâmetros da PC1 (Tabelas 12 e 13, Gráfico 4).

Tabela 12. Variância por componente principal

PC	EIGENVALUE	% VARIANCE
<b>1</b>	4,20561	<b>32,351</b>
<b>2</b>	3,08492	<b>23,73</b>
<b>3</b>	2,01409	15,493
<b>4</b>	1,33889	10,299
<b>5</b>	0,852335	6,5564
<b>6</b>	0,462679	3,5591
<b>7</b>	0,300193	2,3092
<b>8</b>	0,284059	2,1851

Fonte: Autoria própria (2022)

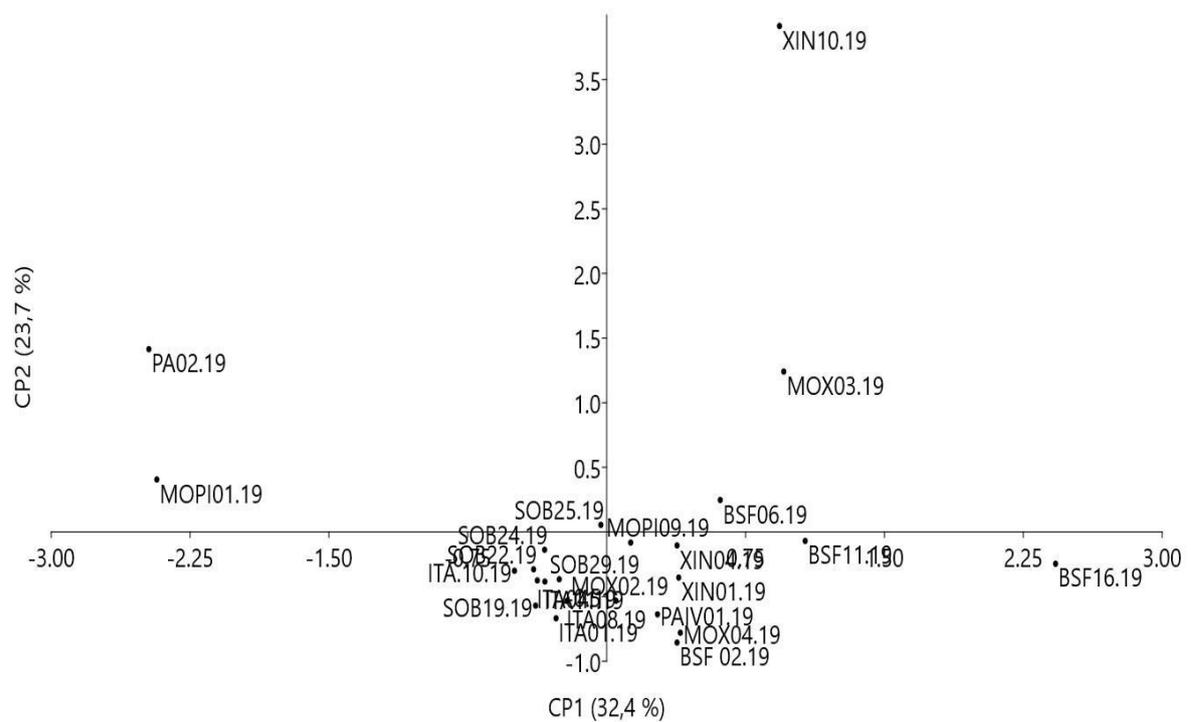
Tabela 13. Variável por eixo principal

Variável	PC1	PC2	PC3
<b>NH3</b>	<b>0,737</b>	-0,063	-0,244
<b>NO<sub>3</sub></b>	<b>0,895</b>	-0,153	-0,230
<b>N – TOTAL</b>	-0,359	0,447	0,262
<b>P – TOTAL</b>	-0,262	<b>0,854</b>	0,016
<b>COT</b>	<b>-0,773</b>	0,249	-0,069
<b>ALC</b>	0,206	0,30	<b>0,753</b>
<b>DUREZA</b>	0,652	0,122	0,519
<b>TURBIDEZ</b>	0,427	<b>0,850</b>	-0,152
<b>DBO5</b>	0,235	<b>0,892</b>	-0,178

<b>TEMPERATURA</b>	<b>0,792</b>	0,453	-0,227
<b>PH</b>	-0,663	0,476	0,002
<b>CE</b>	0,543	-0,004	0,461
<b>OD</b>	0,031	0,085	<b>-0,819</b>

Fonte: Aatoria própria (2022)

Gráfico 4. Pontos amostrais por eixo em 2019



Fonte: Aatoria própria (2022)

A zona de monitoramento MOX03, no braço do Rio Moxotó também apresenta correlação positiva com o eixo principal. Já os parâmetros com peso superior a 0,7 e correlação positiva com PC1, destacam-se NO<sub>3</sub>, NH<sub>3</sub> e temperatura. Para PC2, os principais compostos são fósforo total, turbidez e DBO, com paralelismo ao trecho localizado em Moxotó, Pisciculturas de Quixaba, denominado MO PI 01 e em Paulo Afonso-Ba (PA 02).

Os ambientes de coleta de dados em Canindé do São Francisco, em Sergipe e a Paulo Afonso na Bahia aparecem em anos anteriores explicando variações nos dados, se sobressaindo nesse momento, em relação ao município de Piaçabuçu, em Alagoas. O primeiro está associado

a atividades como agropecuária, aquicultura e cunha salina, o segundo reflete atuação de esgotos domésticos e industriais e agropecuária. É preciso ressaltar que, são áreas de expansão das classes do solo associadas a degradação na qualidade da água.

#### 4.3.7 Qualidade da Água por Unidade Amostral no Ano de 2020

A variância dos dois primeiros eixos 50,603%, o PC1 concentrou maior parte da diferença significativa e apresentou correlação positiva com dureza e CE, o PC2 se relaciona com DBO e pH, sendo que o PC3 não distingue, nesse momento, com nenhum dos parâmetros analisados, considerando o peso acima de 0,70 (Tabela 14 e 15).

Tabela 14. Variância por componente principal

PC	Eigenvalue	% variance
<b>1</b>	3,97686	<b>30,591</b>
<b>2</b>	2,6015	<b>20,012</b>
<b>3</b>	1,6566	12,743
<b>4</b>	1,46432	11,264
<b>5</b>	1,03693	7,9764
<b>6</b>	0,915528	7,0425

Fonte: A autoria própria (2022)

Tabela 15. Variável por eixo principal

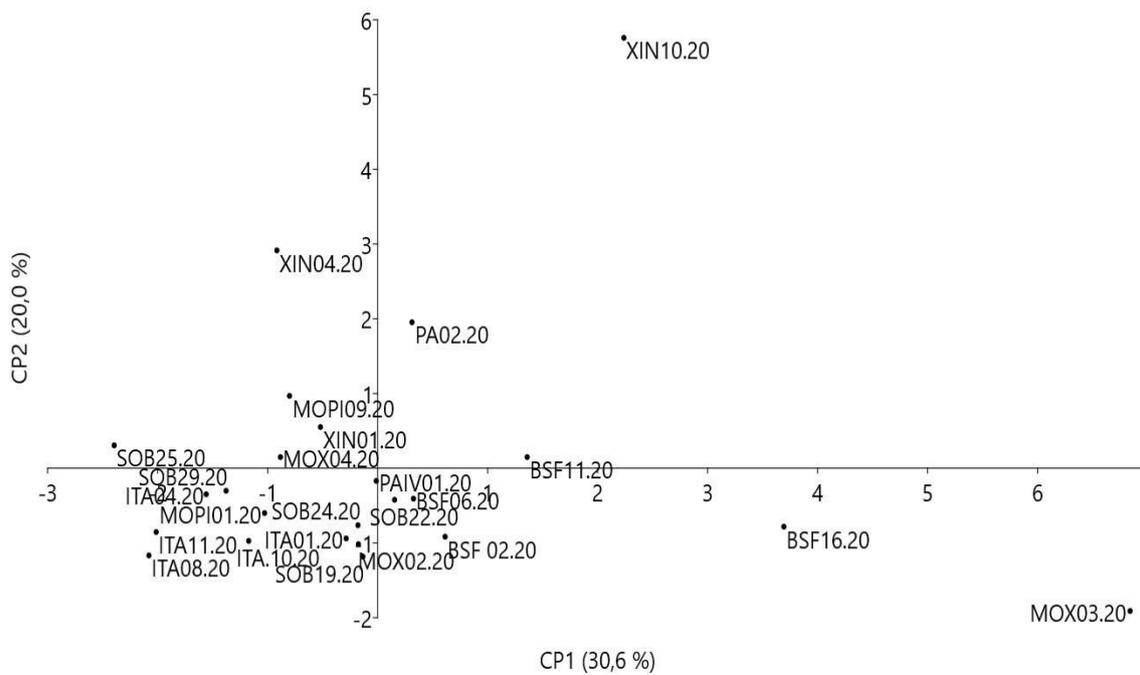
Variável	PC1	PC2	PC3
<b>NH<sub>3</sub></b>	-0,328	0,535	-0,026
<b>NO<sub>3</sub></b>	0,154	-0,140	0,574
<b>N – TOTAL</b>	0,100	0,249	0,213
<b>P – TOTAL</b>	0,583	0,313	0,414
<b>COT</b>	-0,625	0,192	0,653

<b>ALC</b>	0,660	-0,104	-0,663
<b>DUREZA</b>	<b>0,866</b>	-0,212	-0,028
<b>TURBIDEZ</b>	0,682	0,200	0,189
<b>DBO5</b>	0,462	<b>0,816</b>	-0,054
<b>TEMPERATURA</b>	0,582	0,628	0,105
<b>PH</b>	-0,176	<b>0,792</b>	-0,306
<b>CE</b>	<b>0,788</b>	-0,133	0,293
<b>OD</b>	-0,499	0,546	-0,122

Fonte: Autoria própria (2022)

Na primeira componente se sobressaem os pontos XIN10, BSF16, MOX03 e PA02, esse último com menor contribuição. Todos os locais pronunciados estiveram como foco da variação nos últimos anos analisados, com elevação da primeira em detrimento da segunda zona. Para o eixo 2, houve projeção apenas de XIN04, com baixo diferença significativa em relação aos demais (Gráfico 5).

Gráfico 5. Pontos amostrais por eixo em 2020



Fonte: Autoria própria (2022)

Maioria dos pontos sobrelevados estão localizados na região do Baixo São Francisco e as variações sazonais relacionadas aos fatores climáticos influenciam diretamente na dinâmica local, além da atuação do complexo de usinas que regulam a vazão e das práticas inadequadas de manejo dos solos, que resultaram em modificações nas concentrações de determinados compostos e seus efeitos nessas regiões.

Fonseca e colaboradores (2020) apontam que as mudanças no fluxo do rio São Francisco de 2013 a 2020, estão relacionadas as dinâmicas ambientais, principalmente na foz, com ênfase ao parâmetro salinidade. Em 2013 foram observadas alterações cerca de 9 Km da foz, entretanto, com a manutenção das reduções da vazão ao longo dos anos, incidiu sobre identificação de pontos mais afastados.

#### 4.3.8 Qualidade da água por unidade amostral no ano de 2021

Os dados referentes ao ano de 2021 foram utilizados com fins de apresentar a tendência nesse ano, a reduções na significância entre os pontos, mantendo-se significativos XIN10 e MOX03 (Gráfico 6). Sendo a variância nos dois principais eixos de 48,44%, até o momento analisado o menor valor apresentado, com menor quantidade pontos e parâmetro destacados. Houve correlação positiva entre o PC1 com dureza, turbidez e temperatura. No PC2 não houve parâmetro acentuado, o que apresentou maior relação com o eixo foi o OD, entretanto, nenhum ponto se encontra pronunciado (Tabela 16 e 17).

Tabela 16. Variância por componente principal

PC	Eigenvalue	% Variance
<b>1</b>	3,7971	<b>29,208</b>
<b>2</b>	2,50022	<b>19,232</b>
<b>3</b>	2,01404	15,493
<b>4</b>	1,26342	9,7186
<b>5</b>	1,1379	8,7531
<b>6</b>	0,712125	5,4779

**Fonte: Autoria própria (2022)**

Tabela 17. Variável por eixo principal

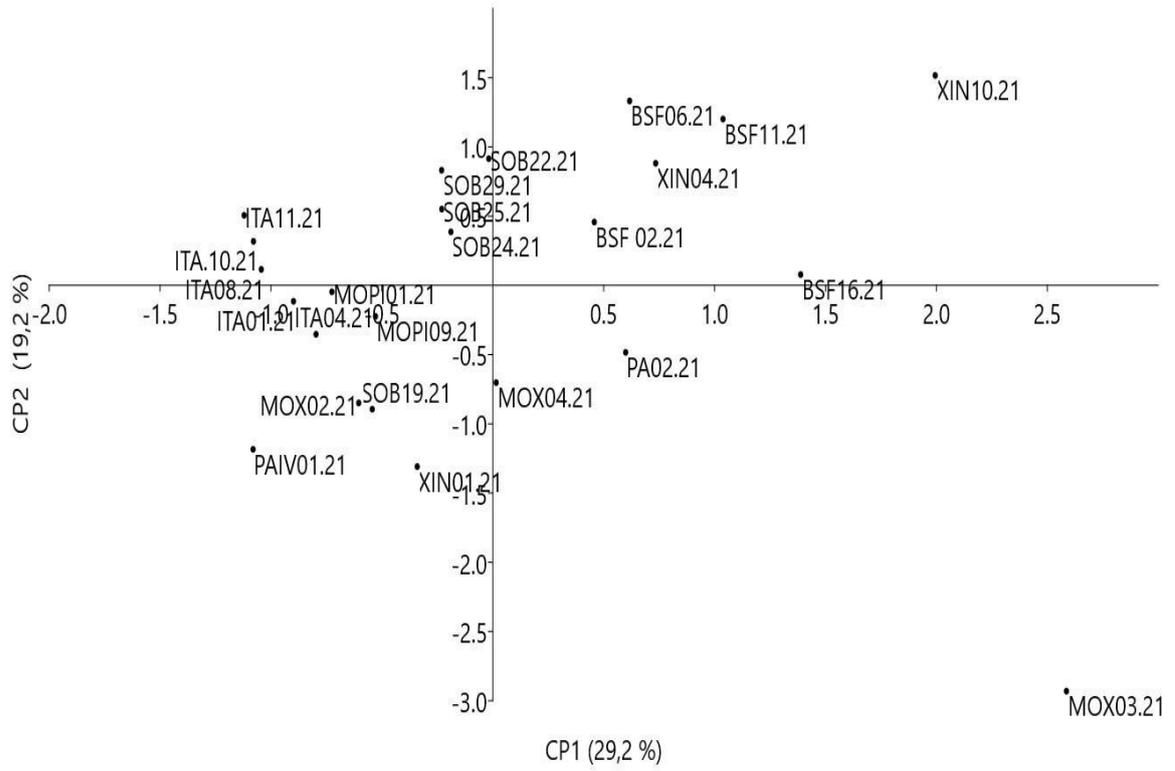
Variável	PC1	PC2	PC3
<b>NH<sub>3</sub></b>	0,381	-0,053	-0,516
<b>NO<sub>3</sub></b>	0,366	0,514	0,310
<b>N – TOTAL</b>	0,049	0,339	0,018
<b>P – TOTAL</b>	0,601	0,190	0,163
<b>COT</b>	0,185	-0,565	0,778
<b>ALC</b>	0,188	-0,567	0,776

<b>DUREZA</b>	<b>0,802</b>	-0,394	-0,163
<b>TURBIDEZ</b>	<b>0,832</b>	0,137	-0,045
<b>DBO5</b>	0,593	0,275	0,285
<b>TEMPERATURA</b>	<b>0,716</b>	0,400	0,129
<b>PH</b>	0,370	0,682	0,108
<b>CE</b>	0,743	-0,414	-0,358
<b>OD</b>	-0,444	<b>0,629</b>	0,390

Fonte: Aatoria própria (2022)

Vale destacar que, houve reduções da significância entre os pontos, principalmente considerando o BSF16 em Piaçabuçu-AL em relação ao ano anterior, porém, com valores aproximados comparando 2016 e 2021, XIN10 e MOX 03 continuam representando-se enquanto responsáveis pelas reduções na qualidade, conforme Gráfico 6. Estão associados principalmente, aos parâmetros dureza, turbidez e temperatura. Considerando os usos e cobertura da terra nesses pontos, o aumento do volume de água, retirada da vegetação, elevação nas classes agricultura e pastagem, assim como, na aquicultura, quando associadas ao regime de vazão e ao manejo das atividades econômicas, requerem maior investigação, com ênfase ao lançamento de esgoto das áreas urbanas e aos resíduos das atividades agropecuárias e aquícolas.

Gráfico 6. Pontos amostrais por eixo em 2021



Fonte: Aatoria própria (2022)

#### 4.3.9 Variações na Qualidade da Água por Unidade Amostral entre 2017 e 2021.

Estão apresentados os dados das variações entre 2017 e 2021, visto que o ano de 2016 não foi considerado pois diante do conjunto total de dados não representou significância para os pontos analisados, sendo os anos apresentados os mais significativos nas modificações da qualidade. No qual, BSF 16 no ano de 2017 e 2018 expressivos na explicação da degradação da qualidade da água, da mesma forma ocorre com PA02 no ano de 2017 (Gráfico 7, Tabela 18).

Para maioria dos demais pontos não houve diferenças significativas considerando o período apresentado. A projeção no eixo 1 é explicada por NO<sub>3</sub>, dureza, temperatura, COT e CE e possui correlação com área referente ao Baixo São Francisco, em Piaçabuçu. No eixo 2, DBO, temperatura e alcalinidade se conectam, principalmente, com o ponto localizado em Paulo Afonso/BA (Tabela 19).

Tabela 18. Variância por componente principal

<b>PC</b>	<b>Eigenvalue</b>	<b>% variance</b>
<b>1</b>	4,01386	<b>30,876</b>
<b>2</b>	3,76778	<b>28,983</b>
<b>3</b>	2,57455	19,804
<b>4</b>	0,804118	6,1855
<b>5</b>	0,664415	5,1109
<b>7</b>	0,294971	2,269
<b>8</b>	0,259207	1,9939

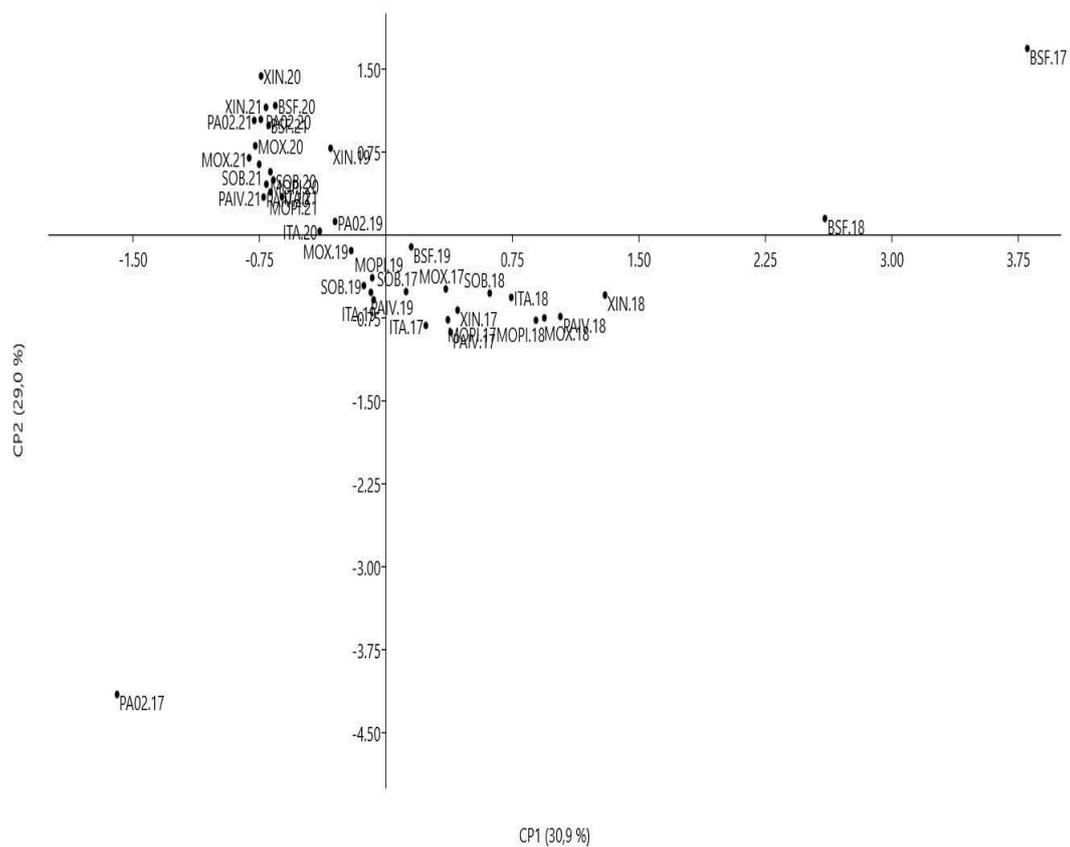
Fonte: Autoria própria (2022)

Tabela 14. Variável por eixo principal

Variável	PC1	PC2	PC3
NH3	0,558	-0,197	0,600
NO3	<b>0,876</b>	0,065	-0,401
N – TOTAL	0,354	0,602	-0,581
P – TOTAL	-0,477	0,739	-0,010
COT	<b>0,812</b>	-0,208	0,158
ALC	-0,520	<b>0,777</b>	0,042
DUREZA	<b>0,749</b>	0,393	-0,374
TURBIDEZ	-0,043	0,592	-0,123
DBO5	-0,287	<b>0,751</b>	0,010
TEMPERATURA	0,407	<b>0,768</b>	0,670
PH	0,122	0,371	0,477
CE	<b>0,701</b>	0,218	-0,539
OD	0,578	--	<b>0,753</b>

Fonte: Autoria própria (2022)

Gráfico 7. Distribuição dos pontos amostrais por eixo principal entre 2017 e 2021.



Fonte: Autoria própria (2022)

#### 4.3.10 Variações na Qualidade da água por unidade amostral entre os anos de 2020 e 2021

Os dados apresentados entre os anos de 2020 e 2021 indicam redução na fonte de variação dos dados e do nível de significância para qualidade da água, sem diferenças significativas entre os pontos (Gráfico 8) e o menor percentual de variância analisado, principalmente para o primeiro componente, com apenas 27,26%, o segundo explica 23,438% e explicado apenas pela presença de fósforo (Tabela 19 e 20).

Tabela 19. Variância por componente principal entre os anos de 2020 e 2021

PC	Eigenvalue	% variance
<b>1</b>	3,54384	<b>27,26</b>
<b>2</b>	3,04688	<b>23,438</b>
<b>3</b>	2,42114	18,624
<b>4</b>	1,16256	8,9428
<b>5</b>	1,02457	7,8813
<b>6</b>	0,806075	6,2006
<b>7</b>	0,346029	2,6618
<b>8</b>	0,27449	2,1115

Fonte: Autoria própria (2022)

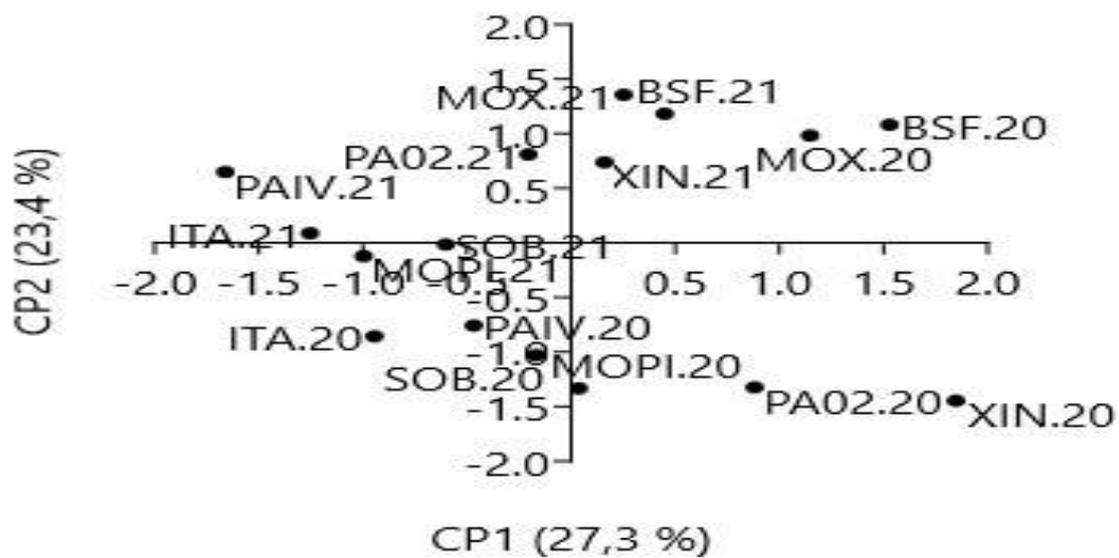
Tabela 20. Variável por eixo principal entre os anos de 2020 e 2021

Variável	PC1	PC2	PC3
<b>NH3</b>	0,338	-0,590	0,095
<b>NO3</b>	-0,054	0,414	<b>0,615</b>
<b>N – TOTAL</b>	-0,154	0,137	0,536
<b>P – TOTAL</b>	<b>0,812</b>	-0,165	0,036
<b>COT</b>	0,494	-0,560	-0,395

<b>ALC</b>	-0,402	0,560	0,550
<b>DUREZA</b>	0,612	0,577	-0,350
<b>TURBIDEZ</b>	0,682	0,482	0,236
<b>DBO5</b>	0,659	-0,112	0,457
<b>TEMPERATURA</b>	0,684	0,248	0,518
<b>PH</b>	0,449	-0,708	0,268
<b>CE</b>	0,628	0,639	-0,370
<b>OD</b>	-0,031	0,552	0,650

Fonte: Autoria própria (2022)

Gráfico 8. Distribuição dos pontos amostrais por eixo entre 2020 e 2021.



Fonte: Autoria própria (2022)

#### 4.4 Conclusão

O uso da Análise dos Componentes Principais nos dados de qualidade da água no Submédio e Baixo São Francisco demonstrou significância para pontos críticos na degradação da salubridade e os principais parâmetros responsáveis. No ano de 2016 a área referente ao BSF 16 em Piaçabuçu/AL representou, com destaque a condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos, indicando alterações que se justificam, principalmente pela intrusão da cunha salina. O componente 2, indica elevações no OD no ponto MOX03, apontando relação com eliminação de cargas orgânicas no trecho analisado.

No ano de 2017, o PC1 e PC2 conseguiram sozinhos explicar 80,862%, maior percentual até então, concentrando 51.267% no primeiro eixo, com destaque ao BSF16 e os compostos COT, P Total, Dureza, N- Total, NO<sup>3</sup>, CE, alcalinidade e temperatura, assim como no ano anterior, relaciona-se com a salinidade da região. A presença de compostos nitrogenados aponta associação com resíduos de atividades agropecuárias e aquícolas, como carcinicultura. A presença de OD em destaque na segunda componente é um composto normalmente associado na avaliação da poluição, nesse momento, com ênfase ao município de Paulo Afonso/BA.

Em 2018, o PC1 mantém nexos com o BSF16, XIN 10 e XIN 4, todos localizados no Baixo São Francisco, com ênfase a N Total, dureza, alcalinidade, NO<sub>3</sub> e CE, é válido levantar a demanda por investigações a respeito da extensão do impacto dos sais na foz do São Francisco, visto que, nesse momento, novos pontos se destacam explicando a variação. Apesar da baixa significância em relação aos demais, os parâmetros NH<sub>3</sub> e DBO demonstraram leve correlação com o trecho entre Sobradinho e Itaparica, ambos pontos na Bahia.

Em 2019 BSF 16 e XIN 10 se mantiveram justificando maiores fontes de alteração na qualidade da água, assim como PA02 e MOX03, nesse momento, MOPI01, área correspondente às Pisciculturas de Quixaba. Os principais compostos no eixo 1 são NO<sub>3</sub>, NH<sub>3</sub> e temperatura e para o segundo componente fósforo total, turbidez e DBO. No PC1 estão XIN10, BSF16 e MOX03, no segundo PA02 e MOPI01.

A fonte de variância dos dados é reduzida no ano de 2020, assim como nos demais anos, as regiões críticas para qualidade da água são XIN 10, BSF 16, MOX 03 e PA02, com correlação direta com dureza e CE. O PC1, ainda que, com baixa diferença significativa, aparece XIN04, no corpo do reservatório de Xingó.

O estudo apresenta tendências nas fontes de variação e da significância entre os pontos, entretanto, nos últimos anos, a elevação da salinidade e de compostos nitrogenados, sobretudo, no Baixo São Francisco, bem como, o aumento das áreas afetadas por estas tem se destacado na degradação da qualidade ambiental, requerendo ações para reduzir os impactos, entre as quais, a manutenção da vegetação às margens do rio São Francisco. planejamento de atividades agropecuárias e aquícolas e associação ao regime de vazão podem implicar em melhorias na qualidade da água.

No Submédio São Francisco, são necessárias investigações mais aprofundadas acerca das fontes de poluição, sendo os compostos principais identificados na análise, associados a análise de poluição, como OD, BDO, fósforo total e outros, com destaque as áreas referentes a Paulo Afonso e Itaparica e no reservatório Moxotó.

Vale destacar que, os principais usos e ocupação do solo nas regiões com maiores alterações da qualidade da água são agricultura, pastagem e aquicultura, com significativas reduções das florestas nos últimos anos e redução no percentual das áreas não vegetadas, que podem incidir sobre o ciclo de determinados compostos e reduções ou elevações das concentrações na água.

Entre as principais justificativas em melhorias na qualidade da água está o aumento no volume hídrico evidenciado no mapa de uso e cobertura da terra entre 2016 e 2020, fator que eleva a diluição dos compostos no volume total implicando em uma menor significância para a presença desses.

## 4.5 REFERÊNCIAS

- AWAN, F.; ALI, M. M.; AFRIDI, I. Q.; KALSOOM, S.; FIRYAL, S.; NAWAZ, S.; AKHTAR, R.; IQBAL, A.; SAEED, S.; NASEER, R. Drinking water quality of various sources in Peshawar, Mardan, Kohat and Swat districts of Khyber Pakhtunkhwa province, Pakistan. **Brazilian Journal of Biology**, [S.L.], v. 84, p. 1-6, 2024. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1519-6984.255755>.
- DINO, B.R.M.; TOLEDO, A.M.A. Diagnóstico do Uso e Cobertura Do Solo em Áreas De Preservação Permanente e a Qualidade da Água de Dois Rios na Bacia do Alto Paranapanema. Jandaia (GO). **Enciclopédia Biosfera**. v.17 n.33; p. 164, 2020. Disponível em: < <https://www.conhecer.org.br/enciclop/2020C/diagnostico.pdf>>. Acesso em mar. 2022.
- DOMPIERI, M.H.G.; SILVA, J.R.S.; FUJIMOTO, R.Y.; CUNHA, F.S. Análise do uso e ocupação das terras no Baixo São Francisco, a partir de técnicas estatísticas multivariadas. **Rev. Econ. NE**, Fortaleza, v. 51, n. 3, p. 25-50, jul./set., 2020.
- FONSECA, Sândira Livia Moraes; MAGALHÃES, Aline Almeida de Jesus; CAMPOS, Vânia Palmeira; MEDEIROS, Yvonilde Dantas Pinto. Effect of the reduction of the outflow restriction discharge from the Xingó dam in water salinity in the lower stretch of the São Francisco River. **Rbrh**, [S.L.], v. 25, p. 1-16, 2020. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/2318-0331.252020180093>.
- FRANÇA, B. T., ANDRADE, M. P., RIBEIRO, C. B. M., & Hippert, H. S. (2021). Dinâmica do uso do solo e alterações na vazão na bacia do Rio São Francisco no início do Séc. XXI. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, 18, e11. <https://doi.org/10.21168/rega.v18e11>.
- GONÇALVES, Mario Jorge de Souza. Avaliação Do Impacto Ambiental Da Redução De Vazão Na Foz Do Rio São Francisco. In I Simpósio da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco. 2016. Juazeiro – BA. **Anais**. 2016. p. 1-8.
- GOTELLI, N. J., ELLISON, A. M. 2011. **Princípios de Estatística Em Ecologia - ARTMED EDITORA**. 528p. ISBN: 8536324325.
- LIMA, Sabrina dos Santos. **Importância da preservação das matas ciliares do Rio São Francisco no município de Paulo Afonso – BA**. 2022. 53 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Geografia) - Unidade Delmiro Gouveia - Campus do Sertão, Universidade Federal de Alagoas, Delmiro Gouveia, 2021. Disponível em: <http://www.repositorio.ufal.br/handle/123456789/8308>.
- LIMA, Carlos Eduardo Sousa; MAGALHÃES, Jefferson Hannover Faustino; SILVA, Marx Vinicius Maciel da; SILVA, Greicy Kelly da; MARCO JÚNIOR, Antonio Duarte; SILVEIRA, Cleiton da Silva. Dinâmica do uso e cobertura do solo e evolução das demandas consuntivas d'água e seus impactos nas vazões da bacia hidrográfica do rio São Francisco. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, XXIV., 21 a 26 nov. 2021, Belo Horizonte-MG. **Anais** [...], Belo Horizonte-MG., 2021.
- MASOOD, Z.; HASAN, Z.; GUL, H.; ZAHID, H.; HASSAN, H. U.; SULTAN, R.; KHAN, W.; SAFIA; TITUS, K.; ULLAH, A. Monitoring pond water quality to improve the production of *Labeo rohita* (Hamilton, 1822) in Bannu Fish Hatchery of Bannu district, Khyber Pakhtunkhwa province; An Implications for artificial fish culture. **Brazilian Journal**

**Of Biology**, [S.L.], v. 83, p. 1-10, 2023. FapUNIFESP (SciELO).  
<http://dx.doi.org/10.1590/1519-6984.245197>.

Menezes, Maisa Silva. Monitoramento da qualidade da água da foz do Rio São Francisco. In: 29º Encontro de Iniciação Científica da UFS. São Cristóvão, Sergipe. **Anais**. 2019. Disponível em:< <https://ri.ufs.br/handle/riufs/12986>>. Acesso em maio de 2022.

MORAES, R. A. Análise das mudanças de uso e cobertura da terra em municípios com áreas de mineração na microrregião de Itabira, a partir de dados do MAPBIOMAS entre 1987 e 2017. **Revista Engenharia de Interesse Social** • ano 5, v. 5, n. 6, p. 77-96 • jul.-dez., 2020. Acesso em:< <https://revista.uemg.br/index.php/reis/article/view/4852/3205>>. Acesso em 26 de mar. 2022.

NOVAK, Elaine; CARVALHO, Laércio Alves; SANTIAGO, Etenaldo Felipe; FERREIRA, Fabiane Silva; MAESTRE, Marina Rodrigues. Composição química do solo em diferentes condições ambientais. **Ciência Florestal**, [S.L.], v. 31, n. 3, p. 1063-1085, 6 set. 2021. Universidad Federal de Santa Maria. <http://dx.doi.org/10.5902/1980509828995>.

OLIVEIRA, Dhisney Gonçalves de; VARGAS, Reinaldo Romero; SAAD, Antonio Roberto; ARRUDA, Regina de Oliveira Moraes; DALMAS, Fabrício Bau; AZEVEDO, Fernanda Dall'Ara. Land use and its impacts on the water quality of the Cachoeirinha Invernada Watershed, Guarulhos (SP). **Ambiente e Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, [S.L.], v. 13, n. 1, p. 1, 12 jan. 2018. Instituto de Pesquisas Ambientais em Bacias Hidrograficas (IPABHi). <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.2131>.

OLIVEIRA JÚNIOR, Raimundo Fernandes de; LEMOS FILHO, Luis César de Aquino; BATISTA, Rafael Oliveira; FERREIRA, Larissa Luana Nicodemos; COSTA, Lucas Ramos da; CAMINHA, Mateus Pessoa. MULTIVARIATE STATISTICS APPLIED TO IRRIGATION WATER QUALITY DATA OF A WATERSHED IN THE SEMIARID REGION OF BRAZIL1. **Revista Caatinga**, [S.L.], v. 34, n. 3, p. 650-658, set. 2021. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21252021v34n317rc>.

PINTO, C.C. **MONITORAMENTO DE QUALIDADE DE ÁGUA BASEADO EM ANÁLISE POR COMPONENTES PRINCIPAIS: UMA ABORDAGEM LOCAL**. 2021. 170 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte – MG. 2021. Disponível em:< [https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/35521/1/Monitoramento%20de%20qualidade%20de%20a%20gua%20baseado%20em%20an%20alise%20por%20componentes%20principais\\_uma%20abordagem%20local.pdf](https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/35521/1/Monitoramento%20de%20qualidade%20de%20a%20gua%20baseado%20em%20an%20alise%20por%20componentes%20principais_uma%20abordagem%20local.pdf)>. Acesso em: abr. 2022.

PREIS, C.M.; FRANCO, D.; VARELA, S.C. Avaliação do Uso e Ocupação do Solo na Bacia Hidrográfica do Rio Itajaí e Simulação para 2027. São Paulo, UNESP, **Geociências**, v. 40, n. 2, p. 407- 414, 2021. Disponível em:< <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/geociencias/article/view/14321/12152>>. Acesso em mar. 2022.

RAMOS, Marcos de Paulo; SOARES, Ana Luiza Cunha; NOBREGA, Rodrigo Affonso de Albuquerque; RAMOS, Marcony de Paulo; NAIME, André Luiz Fonseca; SIQUEIRA, Lyssandro Norton. Geotecnologias e qualidade da água: estudos em reservatórios de abastecimento público. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, [S.L.], v. 11, n. 7, p. 722-739, 10 ago. 2020. Companhia Brasileira de Produção Científica. <http://dx.doi.org/10.6008/cbpc2179-6858.2020.007.0055>.

RANGEL, G.S.; QUEIROZ, L.M. LANÇAMENTO DE EFLUENTES E QUALIDADE DA ÁGUA: UMA ANÁLISE A PARTIR DE INDICADORES NOS RESERVATÓRIOS ITAPARICA E MOXOTÓ E COMPLEXO PAULO AFONSO. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, XV., 22 a 26 nov. 2020, Online. **Anais**. 2020.

SANTANA, N.R.F.; AGUIAR NETTO, A.O.; GARCIA, C.A.B. QUALIDADE DA ÁGUA DA FOZ DO RIO SÃO FRANCISCO. In: SIMPÓSIO DE ÁGUAS TERMAIS, MINERAIS E NATURAIS DE POÇOS DE CALDAS, II. 26 A 29 set. 2017. Sn. **Anais**. 2017.

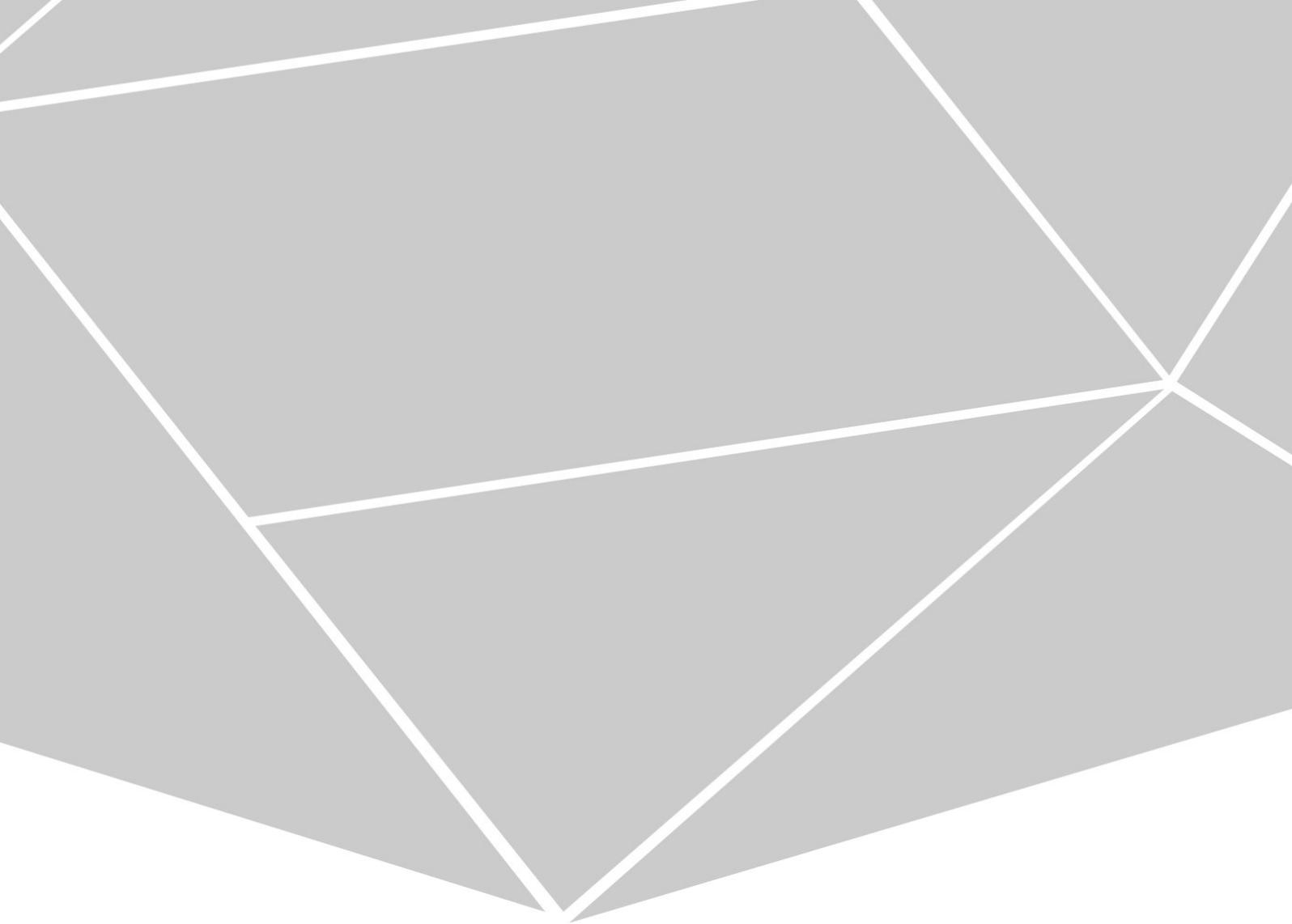
SILVA, J.V.; VIANA, L.P.; SOARES, E.C.; SILVA, T.J. **Iº EXPEDIÇÃO CIENTÍFICA DO BAIXO SÃO FRANCISCO: RESGATE HISTÓRICO E RADIOGRAFIA ATUAL DO VELHO CHICO**. Tese (Doutorado). UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS. Maceió-AL. 2019. Disponível em:< [https://www.researchgate.net/profile/Jose-Silva-93/publication/340978646\\_I\\_EXPEDICAO\\_CIENTIFICA\\_DO\\_BAIXO\\_SAO\\_FRANCISCO\\_RESGATE\\_HISTORICO\\_E\\_RADIOGRAFIA\\_ATUAL\\_DO\\_VELHO\\_CHICO/links/5ed6d0ea299bf1c67d34c4ac/I-EXPEDICAO-CIENTIFICA-DO-BAIXO-SAO-FRANCISCO-RESGATE-HISTORICO-E-RADIOGRAFIA-ATUAL-DO-VELHO-CHICO.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Jose-Silva-93/publication/340978646_I_EXPEDICAO_CIENTIFICA_DO_BAIXO_SAO_FRANCISCO_RESGATE_HISTORICO_E_RADIOGRAFIA_ATUAL_DO_VELHO_CHICO/links/5ed6d0ea299bf1c67d34c4ac/I-EXPEDICAO-CIENTIFICA-DO-BAIXO-SAO-FRANCISCO-RESGATE-HISTORICO-E-RADIOGRAFIA-ATUAL-DO-VELHO-CHICO.pdf)>. Acesso em maio de 2022.

SILVA, G.N.; ASSIS, J.M.O; SILVA, V.A.; SEVERI, W.; SOBRAL, M.C.M. MONITORAMENTO DE PISCICULTURAS EM TANQUE-REDE E INFLUÊNCIA DA SAZONALIDADE NA QUALIDADE DA ÁGUA DE RESERVATÓRIO. In: 30º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. **Anais**. 2019. Disponível em:< <https://abesnacional.com.br/XP/XP-EasyArtigos/Site/Uploads/Evento45/TrabalhosCompletoPDF/IV-168.pdf>>. Acesso em maio de 2022.

SOBRAL, Maria do Carmo; LOPES, Helio; CANDEIAS, Ana Lúcia; MELO, Gustavo; GUNKEL, Günter. Geotecnologias na gestão de reservatórios: uma revisão e uma proposta de integração. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, [S.L.], v. 22, n. 5, p. 841-852, out. 2017. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522017111054>.

SILVA, R.A.S.; SANTOS, D.C.; GARCIA, C.A.B.; GOMES, M.V.T.; COSTA, S.S.L. APLICAÇÃO DA ANÁLISE ESTATÍSTICA MULTIVARIADA EM ÁGUAS DE CARCINICULTURAS NA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO BAIXO SÃO FRANCISCO. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, XV., 22 a 26 nov. 2020, Online. **Anais**. 2020. Disponível em:< <https://files.abrhidro.org.br/Eventos/Trabalhos/130/XV-SRHNE0032-1-20200601-130615.pdf>>. Acesso em maio. 2022.

STUANI, Giovana Reali; SILVA, Ana Carolina da; HIGUCHI, Pedro; LARSEN, Janaina Gabriela; MACHADO, Felipe Domingos; SANTOS, Guilherme Neto dos. Impacto antrópico na dinâmica de uma floresta nebulosa do planalto catarinense. **Ciência Florestal**, [S.L.], v. 31, n. 4, p. 1714-1732, 17 nov. 2021. Universidad Federal de Santa Maria. <http://dx.doi.org/10.5902/1980509842667>.



**5 CAPÍTULO. CONFLITOS SOCIOAMBIENTAIS PELA ÁGUA  
DO SUBMÉDIO E BAIXO RIO SÃO FRANCISCO.**

# **C A P Í T U L O 5**



## 5 CONFLITOS SOCIOAMBIENTAIS PELA ÁGUA DO SUBMÉDIO E BAIXO RIO SÃO FRANCISCO.

### RESUMO

A totalidade orgânica e indissociável da complexidade ambiental, atribui aos elementos constitutivos do meio a demanda por uma abordagem multidisciplinar, que considere os elementos que compõem os sistemas. A ocorrência de conflitos se estabelece dentro da frustração das expectativas em torno da ordem e das normas, sendo o sistema jurídico equalizador no equilíbrio e construção de princípios de conduta. O objetivo do trabalho foi analisar a ocorrência de conflitos pelo uso da água na região do Submédio e Baixo São Francisco, associados às alterações na qualidade da água e dinâmicas de uso e cobertura da terra. Utilizando o método complexo de Edgar Morin, diante da fundamentação de Luhmann, para apresentar os dados de conflitos institucionalizados no Brasil, entre 2016 e 2020. Os resultados apontam que as principais alterações que resultaram em conflitos estão associadas aos barramentos e às modificações da vazão, supressão de vegetação, alterações sedimentológicas, dano direto à qualidade da água e restrições de acesso aos recursos hídricos. Já as decisões e argumentos dos principais atores sociais envolvidos estão em torno dos fundamentos legais que regem as atividades, em alguns casos, assumindo riscos de frustrações. Conclui-se que, há demanda de agrupamento e integração dos dados para auxiliar na prática do direito, principalmente considerando que a bacia hidrográfica analisada é federal e requer investigação transdisciplinar dos fenômenos.

**Palavras-Chave:** Conflitos; Recursos Hídricos; Percepção Ambiental.

## ABSTRACT

The organic and inseparable totality of environmental complexity attributes to the constituent elements of the environment the demand for a multidisciplinary approach, which considers the elements that compose the systems. The occurrence of conflicts is established within the frustration of expectations around order and norms, being the legal system an equalizer in the balance and construction of principles of conduct. The objective of this study was to analyze the occurrence of conflicts over water use in the region of the São Francisco and São Francisco rivers, associated with changes in water quality and the dynamics of land use and land cover. Using the complex method of Edgar Morin, in the face of Luhmann's rationale, to present the data of institutionalized conflicts in Brazil, between 2016 and 2020. The results indicate that the main changes that resulted in conflicts are associated with dams and flow modifications, vegetation suppression and changes in sedimentology, direct damage to water quality, and restrictions on access to water resources. The decisions and arguments of the main social actors involved are around the legal grounds that govern the activities, in some cases assuming the risk of frustration. We conclude that there is a demand for grouping and integration of data to assist in the practice of law, especially considering that the watershed analyzed is federal and requires transdisciplinary analysis of the phenomena.

**Key-words:** Conflicts; Water Resources; Environmental Perception.

## 5.1 Introdução

A percepção é uma construção empírica, que se dá na leitura das experiências e está orientada pelas sensações e pela atividade perceptiva. A percepção ambiental se dá dentro dessa organização a partir da ética e tomada de consciência. (OLIVEIRA, 2009). Acerca deste assunto, Niklas Luhmann (1995) fundamenta a teoria sistêmica, que reflete os sistemas vivos, psíquicos e sociais, são autopoieticos, autorreferenciais e fechados. Tais compreensões permitem a amparar o domínio dos catalisadores das diversas formas de degradação ambiental e eventuais crises ambientais, entre as quais, estão a contaminação, degradação dos constituintes naturais, os conflitos de uso e as noções de espaço e demanda.

Logo, a crise ambiental é um problema gnosiológico, que se origina da compreensão que temos do meio, efetivada pela racionalidade indouta dos processos ecológicos, que reproduz a fragmentação e a redução da complexidade ambiental. O saber originário dessa reapropriação da natureza, cultura, da autogestão dos processos produtivos é mobilizado pela problemática socioambiental, condicionada pelos contextos econômico, ecológico e cultural, bem como pelos interesses sociais contrapostos. (LEFF, 2018ab).

Com base nas prerrogativas anteriores, se estabelece a reflexão dos conflitos ambientais sendo instituídos por manifestações de perspectivas distintas entre os atores sociais envolvidos, os quais, se estabelecem dentro de diferentes lógicas de dominação e apropriação dos recursos, estando a água inserida no processo político relacionado ao direito de acesso. Capellari e Capellari (2018) definem a água enquanto um bem jurídico, social e econômico, que deve ser protegido, permitindo que os componentes essenciais à sobrevivência e manutenção dos sistemas se apresentem em quantidade e qualidade adequadas.

Nessa conjuntura, se configuram os conflitos pelo uso da água na Bacia Hidrográfica do rio São Francisco, no qual, diferentes processos e atores sociais apresentam formas diferentes de enxergar o mesmo objeto, partindo ora dos interesses particulares e ora dos coletivos. Nessa conjuntura, os barramentos que se estabeleceram ao longo dos últimos 50 anos na região do submédio e baixo São Francisco, associados a eliminação de resíduos da agricultura, da pecuária, da operação das indústrias e das atividades humanas, tiveram como reflexo a elevação nas disputas.

Segundo o relatório da Pastoral da Terra, em 2019 houve elevação significativa no número de conflitos pela água, contabilizando 489 disputadas em todo o país, destes, 234 ocorrem no Nordeste. Estão associados a atividades como mineração, agronegócio, hidroelétricas, governos e outros. Tendo como principais implicações, as limitações de acesso para comunidades, bem como para as atividades econômicas e contaminação da água (CTP, 2020).

O autor supradito, aponta que muitos dos conflitos por água, estão inseridos em um cenário de disputas territoriais, retirada de grandes quantidades de água pela agricultura de grande porte, contaminação pelo uso de agroquímicos, resíduos referentes ao rompimento da barragem de Brumandinho (MG), aparecimento de óleo no litoral e alterações na qualidade associado às atividades urbanas, principalmente em áreas com insuficiência nos serviços de saneamento, problemas que podem ser agravados em situação de redução da vazão e com alterações dos ecossistemas.

No tocante a essa temática, Cunha, Vilar e Pinheiro (2016) apontam que um conjunto de ações na região no baixo São Francisco, afetou o complexo ambiental, os fluxos energéticos, ciclagem de nutrientes, gerando ambientes instáveis e insustentáveis, afetando a vida dos atores sociais, aumentando a pressão nos ecossistemas e prejuízos às estruturas organizacionais. Para Soares, Silva e Navas (2020) a bacia hidrográfica do rio São Francisco, principalmente em seu baixo curso tem se destacado quanto a ocorrência de conflitos, possuem como principais geradores as modificações na hidrologia pelo represamento ao longo do seu curso, fatores ligados à pesca, geração de energia elétrica, esgoto oriundo das cidades, assoreamento, agroquímicos às margens do rio e retirada de vegetação marginal.

Ainda nessa região, no reservatório Xingó, perímetro que corresponde aos estados de Sergipe, Alagoas e Bahia, problemas como a contaminação e acúmulo de matéria orgânica, tem sido associado a produção de cianobactérias tóxicas. A Companhia de Saneamento de Sergipe (DESO) monitorou em 2015 uma mancha de 35 km de extensão no reservatório Xingó, causada pela concentração de microalgas fitoplanctônicas (Dinoflagelado *Ceratium* sp), sendo necessário criação de vazão instantânea acima do limite normal para diluição da concentração, procedimento realizado pela CHESF. Apesar da realização do procedimento, os picos de cheia não eliminaram totalmente a mancha, mas criou-se uma faixa de segurança nas zonas de captação das companhias de abastecimento.

Para Gonçalves (2016) as cotas mínimas na foz vêm aumentando e as cotas máximas reduzindo, refletindo em problemas associados a salinização do rio São Francisco em seu baixo curso, sendo que em sua foz, a exemplo de Piaçabuçu/AL, essas reduções das cheias que conseguem empurrar a cunha salina de volta para o mar vem permitindo o estabelecimento de maior salinidade na calha do rio São Francisco e conseqüentemente gerando impactos ambientais, principalmente nas comunidades ribeirinhas.

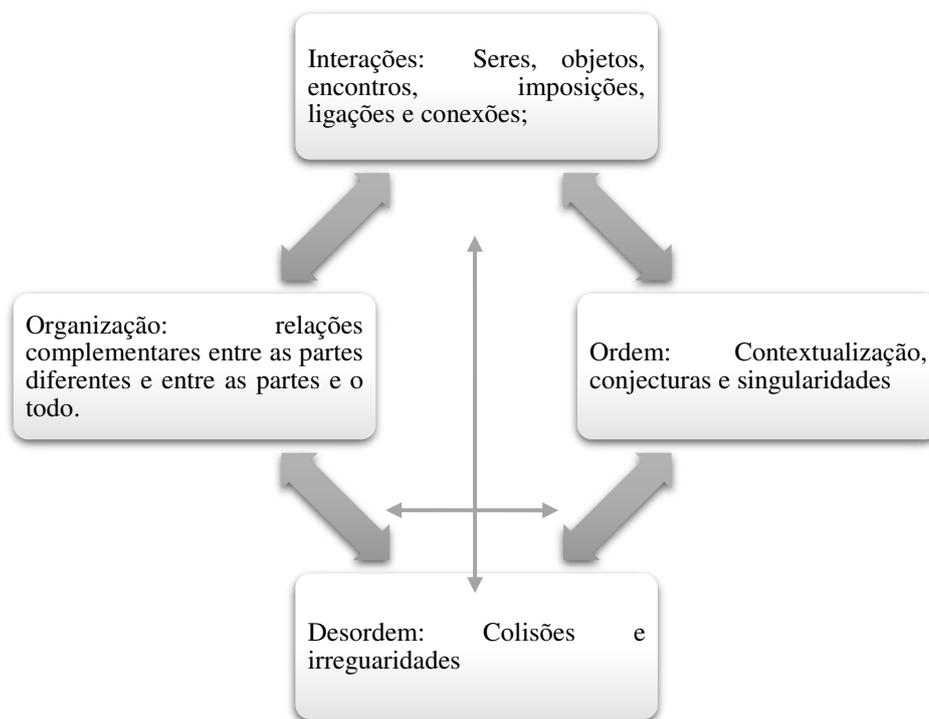
No Brasil, a lei n. 9433 de 8 de janeiro de 1997 apresenta os dispositivos na arbitragem dos conflitos, em seus artigos 32, 35 e 38, aponta para importância da participação do governo, sociedade civil e usuário, definindo os usos prioritários, atribui aos comitês de bacia hidrográfica a resolução dos conflitos em primeira instância e em última instância administrativa compete ao Conselho Nacional de Recursos Hídricos mediar os conflitos existentes entre os Conselhos estaduais. Vale ressaltar que em alguns casos, visto a impossibilidade de deliberações na esfera administrativa, os usuários recorrem ao judiciário para garantia dos direitos.

O objetivo deste capítulo foi analisar a ocorrência dos conflitos pelo uso da água na região do submédio e baixo São Francisco, associados a alterações na qualidade da água e dinâmicas de uso e cobertura da terra.

## **5.2. Método e Procedimentos Metodológicos**

O objetivo deste capítulo foi alcançado através da fundamentação do método complexo proposto por Edgar Morin (1997). Do ponto de vista organizacional, a proposição aponta para aplicação do diagrama de ordem, desordem, interação e reorganização. Reflete a concepção de totalidade e interconexão que compõem os sistemas, partindo da complexidade até a construção de um pensamento inter, multi e transdisciplinar, que busca explicações e compreensão pela complexidade, pelo diálogo, pela inserção do sujeito, na conexão do disjunto, com as contribuições teóricas de Niklas Luhmann. Para tanto, foi desenvolvido um modelo para organização das ideias e complexidades acerca dos fenômenos observados, apresentado na figura 9.

### **Figura 9. Procedimentos metodológicos com base na teoria da complexidade.**



Fonte: Adaptado de Edgar Morin (1977,2005).

Para sistematização das informações, foram definidos os seguintes critérios de interesse: Para ordem: apresentação da situação ambiental, contextualização, conjecturas e singularidades ambientais. Para desordem: Situações de irregularidades e colisões que geram os conflitos ambientais. A organização foi apresentada com base nos discursos dos atores sociais, argumentos e elementos complementares e opostos. Para as interações: atores sociais, situações de encontros, imposições ambientais, mapa de distribuição dos conflitos, mapa de conexão das interações e agregação das informações de judicialização dos conflitos, vale ressaltar com base na teoria da complexidade, que todos os processos ocorrem de forma conecta e em alguns pontos simultaneamente.

A complexidade é apresentada de acordo com cada assunto analisado, utilizando o arranjo proposto por Edgar Morin e Niklas Luhmann, a partir da identificação dos elementos que constituem a ordem, a desordem, a organização e as interações, sem necessariamente recorrer a segregação desses constituintes ambientais.

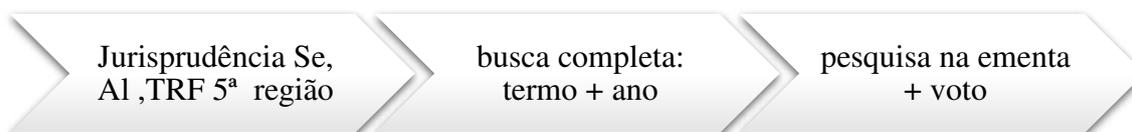
A agregação dos dados de judicialização foi estabelecida adaptando os procedimentos de análise de conflito de Aguiar Netto e Moura Júnior (2011), de acordo com o assunto, classe da ação, fundamento legal, comarca ou município, sentenças e medidas jurídicas, bem como,

com os argumentos dos atores sociais envolvidos e demais informações singulares a cada documento.

Como técnica de pesquisa foi empregue à pesquisa documental por Marconi e Lakatos (2003), a partir da compilação de arquivos públicos. Os dados foram coletados a partir de consulta na plataforma do Tribunal de Justiça dos Estados de Sergipe, Alagoas, Bahia e Pernambuco e Tribunal Federal de Justiça localizado em Recife (TRF 5ª região), que recepciona os recursos em segunda instância, referentes aos estados de Alagoas, Ceará, Paraíba, Pernambuco, Rio Grande do Norte e Sergipe, utilizando como termo de busca “rio São Francisco” entre os anos de 2016 e 2020.

Tanto no Tribunal de Justiça de Sergipe (TJSE), quanto no Tribunal de Justiça de Alagoas (TJAL), os dados foram coletados através da Jurisprudência. Já para o Tribunal de Justiça da Bahia (TJBA) e Tribunal de Justiça de Pernambuco (TJPE) foi necessária busca pela plataforma JusBrasil. conforme as imagens apresentadas nas figuras 10 e 11.

**Figura 10. Passo a passo da busca de dados de judicialização**



**Figura 11. Passo a passo da busca de dados de judicialização.**



Foram também obtidos os dados de conflitos por água no Brasil a partir de requerimento realizado à Comissão Pastoral da Terra (CPT), através do Centro de Documentação Dom Tomás Baldino. Além dos documentos disponibilizados na plataforma do Tribunal de Justiça Federal e os trabalhos de campo realizados na área de estudo, dentro do recorte temporal da pesquisa.

Os critérios definidos para exclusão de documentos foram os documentos fora da área de estudo, assuntos não relacionados à água e/ou meio ambiente e os que se repetiam na mesma plataforma. A exemplo de conflitos fora da área de estudo, destaque para os que ocorrem dentro do Médio São Francisco, os quais, tinham como tema central a atuação de mineradoras sob presunção de contaminação da água. Já para os registros dentro da área analisada, porém, com pontos centrais não abordados, são os que ocorrem principalmente no Submédio São Francisco, associados à energia elétrica.

A plataforma que apresentou maior efetividade de busca foi a do TJSE, no qual, maioria dos estudos encontrados correspondiam a temática estudada, apesar do TJAL não refletir nessa mesma possibilidade, organiza os dados por relevância, estando os que eram representativos nas primeiras páginas. Os dados do TJBA e TJPE não restringiam o termo utilizado, ainda que com uso de operadores booleanos, sendo assim, o uso do JusBrasil auxiliou na busca. O TRF 5º Vara foi eficiente para busca, além de gerir por relevância, admite o uso de aspas na busca, eliminando documentos que não apresentassem o termo específico de busca. Já o material enviado pela CPT, apresentou-se organizado por ano, com informações dos locais de ocorrência e agregando a quantidade de famílias, o que reflete em um menor número de conflitos individualizados, conforme tabela 16.

Tabela 21. Busca e seleção de dados de conflitos pela água

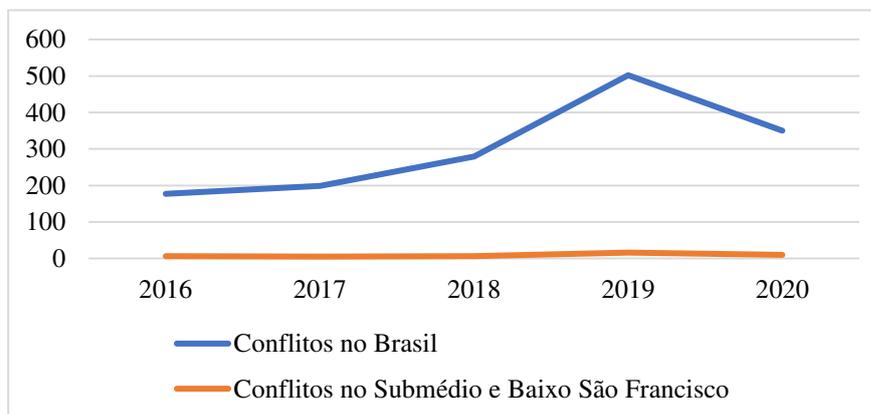
ANO	TJSE	TJAL	TJPE	TJBA	5ª TRF	CPT						
	*	**	*	**	*	**	*	**	*	**	*	**
<b>2016</b>	0	0	5520	12	280	1	3.400	1	51	10	177	6
<b>2017</b>	155	125	4020	10	1420	0	4.160	0	58	6	199	6
<b>2018</b>	79	72	9580	71	820	1	2.340	0	103	7	279	7
<b>2019</b>	592	46	8660	28	1970	1	4.950	0	190	7	502	16
<b>2020</b>	50	49	8120	3	2020	0	4.450	0	230	13	350	10

\*Trabalhos encontrados após realização das buscas nas instituições.

\*\* Trabalhos selecionados para análise por plataforma de busca.

Os conflitos por água, tanto no Brasil, quanto no Submédio e Baixo São Francisco, tiveram ápice de institucionalização o ano de 2019, com significativa redução no ano seguinte, conforme Gráfico 9.

Gráfico 8. Conflitos Socioambientais no Submédio e Baixo São Francisco registrados pela CPT.



Fonte: Autoria própria (2022).

### 5.3. Resultados e Discussão

Os conflitos ambientais institucionalizados na bacia hidrográfica do rio São Francisco estão relacionados às estruturas complexas que envolvem ações antrópicas e interações ambientais sazonais, as quais ocorrem simultaneamente e geram novas conjecturas. As dimensões sociais, econômicas, políticas e ambientais não são dissociáveis, todavia intercorrem em restrições de elementos para facilitar a compreensão e orientação da ordem. Em sua maioria, as incongruências surgem das frustrações das expectativas em torno das ações do outro, gerando novas estruturas, conforme teoria da complexidade de Morin e dos sistemas de Luhmann.

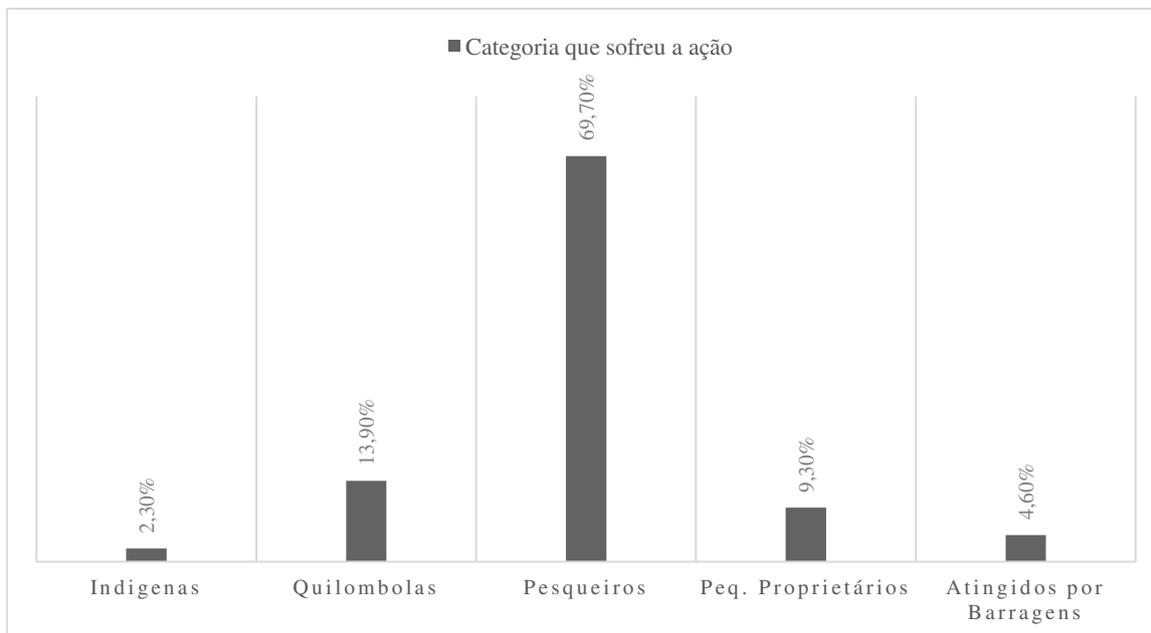
Os conflitos foram agrupados por temas, considerou-se o conceito de teoria jurídica de Luhmann (2016), e adotou-se a busca de decisões sustentáveis, o conjunto de problemas e casos, limitando e conduzindo o processo decisório. Perante o exposto, foram segregados em 6 cenários. O primeiro reflete as alterações no regime de piscosidade, proveniente das baixas vazões do rio, seguidos pelas dissidências em torno da eliminação de resíduos e efluentes sem tratamento pelos municípios. Os casos de lançamento de resíduos *in natura* provenientes de sistemas de produção agropecuária e aquícolas, obras de infraestrutura hídrica constituem os choques em torno de restrições de acesso à água, diferindo dos casos por edificações na bacia hidrográfica, que se dão pelas alterações no ecossistema local. Por fim, os que ocorrem em torno da pesca em período de defeso.

A integração dos conflitos ocorre em predomínio a nível estadual e não considerando a bacia hidrográfica integralmente, justificando as distintas sentenças adotadas. Os dados encontrados apontam compatibilidade entre os que são institucionalizados e os que são apresentados pelo CPT, com mesmo local de ocorrência e assunto, diferindo apenas em relação ao agrupamento dos atores sociais. O Estado de Sergipe é o principal no ajuizamento de ações, com demandas no Tribunal de Justiça de Sergipe quanto no TRF 5ª região, seguido pelo Estado de Alagoas.

O dano ambiental foi o principal assunto das causas analisadas nos tribunais de segunda instância, já nos documentos do CPT são organizados enquanto destruição e/ou poluição (53,4%), apropriação particular (32,5%) e alterações na qualidade com ou sem limitações de acesso em torno dos barramentos (6,97%), em alguns casos não houve definição da categoria (6,97%). Já os atores sociais são em sua maioria, proprietários e pescadores que residem às

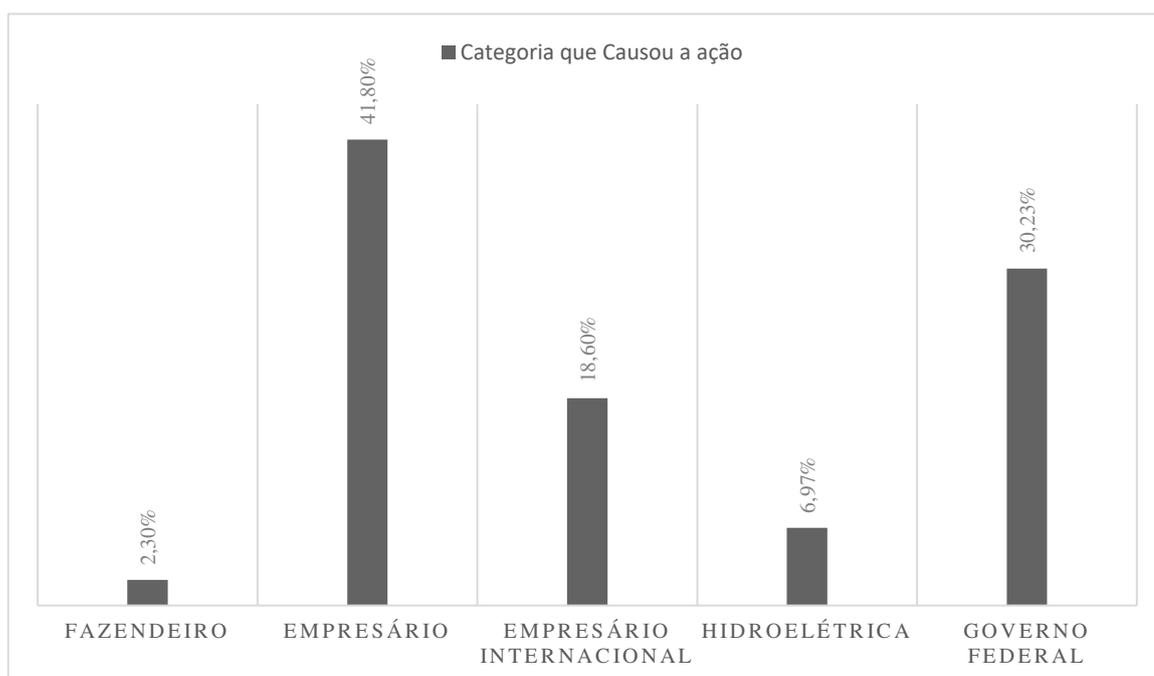
margens do rio São Francisco, o Estado e empresários. Nos dados do CPT estão organizados com especificação de alguns grupos sociais, conforme os gráficos 10 e 11.

Gráfico 10. Atores sociais envolvidos nos conflitos do CPT



Fonte: Autoria própria (2022)

Gráfico 11. Atores sociais envolvidos nos Conflitos do CPT.



Fonte: Autoria própria (2022)

Adiante, estão dispostos os dados dos conflitos institucionalizados por temáticas, inserindo os elementos que auxiliam na construção das disputas.

### **5.3.1. Conflitos por Redução da Piscosidade no baixo São Francisco em função de reduções da vazão**

A bacia do São Francisco enquanto responsável pelo desenvolvimento social e econômico do país, apresenta elevado potencial de geração de energia, ao todo são 35 hidroelétricas, 10 localizadas na calha principal e 9 diretamente relacionadas com a produção de sedimentos e a chegada da vazão na foz. O potencial hidroelétrico cresce sentido a foz com aumento da área de drenagem e da vazão, naturalmente, as principais instalações estão localizadas na região Nordeste, a partir do submédio São Francisco (GONÇALVES, 2016).

Apresentando breve histórico das modificações na hidrodinâmica do rio São Francisco, destaca-se três períodos significativos, de 1977 a 1987 com a influência da barragem de Sobradinho e seu impacto no regime hidrológico em todo o trecho a jusante, inclusive no baixo curso. De 1988 a 1993 além de Sobradinho, Itaparica, Paulo Afonso IV e Moxotó, com regulações semanais passam a se inserir nessa logística de alterações, reduzindo o aporte de sedimentos e com controle das altas vazões e do regime de cheias, principalmente na região do Baixo São Francisco. De 1994 a 2013 a hidroelétrica de Xingó passa a influenciar sobre a hidrosedimentologia e como marco de artificialização até a foz. Essa, apesar de atuar enquanto usina à fio d'água, retém sedimentos aluviais de Paulo Afonso, e sua operação produz flutuações artificiais nas vazões diárias, fatores essenciais à dinâmica do rio (VASCO, 2015; FONTES, 2011).

Para Gonçalves (2016) as vazões dos rios estão relacionadas, principalmente, ao regime pluviométrico, porém, as formas como chegam ao caminho de drenagem e o processo de armazenamento de volumes pelas hidroelétricas podem refletir em modificações nas características ambientais. Visto que, as cotas máximas, associada a dinâmica de sedimentos tem por função de empurrar a cunha salina de volta ao mar, tendo como marco fundamental ao avanço do processo a instalação da hidroelétrica de Xingó. Visto isso, Melo, Filho e Carvalho (2020 p. 1248) apresentam:

[...] desde 2013 houve redução gradativa das vazões disponibilizadas na barragem de Xingó. Conseqüentemente, houve também a redução gradativa das cargas de sedimentos em suspensão geradas nas estações de Piranhas, Traipu e Propriá, ou seja, os menores valores já registrados no BSF correspondendo as menores séries históricas tanto de vazão como de sedimentos em suspensão.

Por outro lado, Fontes (2011) aponta que o período pós construção de Xingó foi marcado pela ausência de cheias ou mesmo picos de vazões até 2003, o que levou a falsa conclusão técnica e por parte da população de que a ausência das cheias está condicionada ao controle das vazões pela UHE em questão. Porém, destaca que Xingó não é responsável direta pelo fenômeno. A análise da série histórica aporta ao reservatório de Sobradinho, após o início da operação de Xingó, uma maior influência na dinâmica hídrica da região. Entre os anos de 1994 e 1998, os dados apresentam vazões afluentes em Sobradinho acima de 5000 m<sup>3</sup>/s, que poderiam resultar em pequenas cheias no Baixo São Francisco, caso não houvesse o reservatório de Sobradinho.

Ainda conforme o autor citado anteriormente, acerca das repercussões na zona costeira e o recuo da linha da costa, apesar de não ter sido identificada correlação direta com as intervenções antrópicas, fica evidente que com a redução drástica da sazonalidade de vazão do rio e da descarga sólida aportada na foz, as linhas de costa foram alteradas. Já que o rio aporta grande quantidade de sedimentos durante os períodos de enchentes, que repõe o material erodido pelas ondas e transportado pelas correntes litorâneas, um efeito significativo do fenômeno foi a contribuição para o processo de “destruição” do povoado Cabeço, na foz do São Francisco.

Ainda, os barramentos possuem como características redução da velocidade da corrente, e conseqüentemente do transporte de sedimentos, implicando na deposição do particulado fino e na catalisação e carreamento dos minerais fixadores de compostos químicos e matéria orgânica, no qual, a depender do tempo de retenção caracteriza a retirada de alimentos para fauna aquática. Nesse sentido, grande parte da carga sólida fica retida em Sobradinho e nos

demais barramentos localizados abaixo, sendo Xingó o elo final da cadeia de retenção de sedimentos.

O setor elétrico mantém o domínio das águas para garantia da operação das usinas hidroelétricas, em detrimento de usos distintos. No início da operação da UHE Sobradinho, em 1979, a vazão defluente era regulamentada em 2.060m<sup>3</sup>/s, entretanto, em função de diversos fatores, entre os quais estão o regime pluviométrico, em determinação do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) em conjunto com a ANA, para garantia da manutenção da produção de energia (ANA, 2015).

A partir da Resolução nº 442 de 2013 da ANA, foi aprovada redução de vazão defluente de 1.300m<sup>3</sup>/s para 1.100 m<sup>3</sup>/s para os barramentos de Sobradinho e Xingó. Os valores da vazão mínima de defluência chegaram em 2017 a 550 m<sup>3</sup>/s instituída através da Resolução ANA 1291, prorrogada pelas Resoluções nº 1.943/2017, nº 30/2018, nº 51/2018, nº 90/2018 e nº 19/2019, obtendo os menores valores desde o início da operação. Em 2019 foi autorizada elevação da vazão para 800 m<sup>3</sup>/s para defluências por média diária (ANA, 2019).

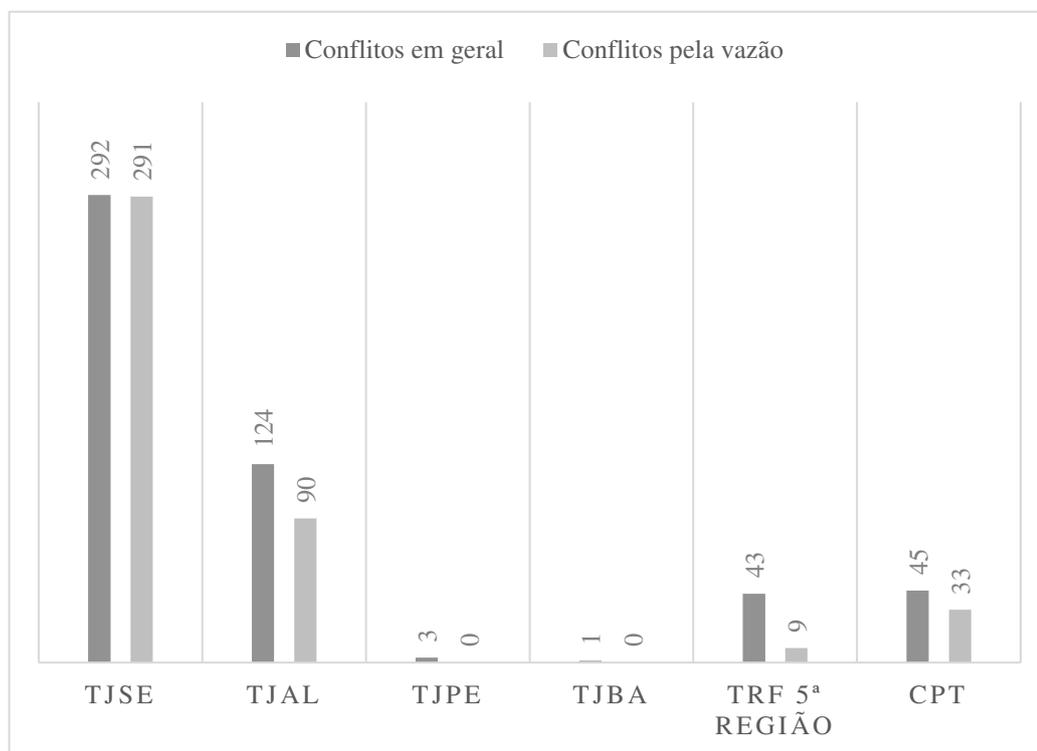
Em função de solicitações do CBHSF para viabilizar a IV Expedição do Baixo São Francisco, em 2021, a partir de tentativas realizadas pela CHESF, em conjunto com ONS e ANA, houve elevação da defluência média diária da UHE Xingó de 800 m<sup>3</sup>/s para 1.400 m<sup>3</sup>/s, já na UHE Sobradinho, os valores para defluência se mantiveram 800 m<sup>3</sup>/s que seguiram nesses patamares até nova reavaliação (CHESF, 2021).

A alteração na vazão e consequente modificação na dinâmica ambiental do rio São Francisco é a principal causa dos conflitos da bacia hidrográfica do rio São Francisco, tendo como área de ocorrência principal a região do baixo São Francisco. Os principais atores sociais envolvidos são os pescadores ribeirinhos, tendo em vista impactos econômicos e nas estruturas organizacionais da região. Em antagonismo a CHESF, enquanto reguladora da vazão, recebe as determinações diárias e horárias de geração de hidreletricidade, por meio de demandas do ONS e assim atua regulando a geração de hidreletricidade demandada para suprir a rede nacional elétrica e assim altera as vazões ouvindo a ANA, o CBHSF e demais instituições participantes das reuniões regulares das Salas de Situação da Bacia Hidrográfica do rio São Francisco, descritas em boletins regulares elaborados pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA, 2022).

Entre os estados que concentram 100% dos conflitos relacionados à vazão estão Sergipe e Alagoas. Em geral, constatou-se significativa elevação no número de conflitos entre 2016 e 2020, principalmente em Sergipe. Em ambos os estados, considerando os dados dos respectivos tribunais de justiça o ápice ocorreu em 2017, já para os dados obtido pelo CPT esse pico ocorreu em 2019. No TRF5 não houve distinção entre os anos de 2018, 2019, 2020, apresentando valores superiores aos anos anteriores. Quanto as comarcas e municípios apresentados nos arquivos estão: Neópolis, Porto da Folha, Pacatuba, Pirambu, Ilha das Flores, Propriá, Santana do São Francisco, Amparo do São Francisco, Gararu e Brejo Grande, em Sergipe. Em Alagoas estão registrados apenas os municípios de Piranhas e Piaçabuçu.

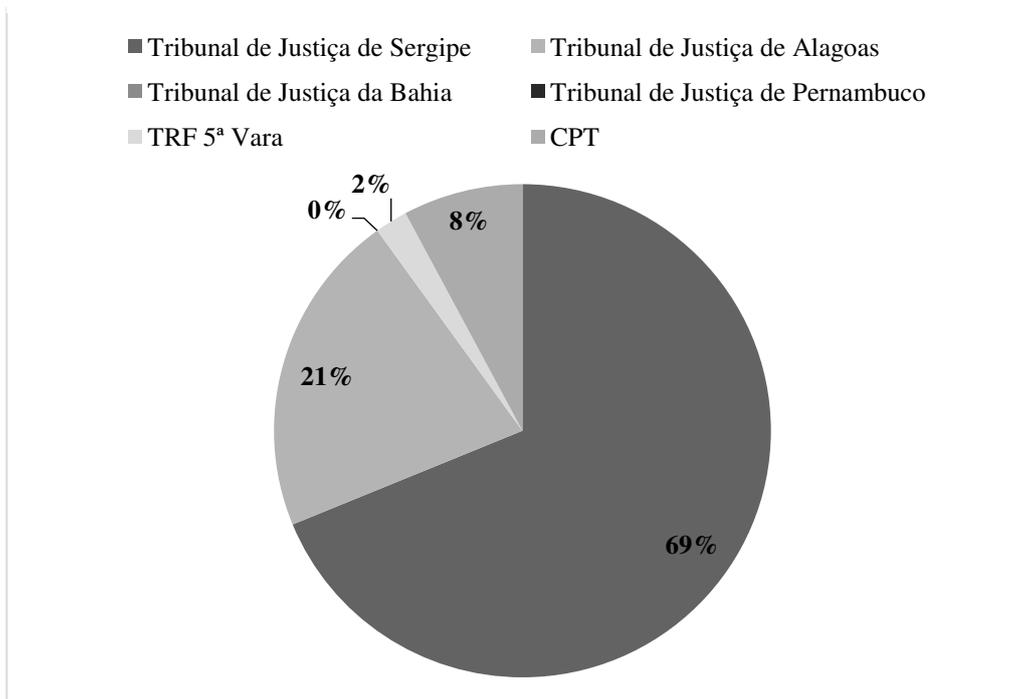
Conforme os dados de conflitos institucionalizados, o Tribunal de Justiça de Sergipe, agrega a maior quantidade destes conflitos, 69% do total tendo como assunto o dano ambiental atribuído às alterações da vazão e representa 99,65% dos conflitos que ocorrem no Estado. O Tribunal de Justiça de Alagoas, agrega 21% do total de conflitos com o mesmo conteúdo e 72,58% do total que ocorre no Estado. Posteriormente, aparece o CPT com 8% dos conflitos totais por vazão e 73,33% do assunto de todos os que ocorrem no submédio e baixo São Francisco, por fim, aparece o TRF 5ª vara, 20,9% do total, conforme gráficos 12 e 13.

Gráfico 9. Distribuição dos conflitos por vazão dentro dos conflitos totais no submédio e baixo São Francisco.



Fonte: Autoria própria (2022)

Gráfico 10. Distribuição dos conflitos por vazão no submédio e baixo São Francisco.



Fonte: Autoria própria (2022)

Os conflitos passam a se institucionalizar principalmente entre os anos de 2017 e 2018, com advento das consecutivas reduções da vazão praticadas pela CHESF desde 2013, sob fundamento legal de legitimidade passiva da sociedade de economia mista. A justificativa principal dos atores sociais litigantes foi sobre os danos ambientais decorrentes da intrusão da cunha salina e conseqüente redução e/ou mortalidade de peixes, que implicou em perdas sociais e econômicas as comunidades ribeirinhas. Não foi evidenciada a atribuição dos danos ambientais em função da retenção de sedimentos em nenhum dos recursos analisados.

É fato que, tal dano foi diretamente relacionado à operação da usina hidroelétrica Xingó, que se localiza à cerca de 65 quilômetros da antiga cachoeira da Paulo Afonso/BA à mais de 180 quilômetros da foz, mas seu regime de defluência influencia na foz. Nesse sentido nenhum recurso interposto pelos pescadores foi provido pelo TJSE e o parcial provimento em alguns dos casos se deu no sentido de conceder justiça gratuita. O que difere do entendimento do TJAL, no qual, 64 dos 90 conflitos tendo o mesmo assunto em questão, foram providos. Já no TRF5 4 de 9 foram providos, sob a perspectiva de que a criação deste barramento, assim como outros, geram impactos ambientais (Gráfico 13).

Os argumentos dos atores sociais envolvidos nos conflitos, associados ao entendimento da dinâmica ambiental, se apresentaram de forma diferente, visto que, no TJAL, processo número 0700202-87.2015.8.02.0030, por exemplo, houve provimento da apelação civil com base nos seguintes argumentos:

Alega que "embora seja uma concessionária de serviço público desempenhando função delegada pelo Estado, possui personalidade jurídica própria, devendo, assim, responder pelos danos causados a terceiros, circunstância que afasta a hipótese de responsabilidade civil do Estado no caso em apreço", vez que a CHESF, agente poluidor, é a responsável pela privação em sua renda familiar, pois, como pescador, deixou de angariar o produto do seu sustento, em razão da vazão ecológica. Pede o provimento do presente recurso, para que seja anulada a sentença recorrida, determinando o retorno dos autos à vara de origem para o devido processamento do feito (p.2).

Nesse sentido, na análise dos autos, conclui-se que:

[...] coube a CHESF executar a redução da vazão do rio São Francisco a partir da UHE Sobradinho Complexo Hidrelétrico Paulo Afonso e UHE Xingó, tornando-se, conseqüentemente, responsável direta pela reparação de eventuais danos patrimoniais ou morais que possa haver causado, diante da responsabilidade civil objetiva, calcada na teoria do risco integral, exigindo-se para sua caracterização, tão só, a ocorrência do dano, a conduta ilícita, e a relação de causa e efeito entre a conduta do agente e o dano (nexo causal) (p.5).

Já para os recursos improvidos, os principais argumentos da parte apelada, sendo essa a CHESF, que embasaram as decisões, está fundamentados na ilegitimidade passiva da instituição diante das alterações na vazão, à medida que essa não provocou redução ilícita na vazão. A exemplo, o processo número 201900727832, sob tais justificativas ambientais “Conforme se verifica dos autos e da sentença, a Nota Técnica emitida conjuntamente pelo IBAMA/COHID emerge enfática, ao afirmar que não tem qualquer liame entre a conduta da requerida e a redução da vazão no rio, assim como a redução da piscosidade” (p.1).

Visto que, entre os anexos nos autos, está o ofício nº 089/2013-SEE-MME expedido pelo Ministério de Minas e Energia, tendo como destinatária à ANA, que solicita medidas junto aos demais órgãos responsáveis, diante condições hidrológicas adversas, a implementação imediata da vazão de defluência mínima de UHE Sobradinho e UHE Xingó de 1.100 m<sup>3</sup>/s.

Entre outros, estão apresentados a cópia da Resolução 132 de 2015 emitida pela ANA, associado a documentos como autorizações especiais nº 01/2013 e 05/2015 do IBAMA que apresenta:

“prorrogar até 31 de janeiro de 2015 a redução da descarga mínima defluente instantânea dos reservatórios de Sobradinho e Xingó, no rio São Francisco, de 1.300m<sup>3</sup>/s para 1.100 m<sup>3</sup>/s autorizada por intermédio das Resoluções ANA nº. 442, de 8 de abril de 2013; nº 1406, de 4 de novembro de 2013; nº 1589, de 30 de dezembro de 2013. Já a Resolução ANA nº 206, de 23 de março de 2015 (Documento nº 00000.015303/2015-11. 1589), decide em seu art.1º “autorizar a redução até 30 de abril de 2015, da descarga mínima a jusante dos reservatórios de Sobradinho e Xingó, no rio São Francisco. De 1.300 m<sup>3</sup>/s para 1.100 m<sup>3</sup>/s”.

Chegando então ao patamar de 900 m<sup>3</sup>/s em uma terceira etapa de redução da defluência a partir da UHE de Xingó, diante das autorizações concedidas, que refletem na seguinte demanda:

[...] “para reduzir em caráter emergencial e nos períodos de carga leve (dias úteis e sábados entre 0:00h e 7:00h e durante todo o dia nos domingos e feriados), a vazão do rio São Francisco a partir da UHE Sobradinho, Complexo Hidroelétrico Paulo Afonso e UHE Xingó para 1.000m<sup>3</sup>/s”; a segunda, de 17/04/2015 “para realizar testes de redução de vazão no rio São Francisco, a partir da UHE Sobradinho até o limite de 900m<sup>3</sup>/s, medidos na defluência da UE Xingó, considerando o seguinte cronograma: -1.000m<sup>3</sup>/s em tempo integral na primeira etapa; - 950m<sup>3</sup>/s em tempo integral na segunda etapa; e 900m<sup>3</sup>/s em tempo integral na terceira etapa”, possuindo cada uma das autorizações o prazo de validade de 180 (cento e oitenta dias).

Sendo assim, os recursos improvidos referente a reduções da vazão pela CHESF, atribui a decisão enquanto cumprimento de medidas em determinação de órgãos superiores, tendo em

vista a redução da quantidade de água nos reservatórios e a possibilidade de comprometer a geração de energia e outros usos, como por exemplo, navegação. Citando a lei 9.433 de 1997. Além disto, em outros processos improvidos, é citada a nota técnica emitida pelo IBAMA/COHID, apresentando que não há relação entre vazão e a redução da piscosidade, conforme trecho da decisão apresentado no processo número: 201900734715, com destaca a seguinte nota:

[...]” A Nota Técnica 02.001.001196/2015-60 COHID/IBAMA foi incisiva ao asseverar que a UHE Xingó é uma usina a fio d'água, isto é, trata-se de um empreendimento que não detém o poder de regularização do rio São Francisco. O mesmo volume que entra no reservatório é liberado através do turbinamento de água para geração de energia ou, em épocas de cheias, é liberado pelos vertedouros. Ou seja, o volume que é defluído pelo empreendimento segue as vazões afluentes ao reservatório.

Em relação aos que ocorrem em segunda instância, ação cível pública nº 0801538-90.2015.4.05.8500, oriunda do Estado de Sergipe, veda a redução da vazão a partir da UHE Xingó sem realização de estudos prévios, com determinação de realização por parte da ANA e IBAMA que se abstenham de novas autorizações sem que haja realizado Licenciamento Ambiental ou Estudo Prévio de Impacto Ambiental (EPIA/RIMA), Avaliação Ambiental Integrada (AAI) e Avaliação Ambiental Estratégica (AAE), dos impactos sinérgicos e cumulativos.

Entre as postulações estão a concessão do efeito supressivo em ação civil pública ajuizada por pescadores dos municípios Sergipanos de Neópolis, Propriá, Gararu, Amparo do São Francisco, Ilha das Flores e Pacatuba em face da Companhia Hidroelétrica do São Francisco, do Instituto do Meio Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) e da Agência Nacional de Águas (ANA). Declara a nulidade das Resoluções e Autorizações Especiais concedidas pela ANA, IBAMA e CHESF para reduzir a vazão do rio São Francisco de 1300 m<sup>3</sup> para 900 m<sup>3</sup>, obrigando a CHESF a promover novas defluências, com ênfase no licenciamento ambiental e recuperação do rio degradado, com consulta a população ribeirinha e demais residentes do baixo São Francisco, tendo como medidas, indenizar os pescadores prejudicados por danos coletivos. As principais medidas

adotadas nos casos providos, refletiram em indenização da população pesqueira, estudos e recuperação dos danos ambientais, com solicitação de novas vazões de defluência.

A decisão acima não prosperou judicialmente, sendo revista pelo TRF-5, após recurso da Procuradoria Federal Especializada da Ana e do Ibama, já que não levou em consideração que seria mais danoso e impactante ao meio ambiente a decisão judicial de aumentar a vazão da UHE Xingó, nestas circunstâncias de 2017 e 2018, com severa crise hídrica no rio São Francisco, já que forçaria judicialmente a utilização do volume morto do reservatório da UHE Sobradinho, com possibilidade de perda significativa na qualidade da água defluente desta UHE, o que poderia prejudicar toda a utilização hídrica a jusante, no submédio e baixo rio São Francisco, com a defluência de água do volume morto deste reservatório. Tal possibilidade foi alertada nas salas de situação da crise hídrica do rio São Francisco, por instituições participantes, dentre elas representantes do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco (ANA, 2021).

Em suma, apesar de alguns trabalhos apresentarem influência do barramento Xingó na intrusão da cunha salina enquanto integrante de um conjunto de usinas, que além de alterações no regime de vazão, modificam a hidrosedimentologia da bacia. É necessário destacar que os impactos analisados são resultado de um conjunto de fatores que ocorrem concomitante, tanto por alterações antrópicas quanto por questões de sazonalidade ambiental. Embora variações ocorram em todo o submédio, os danos são mais notórios no baixo curso do rio. Outro fator a destacar é que a decisão não é unanime, ainda que em condições similares, as sentenças se deram de forma diferente, principalmente entre estados. Evidencia-se que a análise hídrica de uma bacia hidrográfica extensa como a do rio São Francisco, deve ser efetuada com o aporte de múltiplas variáveis de aspectos e impactos ambientais.

Para tanto, destaca-se a teoria do direito definida por Luhmann (2016), na qual, existem esforços para se obter uma consistência conceitual, fundamentados nos princípios, conceitos e regras de decisão, com correções da generalização pelo esquema de regra e exceção. Para o autor, o sistema jurídico se apresenta enquanto autopoietico, a partir do seu fechamento operacional e abertura cognitiva, expectativas e códigos de licitude. Considerando a sociedade enquanto sistema social composto por subsistemas, não há a comunicação direta do sistema com o ambiente, o que existe são ruídos oriundos desse último, que no subsistema jurídico é traduzido enquanto elemento comunicativo à sua própria linguagem.

Apesar da escassez hídrica severa observada em toda a bacia do rio São Francisco entre os anos de 2016 a 2019, em 2020 a pluviosidade começou a aumentar significativamente e no segundo semestre de 2021 e nos primeiros meses de 2022 houve intensas chuvas no alto e médio rio São Francisco, que elevaram significativamente o volume de água do reservatório de Sobradinho, que é a maior superfície de água doce artificial do Brasil, para mais de 100% de sua capacidade em abril de 2022, fazendo com que fosse necessário haver a defluência de vazões em cerca de 4.000 metros cúbicos por segundo a jusante desta UHE e a jusante da UHE Xingó, por diversas semanas seguidas, o que simulou uma cheia de grande intensidade neste rio. Tal fato deslocou diversos bancos de macrófitas flutuantes em direção à foz, fazendo a retirada natural de grandes volumes de matéria orgânica flutuante e enchendo de água parcial ou totalmente diversas lagoas marginais no submédio e no baixo rio São Francisco, favorecendo os habitats de reprodução da ictiofauna, o que tende a favorecer as atividades pesqueiras no final de 2022 e ao longo de 2023 no submédio e no baixo rio São Francisco.

Não é possível inferir se a defluência em cerca de 4000 m<sup>3</sup>/s a partir da UHE Sobradinho, ao longo dos meses de janeiro a março modificará a dinâmica de conflitos sociais no submédio e baixo rio São Francisco decorrente de aumento do afluxo de sedimentos e ao favorecimento das condições de reprodução da ictiofauna nas diversas lagoas marginais que foram parciais ou totalmente inundadas por algumas semanas entre janeiro e março de 2022.

Houve em janeiro de 2022 o alagamento de áreas urbanas com construções que foram instaladas irregularmente nas margens alagáveis do rio São Francisco nas orlas das cidades de Juazeiro/BA e Petrolina/PE, no submédio rio São Francisco. Estes alagamentos ocorreram devido ao aumento da vazão da UHE Sobradinho, que durou diversas semanas para defluências em torno de 4000 m<sup>3</sup>/s, tendo as defesas civis municipais e estaduais da Bahia e de Pernambuco adotado as medidas suplementares de retirada dos desabrigados em suplementação aos comunicados emitidos pela CHESF previamente ao aumento das defluências das UHEs Sobradinho e Xingó, sob acompanhamento do Comitê da Bacia Hidrográfica do rio São Francisco.

Ressalta-se que o ONS solicitou que a CHESF informe aos ribeirinhos que as UHEs de Sobradinho até Xingó podem operar em vazões de até 8.000 m<sup>3</sup>/s a depender da pluviosidade a montante e da necessidade de geração de hidreletricidade demandada pelo ONS para atender à necessidade elétrica nacional, conforme comunicados já apresentados pela CHESF às defesas

civis estaduais da Bahia, Pernambuco, Alagoas e Sergipe, além das defesas civis municipais ao longo do rio.

### **5.3.2.** Conflitos decorrentes da eliminação de resíduos *in natura* no Rio São Francisco e seus afluentes.

De acordo com o panorama do Saneamento Básico no Brasil, cerca de 79,8% do esgoto é tratado no país, porém, quando é mencionado a relação do volume de água consumido para o efluente lançado no ambiente sem tratamento esse valor chega a 50,8%. Das regiões atendidas com redes coletoras, o Norte e Nordeste se destacam negativamente, com 15,3% e 27,8% dos municípios atendidos, respectivamente (BRASIL, 2021).

Visto que, as leis 9.433 de 1997, 11.445 de 2007 e 14.026 de 2020 instituem novo paradigma de gestão dos recursos hídricos, sendo que as últimas duas tem enfoque nas diretrizes para o saneamento básico no Brasil, tendo como objetivo desses instrumentos legais assegurar a prestação de serviços de abastecimento e esgotamento sanitário, bem como, garantir aplicação de recursos financeiros para ampliação dos serviços de saneamento (BRASIL, 1997, 2007, 2020).

Diante disso, entre os anos de 2016 e 2020, 8 casos alocados no TRF 5ª Região foram referentes ao assunto direito e dano ambiental e/ou indenização por dano ambiental, mais especificamente quanto aos danos causados pelo lançamento de esgoto *in natura* na bacia hidrográfica do rio São Francisco. Todos são referentes a classe de apelação civil, tendo como atores sociais envolvidos, principalmente, representantes do Estado, sendo estes, o Ministério Público Federal, o Estado de Sergipe, a União, Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (CODEVASF) e a Companhia de Saneamento de Sergipe (DESO), não necessariamente todos presentes nos documentos analisados.

Todos os processos foram em Sergipe, envolvendo municípios localizados no baixo curso da bacia hidrográfica do rio São Francisco, entre estes, Neópolis, Ilha das Flores (2), Telha, Cedro de São João, Porto da Folha, Propriá e Canindé do São Francisco. Todas as ações civis ajuizadas pelo Ministério Público Federal foram inicialmente providas no sentido de cumprimento da Política Nacional de Saneamento, estribados na Lei 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico; cria o Comitê

Interministerial de Saneamento Básico, principalmente em seus art. 48 e 49. Os recursos de apelação encontrados no TRF da 5ª Região, em sua maioria, contra as decisões e sentenças, foram desprovidos ou providos em partes, apenas no sentido de pequenas correções.

O processo referente ao ano de 2016, é uma apelação civil, tendo como apelantes o município de Neópolis e União em contrapartida ao apelado, o Ministério Público, tendo a sentença mantida, requerendo o início de estudos para viabilizar a implantação de uma rede adequada de esgotamento sanitário, com respectivos planos de implantação e posteriormente recuperação das áreas degradadas, pagar indenização compensatória pelos danos ambientais, caso não seja possível a reparação. Os argumentos utilizados se fundamentam na Lei 11.445 de 2007.

A ação de condenação solidária do município de Neópolis, Estado de Sergipe e da União foi requerida pelo Ministério Público Federal em 2014, em vista da alta concentração de substâncias oriundas do esgoto doméstico ser considerado 36 vezes maior que antes da fronteira com o município, passando de 1.950 por 100 ml para 70.000 por 100 ml do nível de coliformes fecais. Ainda havia sido assinado contrato com a CODEVASF para as obras de saneamento, mas que por problemas no processo licitatório se passou para a Funasa apenas a responsabilidade de elaboração do projeto, sendo então estabelecido pela Justiça Federal o prazo de 2 anos para implantação do sistema de esgotamento sanitário, além de indenização e fixação de multa revertida ao Fundo de Direitos Difusos com fim de reparo dos danos ambientais.

Em 2017 e 2018 constam duas apelações propostas pela CODEVASF, União, Estado de Sergipe e Município de Ilha das Flores em face da sentença que julgou procedente a ação civil proposta pelo Ministério Público Federal, considerando o lançamento de efluentes no município de Ilha das Flores, no perímetro conhecido como “Vale Encantado/Prainha” se seguiu o mesmo objeto da sentença, constituindo a reparação do dano e estudos e consequente implantação de rede de esgoto adequada nas áreas que deixaram de ser contempladas pelo projeto de esgotamento sanitário já em curso no município.

A ação foi ajuizada pelo Ministério Público Federal em Sergipe em 2015 contra prefeitura de Ilha das Flores, Estado de Sergipe, CODEVASF e União, pela regularização do lançamento de esgoto e que o valor da indenização por danos ambientais deverá ser revertido ao Fundo de Direitos Difusos de que trata o art. 13 da Lei nº 7.347/85.

Similar ao processo anterior, foram estabelecidas as seguintes demandas: fixação do prazo de 180 dias para início dos estudos e após 180 dias da implantação plano de recuperação. O estudo deve estar fundamentado em bases técnicas, conter cronograma, custos e meio de captação de recursos. Destacam a proteção e reparação ambiental enquanto dever garantido pela constituição em seu art. 23, VI e IX da CF/88.

Ainda em 2018, seguindo fundamento nas bases dos processos anteriores, a apelação civil proposta pelo Estado de Sergipe e União em face da sentença que julgou procedente a ação civil pública proposta pelo Ministério Público em desfavor dos entes federados e dos réus CODEVASF e Município de Telha/SE. Bem como estabelecimento de prazo similar aos demais processos para realização do estudo para implantação do sistema de esgotamento sanitário e posterior e plano de recuperação das áreas afetadas pelo lançamento do efluente in natura.

O processo referente ao ano de 2019 tem a União e outros enquanto apelantes a União, o Estado de Sergipe, a CODEVASF, município Cedro de São João e a DESO, decidiu recorrer da decisão que julgou procedente a ação civil de execução integral de sistema de esgotamento sanitário pelo município de Cedro de São João, tendo em vista a degradação ambiental ocasionada pelo lançamento irregular de esgoto in natura na Lagoa Salomé, no Riacho Jacaré e no rio São Francisco. Nesse caso, houve parcial provimento no sentido de correção do erro material do acórdão, mantendo a sentença definida.

O texto destaca entre outros que ainda que a falta de um aterro sanitário que destine corretamente os resíduos sólidos e evite contaminação do ambiente seja fato constatável, bem como a devida demanda por fiscalização das entidades responsáveis, não se pode compensar o dano agravando as próprias finanças do município, o que pode resultar em maiores dificuldades de solução do problema. O qual, poderá ser resolvido por nos termos da Lei nº 11.107 de 06 de abril de 2005, que prevê a formação de consórcios públicos, principalmente quando se trata de projetos de tal magnitude em municípios como o mencionado, com população inferior a vinte mil habitantes, ressaltando ainda os prazos definidos.

Bem como em 2020, a apelação interposta à sentença que julgou parcialmente procedente o requerimento por implantação do sistema de esgotamento sanitário e restauração ambiental no município de Propriá/SE. Visto que, a ação civil proposta pelo Ministério Público apresentou que o dado município realizava o lançamento de efluente *in natura* no riacho Jacaré. Definiu enquanto desnecessária a citação da FUNASA enquanto litoconsorte passivo

necessário, sem imputar a essa qualquer conduta omissiva e sim a União, Estado de Sergipe e Município de Propriá/SE.

Foi julgado improcedente o pedido de ampliação do prazo para realização dos estudos para implantação do sistema de esgotamento sanitário, prazo este sem retirar a solidariedade dos Entes Federados, sendo o Estado de Sergipe, por meio da DESO o ente Público mais indicado de fazê-lo, com prazo de 3 anos para execução das obras de implantação de aterro sanitário, contando a partir do prazo da realização dos estudos de implantação do sistema de esgotamento sanitário.

Quanto à apelação do Ministério Público Federal em condenar o município de Propriá/SE em abster-se de expedir novos alvarás de construção de imóveis até a implantação do sistema de tratamento de esgoto estar implantado, o pedido também foi julgado improcedente, ainda que, seja compreensível a relevância da capacidade de suporte das estruturas, não se pode negar outros direitos constitucionais como o direito à moradia e à propriedade, dispostos nos art. 6º e 5º da Constituição Federativa de 1988, respectivamente.

A tutela ambiental, manifesta a partir da constituição de 1988, que atribui ao Estado dever de promover meio ambiente equilibrado e demanda por garantias na proteção. Cabe ao tutor, manter salvaguardar a confiança, o que Luhmann (1983) caracteriza enquanto fundamento dos sistemas autopoieticos, a qual, não se assenta na certeza, mas permite a segurança no futuro a partir da seleção de expectativas e a redução da complexidade, sendo assim, tem por finalidade de selecionar as possibilidades e manter a estabilidade, evitando os desapontamentos em torno da organização.

### 5.3.3. Conflitos por dano oriundo de atividades agrícolas, pecuárias e/ou aquicultura.

Foram encontradas 5 ações referentes ao lançamento de efluentes no rio São Francisco, 4 destas inseridas na esfera federal, no TRF 5ª Região e uma no TJSE. Ainda, 4 destas foram referentes a municípios de Sergipe (Graco Cardoso, Pacatuba, Propriá e Santana do São Francisco) e uma em Alagoas (Major Isidoro), nos anos de 2016, 2017, 2019 e 2020, tendo como principais atividades envolvidas a suinocultura e a carcinicultura desenvolvidas às margens do rio São Francisco, de seus afluentes ou corpo hídrico que deságua no rio São Francisco.

Em todos os casos houve a atuação do Ministério Público enquanto ajuizador da ação originária, tendo como principais demandas adotadas a interrupção imediata ou não das atividades poluidoras, com sujeição a multa, bem como, reparação do dano ambiental ou indenização em casos considerados irreparáveis. Estando as decisões fundamentadas principalmente na Política Nacional do Meio Ambiente (Lei 6.938/81), na Constituição Federal, no Código Florestal de 2012, nas Resoluções do CONAMA 357 e 312 e na Lei Estadual de Sergipe 8.327 de 2017, de acordo com cada caso analisado.

A única ação encontrada na justiça comum, especificamente no TJSE é referente ao ano de 2019, da comarca de Santana do São Francisco/SE, teve como atores sociais o Ministério Público de Sergipe em contraposição ao morador ribeirinho que desenvolvia atividade no setor da suinocultura, lançando efluentes da atividade em terreno próximo a um afluente do rio sem tratamento adequado. Definiu-se pela interdição total e imediata da atividade, com apreensão dos animais, até o ajuste do ambiente a atividade a que se destina.

A decisão se deu dentro dos moldes do Decreto nº 6.514/2008, que dispõe de infrações e sanções administrativas ao meio ambiente, ainda define acerca do processo administrativo federal para apurações das infrações. Considera enquanto infração administrativa ambiental: “[...] toda ação ou omissão que viole as regras jurídicas de uso, gozo, promoção, proteção e recuperação do meio ambiente [...]” (BRASIL, 2008, art.2).

Ainda considerando a suinocultura enquanto atividade poluidora, associada à produção de laticínios, foi encontrado documento referente ao ano de 2020, ação ajuizada em Major Isidoro, Estado de Alagoas, tendo como atores sociais o Ministério Público Federal e produtor rural que reside em área rural, documento disposto no TRF5. A ocupação ocorria sem licença ambiental prévia desde 2015. Além de local e instrumentos inadequados à realização da

atividade, o MPF aponta para o lançamento de dejetos animais no rio Ipanema, sendo esse um curso de água que constitui uma bacia hidrográfica que deságua no rio São Francisco. Em fiscalizações anteriores foi realizada a apreensão dos animais e dos produtos lácteos, bem como interdição da atividade, que continuou a ser realizada de maneira irregular.

Dentre os documentos relacionados às atividades aquícolas está o de número 0001210-64.2013.4.05.8501, apelação civil pertinente as atividades desenvolvidas pela Estação de Psicultura de Três Barras, localizada no município de Graccho Cardoso, em Sergipe. A ação civil pública ajuizada pelo Ministério Público Federal, em contraposição ao Departamento Nacional De Obras Contra As Secas (Dnocs). O requerente informou a instauração de inquérito Civil Público que apurou a ausência de licenciamento ambiental no processo de construção da empresa. Ainda, apresentou que a entidade lançou efluentes não tratados no riacho Gararu, afluente direto do rio São Francisco, o que culminou na contaminação da água, que foi constatado no boletim emitido pela Administração Estadual do Meio Ambiente (ADEMA).

Entre as obrigações de fazer, a suspensão do funcionamento da Estação de Psicultura Três Barras até a obtenção da licença de operação, correções no projeto técnico, este devendo conter à destinação dos resíduos sólidos, tratamento de efluentes e controle de disseminação de espécie cultivada, assim como, o controle da aplicação da ração. Outra medida adotada foi a obrigação de indenizar, com a reparação dos danos ambientais com valor liquidado e revertido ao Fundo de Direitos Difusos. Com fixação de multa em caso de descumprimento da sentença.

Posteriormente, houve notificação da ADEMA com a concessão da Licença de Operação. Diante das solicitações do MPF de esclarecimentos das medidas elencadas na Notificação nº 2012- 006721/TEC/NOT-1010 a ADEMA acostou documentos com informações técnicas. Ainda assim, o Ministério Público Federal argumentou cumprimento parcial do objeto da ação, com pendência relativa ao projeto de tratamento de efluentes e reparação dos danos ambientais.

Diante da documentação emitida pela ADEMA, principalmente a Informação Técnica - IT-8931/2015-4280 e a Informação Técnica - IT-8135/2015-3892, na ementa do processo apresenta que a problemática foi solucionada e que os resíduos sólidos são categorizados como domésticos e que não há acúmulo e emanção de odores ou indícios de mal funcionamento do empreendimento.

Apesar de o MPF fundamentar sua pretensão em análise de água referente ao ano de 2013, no qual o Boletim apresenta teores de Fósforo e Oxigênio Dissolvido em desacordo com a Resolução 357 de 2005 CONAMA, não foi realizada perícia no local, sendo então a apelação feita por parte do Ministério Público Federal, improvida, mediante a análise do julgador de que as alterações físico-químicas por si só não são suficientes para gerar o dever de indenizar, ainda que o DNOCS tenha atuado vários anos sem licença ambiental prévia e com projeto contendo falhas, não foi evidenciado nos 9 anos de funcionamento, dano ambiental e sim uma alteração, “mais caracterizada como impacto”, considerando que as medidas corretivas atenderam as exigências e que a Estação tem por objetivo promover o desenvolvimento alimentar da região.

Em 2017 foi verificada ação, tendo enquanto atores sociais envolvidos o MPF em oposição a ADEMA e ao produtor aquícola, decorrente do desenvolvimento da carcinicultura em área de manguezal, área de preservação permanente (APP) localizada no município de Pacatuba, Sergipe, na foz do rio São Francisco, a qual, culminou em dano ambiental, tendo sido realizada notificação pelo IBAMA três vezes ao produtor, o qual, apresentou licença concedida pela ADEMA. Nesse momento houve a demanda pela realização da prova pericial para análise e confronto com os diagnósticos já apresentados.

Vale destacar que o ajuizamento ocorreu no ano de 2014, tendo a sentença de primeiro grau ocorrido em 2016 que determinou o impedimento da ADEMA em conceder licença ambiental nas condições analisadas na ação em questão, bem como, ao produtor desenvolvedor da atividade a interrupção de ações de desmatamento, drenagem e aterro do mangue, com paralisação do criatório de peixes e carcinicultura no local no prazo de 60 dias a contar da publicação da sentença, sob pena de multa diária. Outra determinação foi a reparação dos danos ambientais e apresentação do projeto técnico de recuperação da área degradada (PRAD) no prazo de 60 dias, com ressarcimento dos danos ambientais irrecuperáveis.

Ainda que, a ADEMA tenha solicitado revisão sob argumentos de que o pedido do MPF constitui ofensa à separação dos poderes, houve compressão de que o judiciário pode atuar execução de políticas públicas quando constatadas omissões por órgãos estatais competentes. Outra alegação da instituição estadual foi que a elaboração de PRAD refoge das suas atribuições, sendo ressaltado pelo MPF que a tese em questão não merece prosperar, sendo assim improvidos os apelos da requerente.

A decisão esteve fundamentada nos arts. 225 e 255 da Constituição Federal e no art. 4 do Código Florestal (Lei 12.651/2012), com enfoque na proteção ambiental, na caracterização das áreas de preservação permanente e nos requisitos do licenciamento ambiental. Bem como, as atribuições dispostas pela Resolução 312 de 2002 do CONAMA, que entre outros, dispõe do licenciamento para a atividade de carcinicultura, vendando o desenvolvimento da atividade em áreas de manguezais. Assim também na Política Nacional de Meio Ambiente, instituída através da lei 6.938/81, arts. 2º e 4º, no princípio da prevenção, do poluidor-pagador e da reparação integral.

No ano de 2020 foram encontrados dois agravos de instrumento referente a ação civil pública de número 0800079-02.2019.4.05.8504 ajuizada pelo Ministério Público Federal contrapondo a ADEMA e gestor de empreendimento que desenvolve atividade de carcinicultura na região do baixo São Francisco, Ilha Mangabeira, no município de Propriá, Estado de Sergipe. O primeiro, interposto pelo produtor de camarões contra decisão da 9ª Vara Federal da SJSE de antecipar os efeitos da tutela, determinando interrupção da atividade sob pena de multa diária.

O autor sustenta o argumento de legalidade da atividade, ainda que desenvolvida em APP, considerando ainda que a implantação do sistema de criação ocorreu em 2006, bem como, possui as devidas licenças ambientais concedidas pelo órgão estadual responsável, a ADEMA. Ainda destaca observação dos requisitos dispostos nos arts. 11 e 61A do Código Florestal e a Lei Estadual de Sergipe 8.327 de 2017, sendo essa a Política Estadual da Carcinicultura. Em suma ressalta a possibilidade de risco de dano pela interrupção imediata, tanto ao equilíbrio ambiental como econômico, entre outras disposições.

Já segundo o agravado, a empresa possui 5 viveiros destinados à criação de camarões em área de aproximadamente 8 hectares às margens do rio São Francisco com demonstração de desenvolvimento irregular da atividade, fundamentadas no Relatório de Fiscalização Ambiental - RFA 14288/2016-4480, no Auto de Infração e no Laudo de Perícia Criminal Federal 227/2017 - SETEC/SR/PF/SE, documentos juntados aos autos do processo principal.

No exame dos autos do processo constam documentos emitidos pela ADEMA, entre os quais a Regularização de Operação LRO 04/2018 e a Licença Simplificada 29/2019 e a presunção de veracidade e legitimidade dos atos administrativos, apresenta ausência dos requisitos para concessão da tutela antecipada, definindo pela reforma da decisão agravada, considerando a continuidade da atividade até o julgamento final da demanda.

O segundo agravo foi interposto pelo Ministério Público Federal contra o acórdão que deu provimento demanda do particular pela continuidade da atividade até julgamento final. Teve entre os principais argumentos a nulidade do licenciamento concedido pela ADEMA, bem como a falta de alusão ao fato de que o empreendimento funciona em área de mangue, sob o qual não existe possibilidade de regularização de atividade, ainda que tenha se iniciado em período anterior a 22/07/2008, descumpra o art. 61A do Código Florestal. Tendo como resultado o improvimento, reforçando que o entendimento adotado pela Turma apenas modificou a decisão proferida em sede liminar, o que não impede que o julgamento final da demanda seja firmado no sentido diverso, com acolhimento de pleito autoral.

O conflito que se estabelece em torno das ações individuais gerando impactos ao meio ambiente, descumprindo o conjunto de normas e procedimentos definidos em torno das condutas, apresentam o Estado enquanto no desígnio da ordem. Para Luhmann (1980) na tutela ambiental o risco deve ser colocado em oposição ao meio ambiente, pela promoção do equilíbrio, de modo que a seleção deve estar pautada nas possibilidades materiais. O direito então se apresenta enquanto estrutura que define os limites e as interações da sociedade, como estrutura possibilita a estabilização das expectativas diante das interações, neutralizando as contingências das ações individuais.

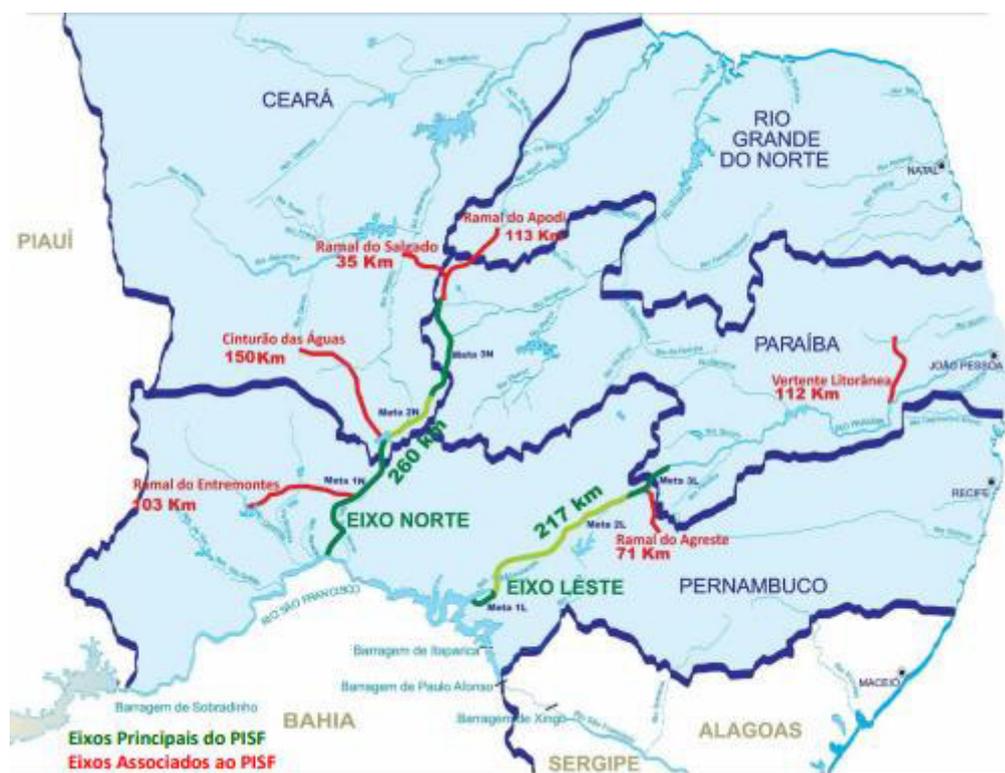
#### **5.3.4. Conflitos por Obras de Infraestrutura Hídrica no Projeto de Integração do rio São Francisco – PISF.**

O Projeto de Integração do Rio São Francisco com as Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional (PISF) tem por finalidade conceber obras de infraestrutura hídrica na transposição de água do São Francisco para cerca de 12 milhões de habitantes em 390 municípios, via eixos Norte e Leste, com 477 km de extensão, aduzindo água do rio São Francisco para os estados do Ceará, Paraíba, Pernambuco e Rio Grande do Norte. A ideia discutida por mais de um século enquanto solução para problemas relacionados a escassez de água, passou a ser instalada com obras a partir de 2007, para o abastecimento de grandes centros urbanos, bem como pequenas e médias cidades do semiárido (MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL, 2016).

O projeto definiu a instituição de dois sistemas independentes, denominados Eixo Norte e Eixo Leste, captando água da bacia do rio São Francisco entre as barragens de Sobradinho e

Itaparica, em Pernambuco (Figura 12). É composto por canais, estações de bombeamento, pequenos reservatórios e usinas hidroelétricas de autossuprimento (MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL, 2004).

Figura 12. Mapa de Localização do PISF e Eixos Associados



Fonte: Ministério da Integração Nacional (2016).

Destaca-se o enfoque da iniciativa à dessedentação animal e consumo humano, apesar de possuir potencial de contribuições para enfrentamento de questões relacionadas a estiagem, as obras apresentaram implicações quanto a degradação ambiental, desapropriação de propriedades rurais com realocação das famílias e alterações nas estruturas socioeconômicas locais. Ainda, considerando o eixo Leste e a forma como é administrado e gerido desde 2017, ano de início da operação, as obras desenvolvidas ainda não apresentaram resultados significativos para o enfrentamento dos efeitos das mudanças climáticas para as populações mais vulneráveis do semiárido (GONÇALVES, 2014; POTES, 2018).

O IPEA (2011) aponta em sua avaliação dos impactos do Projeto de Transposição do rio São Francisco entre outros pontos, que a água disponível é suficiente para atender as proposições, os benefícios da transposição são menores que os estimados pelo governo federal,

com população esperada no atendimento menor que a prevista, bem como a área irrigada, e que, as reduções nos gastos emergenciais com as secas são inferiores as pretendidas.

Silva, Diniz e Medeiros (2020) apresentam o caso da Vila Produtiva Rural (VPR) Lafayette, inaugurada em 2015, com a realocação de 60 famílias de 3 localidades distintas, a Comunidade Pau D' Arco, a 1 km da VPR, famílias da zona urbana de Monteiro (PB) e da zona rural de Sertânia (PE), constituindo uma nova comunidade de reassentados do projeto de transposição. Essa foi uma das principais comunidades impactadas pelo PISF, diante da privação de acesso à água e dos aspectos relacionados ao território, limitando o estabelecimento econômico e fundamentando os conflitos nessa região. Visto que, as reparações realizadas pelo projeto se atentaram apenas aos aspectos relacionados as dimensões espaciais envolvidas.

Nos documentos da CPT foram encontrados 8 conflitos pela água em Pernambuco, tendo como atores sociais o governo federal e pequenos proprietários, nos anos de 2017 e 2020 principalmente, 4 deles no município de Sertânia, 1 em Floresta, 1 Serrita e 1 em Serra Talhada. O assunto em destaque está registrado como “Destruição e/ou poluição”, envolvendo a água do rio São Francisco, envolvendo no mínimo 115 famílias (considerando que alguns conflitos não apresentam o número de famílias envolvidas) e 8 comunidades distintas.

Ainda referente aos conflitos no submédio São Francisco, as 3 demandas encontradas no TJPE foram referentes ao reassentamento das famílias atingidas pela construção da Usina Hidroelétrica de Itaparica, mais especificamente no eixo Leste, nos anos de 2016, 2017 e 2019, no estado de Pernambuco, comarca de Belém de São Francisco. O assunto dos documentos foi a Indenização por dano material, já os atores sociais envolvidos são moradores ribeirinhos integrantes do Sindicato dos Trabalhadores Rurais em contraposição a CHESF. O recurso de caráter compensatório foi definido após extrapolação do prazo de 5 anos para reassentamento, o que inviabilizou o estabelecimento e subsistência das famílias.

No teor dos documentos é apresentado que a implantação da Usina de Itaparica acarretou em mudanças significativas na região, no qual, em 1986 foi definido o reassentamento das famílias, com acordo firmado entre a CHESF e entidade representante dos agricultores. Em 1987 foi estabelecido protocolo de normas para a instalação nas novas propriedades. No entanto, nenhuma das apelações foi totalmente acolhida, apenas houve parcial provimento no sentido de correções de omissão de pontos aos quais o juiz deveria se pronunciar, sem rediscutir o julgamento.

Em relação ao TRF5, foram encontrados 12 dos processos relativos aos conflitos por água do rio São Francisco, nos municípios de Sertânia, Floresta, Arcoverde, Salgueiro, Custódia e Cabrobó, com destaque para o primeiro. Os quais, ocorreram entre os anos de 2016 e 2017, com assunto de Desapropriação por Utilidade Pública, com base no Decreto Federal s/n de 2010 para execução das obras de transposição. Os atores sociais envolvidos são o Governo Federal, União e moradores ribeirinhos, maioria das ações ocorrem em torno da revisão de valores referentes a indenização dos moradores que residiam nessas áreas.

Entre os critérios para elaboração do laudo em maioria dos documentos judicializados, o técnico utilizou critérios da NBR 14.653-3 da ABNT, com Método Comparativo de Dados de Mercado, entre outros critérios. Em um outro documento foi relatado o uso do conceito de justa indenização, utilizando noção de valor de mercado com critérios cumulativos como a aptidão agrícola, dimensão, área ocupada e ancianidade da posse, funcionalidade e estado de conservação das benfeitorias. Ainda assim, apresentou que os valores definidos para terra nua podem sofrer interferência de índices relativos a acessos, classes de solo, fatores hídricos, de energia e distâncias.

Das ações movidas por ambas as partes, apenas dois casos houve modificação na sentença, com provimento em parte do recurso interposto pela União Federal, sob alegação de que o laudo pericial foi elaborado utilizando métodos diferentes dos apresentados pelo expropriante, pedindo revisão e valor fixado de acordo com as tabelas oficiais confeccionadas fundamentadas na ABNT. Não houve apresentação das contrarrazões pela parte apelada. Visto isso, a propriedade incorporada aos bens da União, devendo o expropriante providenciar o depósito complementar da diferença entre condenação e o valor oferecido. Tendo o expropriante o ônus da sucumbência.

O total provimento se deu apenas para apelação de 2016 proposta pelo morador ribeirinho, alegando necessidade de revisão dos valores, tendo em vista que, o laudo pericial foi elaborado em 2011, há 5 anos, não estando esse valor de acordo com à justa indenização prevista constitucionalmente, assim foi definido que deve ser realizada nova avaliação para definir quantias adequadas as atualizações de mercado conforme normas técnicas.

Documentos com recursos improvidos tem como principal assunto a revisão de valores, em alguns casos há apresentação de análise por corretora especializada, ou mesmo, para que o laudo tome por base o método comparativo. A ação de desapropriação prevê atualização

monetária de acordo com os índices da instituição bancária. A determinação a pagamento dos juros de correções e juros compensatórios e moratórios ocorreu nos casos em que há divergência entre o valor ofertado em juízo e o valor fixado na sentença.

Apesar dos estudos analisando os impactos do PISF não apresentarem resultados significativos acerca da efetividade do projeto, ao menos a curto prazo, alguns outros destacam as implicações às famílias realocadas com a ocorrência conflitos por acesso à água e por território. Apesar disto, maioria dos conflitos judicializados tem ocorrido em torno da revisão de valores, assim como, dos métodos utilizados para justa indenização e não diretamente relacionados a água do rio São Francisco.

Quanto maior a complexidade do ambiente, maior a complexidade nos sistemas, diante das inúmeras possibilidades, há demanda de seleção daquelas que se adequam mais aquela estrutura, o que incide na desordem e contingência. Apesar disso, as estruturas evoluem e aumentam sua complexidade, não sendo estas imutáveis, desviando-se das compreensões iniciais, ocorrem fundamentalmente em torno de elementos inesperados diante do planejamento inicial (LUHMANN, 1999).

### 5.3.5. Conflitos relacionados às edificações na Bacia Hidrográfica do rio São Francisco

Dos conflitos relacionados a água da bacia hidrográfica do rio São Francisco, aparecem três no TRF5 que tratam de obras com potencial de impacto nos anos de 2016 e 2020, ambos têm o Ministério Público Federal enquanto ator social ajuizador da ação, encarregando da tutela ambiental, recorrendo ao direito enquanto estrutura de sistema social, com objetivo de selecionar as garantias de estabilidade e coerência diante das perspectivas de seletividade e contingência (LUHMANN, 1983).

O primeiro conflito tem atores sociais divergindo, representados pelo Ministério Público Federal e o Estado de Sergipe, diante das obras de construção da rodovia SE-100 – Pirambu-Foz, projeto desenvolvido pelo Departamento Estadual de Estradas e Rodagem de Sergipe – DER-SE. O documento analisado trata de um agravo de instrumento interposto pelo MPF face definição barrar a paralisação do empreendimento de pavimentação, sob a justificativa que tal decisão culminaria em grave lesão à ordem e segurança pública, a partir do cessamento de melhorias no trecho que se encontra em condições precárias, tendo como prioridade a segurança dos usuários e que os atrasos resultariam em altos custos.

Outro fator a ser destacado é a atuação de novo ator social representante do Estado, a ADEMA, a partir da emissão da licença nº 224/2015, seguindo as condições fixadas pelo ICMBIO de acordo com o teor da argumentação. Em contrapartida o MPF afirma que os termos do ICMBIO não foram atendidos em sua completude e que a licença foi expedida sem manifestação da autarquia, que havia enviado embargo interposto através de ofício por meio de auto de infração dos 9 primeiros km da obra.

O MPF ressalta as alterações na autorização de licenciamento ambiental a pedido do empreendedor, modificando as condicionantes a respeito da apresentação da Reserva Biológica (REBIO) Santa Isabel dos locais de supressão de vegetação, corte e deposição de aterro, instalações de usinas de asfalto e concreto. Destaca a prática ilegal de licenciamento, falta de análise prévia dos projetos de execução e repartição dos trechos licenciados, dificultando a compreensão dos impactos total da intervenção. Apresenta que, não foram considerados os impactos relativos ao projeto de construção da ponte que liga os municípios e Brejo Grande/SE e Piaçabuçu/AL, no trecho final da Rodovia SE-100. EIA/RIMA incompleto, omissão das 3

comunidades quilombolas na área de influência do empreendimento, além do risco de danos ambientais graves e irreversíveis.

Logo, salienta-se a aplicação das teorias de complexidade e contingência de Luhmann (1982), que caracteriza o primeiro termo quanto a diversidade de possibilidades, sendo maiores do que se pode realizar, já o segundo se assume enquanto o perigo de desapontamento e a necessidade de assumir riscos. Visto que, o conflito analisado apresenta uma conjuntura complexa, no qual, elementos das esferas ambientais, sociais, políticas e econômicas interagem entre si simultaneamente, tanto positivamente, quanto negativamente.

Estimativas de ganhos econômicos e sociais do empreendimento e as leis ambientais relacionadas aos impactos das obras não estiveram presentes em ambos os argumentos utilizados no documento analisado, ou mesmo, nas fundamentações da sentença deferida, limitando avaliação dos principais fatores que deram suporte à decisão. As frustrações de expectativas estiveram para além do conflito, diante da redução da complexidade para manutenção da organização do sistema. Para Souza Júnior (2015) a decisão no sistema jurídico é verificada na existência do papel social do juiz enquanto a deliberação consiste na redução da complexidade dentre as contingências possíveis (seletividade), assim, definindo os limites das estruturas do sistema e tudo o que não for considerado sistema fazendo parte do ambiente.

Entre os argumentos está a premissa de que o empreendimento pode promover desenvolvimento local através do ecoturismo, o que não foi aceito, considerando que o tipo de construção em questão pretende uma relação sustentável com a natureza, além do comprometimento com a educação e conservação ambiental. Sendo a responsabilidade das modificações também atribuída ao município de Piaçabuçu/AL diante das autorizações emitidas. Com determinações de reparação dos danos causados e demolição da área construída, sob justificativa de que o direito à moradia é fundamental, porém não é absoluto.

O último conflito reflete na construção de cercas que delimitavam parte do rio São Francisco, condenando o réu a sentença de retirada dessas. Com aplicação de multa diária em face do descumprimento da determinação, requereu-se que o órgão ambiental estadual fosse até a área degradada e avaliasse a continuidade ou cessamento da atividade irregular na área degradada. Porém, a ação se deu em torno da retirada da ADEMA, visto que não configura nem polo passivo da ação, sendo essa última argumentação provida, sob alegação de que o responsável pela fiscalização seria o IBAMA, através da ANA.

Apesar de Luhmann não compreender o ambiente enquanto sistema, mas sim o seu entorno, reflete a sustentabilidade enquanto a perpetuação do sistema de equilíbrio no tempo, o entendimento dos problemas ecológicos é definido dentro do conceito de risco e perigo, considerando o primeiro enquanto evento provável, compreendendo os danos que podem ocorrer, já o segundo configura os fenômenos hipotéticos (SILVA e MATOS, 2014).

### **5.3.6. Conflitos relacionados a Pesca em período ou condições irregulares de vazão no rio São Francisco.**

Entre os principais instrumentos legislativos utilizados na normatização das condutas e atividades relacionadas a pesca estão as Leis nº 9605/98, nº 10.683/2003, o Decreto-Lei 221/1967 e as Portarias 84/02, 132/02, 50/07 e 25/09 do Ibama, que dispõem acerca dos períodos e lugares interditados ou proibidos à pesca, bem como dos instrumentos nocivos as bacias hidrográficas, considerando o seu rio principal, seus formadores, afluentes, lagos, lagoas marginais, reservatórios e demais coleções de água. Outrossim, instrui acerca da quantidade, espécies e autorizações necessárias referentes a pesca no Brasil (BRASIL, 1998; 1967; 2003; IBAMA, 2002, 2007, 2009).

O período da piracema é caracterizado como o momento em que os peixes buscam por locais mais adequados para a desova e alimentação, normalmente ocorre entre primeiro de novembro e vinte e oito de fevereiro, podendo variar diante das condições climáticas e regionais. Tem por objetivo manter a piscosidade dos rios e lagoas e manutenção das espécies nativas das respectivas bacias hidrográficas (LEIRA et al., 2018).

Entre as condições de exceção expostas, a portaria 132 de 2002 apresenta: “I - A pesca de caráter científico devidamente autorizada pelo IBAMA; II - A pesca exercida por pescadores profissionais artesanais e amadores que utilizem linha de mão ou vara, linha e anzol.” na forma do disposto no, da Lei no 7.679, de 23 de novembro de 1988. (BRASIL, 2002, art.4).

Acerca das espécies permitidas à pesca, na portaria 25/09 indica as não nativas, caracterizadas como alóctones e exóticas e as híbridas. Fica proibido o uso de animais aquáticos enquanto iscas, com exceção de peixes vivos oriundos de criações e acompanhados de nota fiscal. Quanto aos materiais regulamentados estão a linha de mão, caniço, vara com molinete ou carretilha, com o uso de iscas naturais e artificiais (BRASIL, 2009).

Diante disso, foram encontrados 3 casos, dois em Alagoas, alocados no TRF 5ª região e um no Tribunal de Justiça da Bahia. Os casos tiveram enquanto atores sociais envolvidos o Ministério Público e Ibama como representantes do Estado, em contrapartida a pescadores artesanais.

O primeiro caso analisado, disposto no Tribunal de Justiça da Bahia, apresenta como apelante o Ministério Público e apelado o pescador artesanal flagrado com doze camarões em rede de emalhar malha de 10 centímetros extensão de 100 metros, no período da piracema. Foi apresentado enquanto argumentos do apelante:

[...] suspostamente, ter praticado o delito previsto no art. 34, caput, da Lei nº 9.605/98 (lei de crimes ambientais), sendo-lhe imputada a conduta de, no dia, 24/02/2012, por volta das 15:00 horas, ter efetuado pesca ilícita por utilizar petrecho de pesca não permitido pelo IBAMA, qual seja rede de malha 10 cm, em lapso de tempo defeso por lei, em desacordo com a instrução normativa nº 12 de 14 de outubro de 2004.

O art. 34 apresenta proibições quanto ao petrecho e com rede de emalhe com espaçamento mínimo exigido para trecho do rio São Francisco. Entretanto, foi aplicado o princípio da insignificância e decretada absolvição. Os demais casos ocorreram no estado de Alagoas, nos anos de 2018 e 2020, nos municípios de Arapiraca e Porto Real do Colégio, tendo o primeiro como atores sociais o IBAMA e Pescador artesanal e o segundo o Ministério Público e pescador artesanal. Ambos sob argumentação de pesca no período de defeso com petrecho proibido.

No primeiro caso, antes aplicado o princípio da insignificância, o pescador enquanto apelante argumenta ilegalidade da multa aplicada, alegando desproporcionalidade, solicitando enquanto medida mais adequada substituição por advertência, tendo sua solicitação desprovida. Enquanto o segundo caso, um recurso em sentido estrito, o Ministério Público enquanto recorrente, interpõe recurso contra decisão proferida pelo juízo da 8ª Vara Federal do SJAL declinou de sua competência em favor da Justiça Estadual, diante da prática de pesca com petrecho proibido, no qual, utilizaram de um barco, duas redes e doze quilos e seiscentos gramas de peixe. Com consequência ao provimento do recurso.

O contexto de ocorrência dos conflitos reflete manejo inadequado desenvolvido pelas atividades pesqueiras, sendo o Estado responsável pela tutela do ambiente e controle da legalidade com a garantia do direito de proteção ao ambiente. Entretanto, em alguns casos, específicos, não foram evidenciadas ações de elevada significância na degradação ambiental, visto as diversas alterações e impactos oriundos de tais atividades.

Luhmann (1998) reflete o Estado e poder enquanto subsistema social da política, no qual, diferenciam-se enquanto sistema de decisões organizadas e o segundo enquanto código binário. Os subsistemas que se diferenciam e criam suas normas próprias, estão correlacionados com os demais e criam suas próprias normas. Valendo-se ao Estado, a partir da criação de seu regimento interno o papel de tutela do ambiente, reagindo as perturbações, no controle e fiscalização das atividades impactantes.

#### 5.4. Considerações Finais

Os conflitos ambientais são oriundos do processo de frustração de expectativas normativas e cognitivas, em torno de si e da ação de outros, a redução da complexidade por meio da contingência permite ao subsistema do direito a operação por vias de garantir confiança e manutenção da ordem. É de fundamental importância a atuação do Estado na tutela ambiental de forma a reduzir e facilitar o ensino e aplicação do direito, tendo por base a teoria de Luhmann, assim como a participação dos demais atores para evolução desses sistemas.

Nos dados analisados o principal ator afetado com as perturbações da ordem foi o pescador ribeirinho, tendo em vista que estão inseridos em conjecturas com diversos elementos interagindo simultaneamente, dificultando assim a seleção daquele que corresponde de forma mais adequada à norma, o que permite decisões sustentáveis. O agrupamento de dados acerca das decisões e fundamentos utilizados, permite não só a construção efetiva e integrada do subsistema jurídico, como também considerar as exceções. A falta dessa referência foi evidenciada principalmente, quando consideramos para o caso das alterações na piscosidade qualitativa do rio São Francisco, sem discussões em torno dos componentes essenciais nas deliberações adotadas.

A maioria das incongruências ocorre em função do dano ambiental no rio São Francisco, além dessa esfera que gera impactos sociais, econômicos, políticos, que foram ponderados de formas distintas nas análises. Os principais argumentos utilizados foram a fundamentação nas leis e normativas ambientais e na constitucionalidade referente a proteção ambiental. As defesas realizadas, em sua maioria, estiveram em torno de especificações de cada situação analisada e não necessariamente em torno de contestação ao prejuízo causado, em alguns cenários, sob a justificativa de concessão de licença ambiental por outro ator social do Estado, conforme determina a Lei Complementar nº 140/2011, quanto a repartição de competências entre os órgãos federais, estaduais e municipais de gestão ambiental, que tanto licenciam atividades potencialmente poluidoras, quanto devem exigir medidas de monitoramento ambiental e mitigação e/ou compensação dos impactos ambientais decorrentes das atividades licenciadas e por cada órgão fiscalizadas.

Não obstante, a sustentabilidade ambiental pode vir em decorrência do cumprimento da norma, associado a compressão e avanço em torno das compreensões dos sistemas. É finalidade

do sistema jurídico a adequada análise das implicações e conjecturas em torno da complexidade da interação de legislações complementares e por vezes contraditórias e/ou de difícil aplicabilidade pelos órgãos executoras nos três níveis de Estado. Ao Estado cabe a tutela do ambiente e busca pelo equilíbrio, bem como, aos demais integrantes da sociedade a participação efetiva na legitimação do procedimento, conforme determinado pelo artigo 225 da Constituição Federal da República Federativa do Brasil.

As principais modificações que implicaram na elevação dos conflitos entre 2016 e 2020 foram a construção do complexo de usinas alterando a vazão, remoção da vegetação às margens do rio São Francisco, as variações nas dinâmicas sedimentológicas, o desenvolvimento de atividades agropecuárias e aquícolas às margens do rio São Francisco, lançamento de efluentes e descarte de lixo oriundo das cidades, sem o prévio tratamento, diretamente nos corpos hídricos, todos diretamente relacionados a qualidade da água, bem como as restrições de acesso à água em quantidade para a produção agropecuária em decorrência de desapropriações diversas para fins de empreendimentos definidos como de utilidade pública, todos afetando direta e indiretamente as estruturas econômicas, políticas, sociais e ambientais no submédio e baixo curso do rio São Francisco.

## 5.5. Referências

- ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil**. 2015. Brasília: ANA, 2015. Disponível em: <http://conjuntura.ana.gov.br/>>. Acesso em 2021.
- ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Reservatório de Xingó aumentará vazão liberada para média semanal de 800m<sup>3</sup>/s**. Disponível em:< <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/noticias/reservatorio-de-xingo-aumentara-vazao-liberada-para-media-semanal-de-800m3-s>>. Acesso em 2021.
- ANDRADE, Aurélio L. **O curso do Pensamento Sistêmico**. São Paulo. Digital Publish & Print. 2014.
- ANDRADE, Aurélio L., SELEME, Acyr., RODRIGUES, Luís Henrique., e SOUTO, Rodrigo. **Pensamento Sistêmico Caderno de Campo**. Porto Alegre, Bookman, 2006, p. 57.
- CAPELLARI, Adalberto e CAPELLARI, Marta Botti. A água como bem jurídico, econômico e social: A necessidade de proteção das nascentes. **CIDADES** [online]. 2018, n.36, pp.83-94. ISSN 2182-3030. <https://doi.org/10.15847/citiescommunitiesterritories.jun2018.art06>.
- CUNHA, Cleidinson Jesus; VILAR, José Wellington Carvalho; PINHEIRO, Lidriana Souza. Organização Espacial e Sustentabilidade de Agroecossistemas no Estuário do rio São Francisco - Brasil. **Geo Uerj**, [S.L.], n. 29, p. 431-451, 31 dez. 2016. Universidade de Estado do Rio de Janeiro. <http://dx.doi.org/10.12957/geouerj.2016.20426>.
- CHESF - Companhia Hidrelétrica do São Francisco. **Carta Circular SOO – 018/2021**. Superintendência de Gestão da Operação do Sistema. Recife, 2021.
- CTP – Comissão Pastoral da Terra. Conflitos por água disparam e revelam dificuldades para abastecer o campo. Disponível em:> <https://www.cptnacional.org.br/publicacoes/noticias/geral/5265-conflitos-por-agua-disparam-e-revelam-dificuldades-para-abastecer-o-campo>>. Acesso em 01 de outubro de 2021.
- GONÇALVES, Mario Jorge de Souza. Avaliação Do Impacto Ambiental Da Redução De Vazão Na Foz Do Rio São Francisco. *In* I Simpósio da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco. 2016. Juazeiro – BA. **Anais**. 2016. p. 1-8.
- GONÇALVES, Cláudio Dias Barbosa. **IMPACTOS, CONFLITOS E TENSÕES DO PROJETO DE INTEGRAÇÃO DO RIO SÃO FRANCISCO NO MUNICÍPIO DE SÃO JOSÉ DE PIRANHAS/PB**. 2014. 156 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação e Pesquisa em Desenvolvimento Regional da Universidade Estadual da Paraíba, Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande – Pb, 2014.
- LEFF, Enrique. **Saber Ambiental: sustentabilidade, racionalidade, complexidade, poder**. Petrópolis-RJ. Vozes, 2018 (a).
- LEFF, Enrique. As universidades e a formação ambiental na América Latina. **Desenvolv. Meio Ambiente**, v. 47, Edição especial: 25 anos do Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente

e Desenvolvimento, p. 311-335, outubro 2018 (b). DOI: 10.5380/dma. v47i0.62454. e-ISSN 2176-9109

LEIRA, Matheus Hernandez; BOTELHO, Hortência Aparecida; BARRETO, Bianca Batista; SANTOS, Hadassa Cristhina de Azevedo Soares dos; BOTELHO, Jorge Henrique Villela. Piracema: período de preservação dos peixes nativos. **Nutritime Revista Eletrônica**, Viçosa, v. 15, n. 3, p. 8153-8163, 2018. ISSN: 1983-9006. Disponível em: <https://www.nutritime.com.br/site/wp-content/uploads/2020/02/Artigo-466.pdf>. Acesso em: 14 jan. 2022.

LUHMANN, NIKLAS. **Causalidad nel Sud. Ridescrevere la questione meridionale**. Giancarlo Corsi e Raffaele De Giorgi. Lecce: Pensa Multimedia Editore, 1998.

MELO, S.C.; FILHO, J.C.A; CARVALHO, R.M.C.M. Curvas-chave de descargas de sedimentos em suspensão no Baixo São Francisco. **Revista Brasileira de Geografia Física**. v. 13 n. 03 (2020) 1248-1262.

PONTES, Nádia Costa. **A transposição do rio São Francisco como potencial medida de adaptação às mudanças climáticas**. 2018. 131 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência Ambiental, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/106/106132/tde-11102018-140947/publico/DissertacaoNadiaCostaPontes2.pdf>. Acesso em: 24 mar. 2022.

SOUZA JUNIOR, Ramiro Custódio de. **O CONCEITO DE ORGANIZAÇÃO POLÍTICA EM NIKLAS LUHMANN**. 2015. 116 f. Dissertação (Doutorado) - Curso de Pós-Graduação da Faculdade de Direito do Sul de Minas., Faculdade de Direito do Sul de Minas, Minas Gerais, 2015. Disponível em: <https://www.fdsu.edu.br/conteudo/dissertacoes/96b20c204201ebb770e5a1302ba9717c.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2022.

SOARES, E. C.; SILVA, J. V.; NAVAS, R. **O Rio São Francisco, o baixo curso e as expedições científicas**. Maceió-AL: Edufal, 2020. 401 p. ISBN: 978-65-5624-009-1. Disponível em: < [http://faep.eng.br/arquivos/o\\_baixo\\_sao\\_francisco.pdf](http://faep.eng.br/arquivos/o_baixo_sao_francisco.pdf)>. Acesso em 02 de outubro de 2021.

SILVA, Maicon Miguel Vieira da; DINIZ, Paulo Cesar Oliveira; MEDEIROS, Paulo da Costa. Conflitos pelo acesso à água: impactos da transposição do rio São Francisco sobre a vila Lafayete, monteiro/pb. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, [S.L.], v. 55, p. 166-185, 17 dez. 2020. Universidade Federal do Paraná. <http://dx.doi.org/10.5380/dma.v55i0.73793>.

SILVA, Jaqueline Claudino da; MATOS, Leandro Vieira Silva. Desvendando Conhecimentos: luhmann, organizações e sustentabilidade. In: XXXVIII ENCONTRO DA ANPAD, 72., 2014, Rio de Janeiro. **Anais do EnANPAD**. Rio de Janeiro: Anpad, 2014. p. 1-12. Disponível em: [http://www.anpad.org.br/diversos/down\\_zips/73/2014\\_EnANPAD\\_EOR2120.pdf](http://www.anpad.org.br/diversos/down_zips/73/2014_EnANPAD_EOR2120.pdf). Acesso em: 10 abr. 2022.