



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO**  
**PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO E MEIO**  
**AMBIENTE**

**MARIA ALCILENE MORAIS**

**ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DA QUALIDADE DA ÁGUA EM**  
**RESERVATÓRIO SUPERFICIAL NAS CONDIÇÕES SEMIÁRIDAS:**  
**UMA PROPOSTA PARA OS USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA**

**FORTALEZA**

**2021**

MARIA ALCILENE MORAIS

ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DA QUALIDADE DA ÁGUA EM  
RESERVATÓRIO SUPERFICIAL NAS CONDIÇÕES SEMIÁRIDAS:  
UMA PROPOSTA PARA OS USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA

Tese Apresentada Ao Programa De Pós-Graduação Em Desenvolvimento E Meio Ambiente Da Universidade Federal Do Ceará, Para Obtenção Do Título De Doutora Em Desenvolvimento E Meio Ambiente. Área De Concentração: Desenvolvimento E Meio Ambiente.

Orientadora: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup>. Marta Celina Sales  
Coorientador: Prof Dr. Luís Cesar A. Lemos Filho

FORTALEZA  
2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- M826a Morais, Maria Alcilene.  
Análise espaço-temporal da qualidade da água em reservatório superficial nas condições semiáridas :  
uma proposta para os usos múltiplos da água / Maria Alcilene Morais. – 2021.  
118 f. : il. color.
- Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Programa  
de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Fortaleza, 2021.  
Orientação: Profa. Dra. Marta Celina Sales.  
Coorientação: Prof. Dr. Luis Cesar Aquino Lemos Filho.
1. Qualidade De Água. 2. Semiárido. 3. Impacto Ambiental. I. Título.

CDD 333.7

---

MARIA ALCILENE MORAIS

ANALISE ESPAÇO-TEMPORAL DA QUALIDADE DA ÁGUA EM  
RESERVATÓRIO SUPERFICIAL NAS CONDIÇÕES SEMIÁRIDAS:  
UMA PROPOSTA PARA OS USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA

Tese Apresentada Ao Programa De Pós-Graduação Em Desenvolvimento E Meio Ambiente Da Universidade Federal Do Ceará, Para Obtenção Do Título De Doutora Em Desenvolvimento E Meio Ambiente. Área De Concentração: Desenvolvimento E Meio Ambiente.

Aprovada em: 30/11/2021.

BANCA EXAMINADORA

---

Dr<sup>a</sup>. Marta Celina Sales (Orientadora)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Dr. Luís Cesar A. Lemos Filho (coorientador)  
Universidade Federal Rural do semi-árido (UFERSA)

---

Dr<sup>a</sup>. Diolande Ferreira Gomes  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Dr. George Satander Sa Freire  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Dr. Saulo Robério Rodrigues Maia  
Universidade Estadual do Ceará (UECE)

---

Dr. Ramiro Gustavo Valera Camacho  
Universidade do Estado do Rio grande do Norte (UERN)

A minha querida mãe Maria Clara Bezerra

## AGRADECIMENTOS

A Deus pela iluminação na busca de um ideal, estando presente na minha vida em todos os momentos,

A minha mãe e minha irmã Alci por sempre me apoiarem nesse objetivo,

À Universidade pública, gratuita e para todos “Universidade Federal do Ceará”,

À Universidade Federal Rural do Semiárido”. Pela parceria em campo e laboratório,

A Prof. Dr<sup>a</sup>. Sc. Marta Celina,

Dr.<sup>a</sup> Diolande pelo apoio no laboratório e pelo apoio nesse trabalho,

Prof. Dr. Luis Cesar de Aquino Lemos pelo apoio, parceria, orientação e amizade desde o período do mestrado até a caminhada do doutorado,

Aos Conselheiros da banca examinadora pelas preciosas contribuições,

Aos Professores do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e meio ambiente por contribuírem na minha formação profissional,

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos,

Aos colegas do grupo de pesquisa RENAS por toda a contribuição e esforços em campo.

A todos os meus amigos que contribuíram de forma direta ou indireta para a realização do meu trabalho.

A todos moradores das Comunidades Pataxó e São Miguel.

Muito obrigada!

*“A sabedoria não é dada: é preciso descobri-la por nós mesmos depois de uma viagem que ninguém nos pode poupar ou fazer por nós. ”*

(Marcel Proust)

## RESUMO

A qualidade da água e o monitoramento permanente são fundamentais para a compreensão dos processos de integração que ocorrem entre os usos da bacia. O monitoramento contínuo de qualidade das águas existentes nos recursos hídricos, torna-se uma ferramenta poderosa para gerenciar antecipadamente problemas ambientais que venham a surgir quando os resultados apontam por não conformidades com a legislação nacional competente. Esta pesquisa tem por objetivo fazer uma análise da morfometria e, qualidade das águas de uso e ocupação da bacia hidrográfica do Piranhas-açu no Estado do Rio grande do Norte, e comparar as médias obtidas com os valores vigentes na Resolução CONAMA nº 357/2005, de classe II. Sendo analisados os parâmetros químicos, físico e biológicos das águas do reservatório Pataxó. Neste estudo foram considerados os dados referentes ao período de abril de 2018 a junho de 2019. Os resultados obtidos mostraram que todos os parâmetros analisados estão em conformidade com o que estabelece a legislação e pode-se destacar inconformidades que não são pontuais para o oxigênio dissolvido-OD e demanda bioquímica de oxigênio-DBO e o níquel com valores acima do permitido.

**Palavras-chave:** qualidade de água; semiárido; impacto ambiental.

## ABSTRACT

Water quality and permanent monitoring are essential for understanding the integration processes that occur between the uses of the basin. Continuous monitoring of existing water quality in water resources becomes a powerful tool to manage in advance environmental problems that may arise when the results point to non-compliance with the competent national legislation. This research aims to analyze the morphometry and quality of water used and occupied in the Piranhas-açu watershed in the State of Rio Grande do Norte, and compare the averages obtained with the values in force in CONAMA Resolution nº 357/2005, of class II. The chemical, physical and biological parameters of the waters of the Pataxó reservoir were analyzed. In this study, data referring to the period from April 2018 to June 2019 were considered. The results obtained showed that all parameters analyzed are in compliance with what is established by the legislation and non-conformities that are not specific for dissolved oxygen can be highlighted. -OD and biochemical oxygen demand-BOD and nickel with values above the allowed.

**Keywords:** water quality; semiarid region; environmental impact.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	– Imagem aérea do reservatório Pataxó (RN) .....	20
Figura 2	– Mapa de Localização do Reservatório Público de Pataxó no Município de Ipanguaçu/RN (Rede de drenagem, hipsometria) .....	38
Figura 3	– Perfil e elevação do rio principal Piranhas, da bacia hidrográfica Piranhas – açu .....	47
Figura 4	– Isoietas (Índice de pluviométrica) de 2018 .....	49
Figura 5	– Mapa isoietas (Índice de precipitação pluviométrica) de 2019 .....	50
Figura 6	– Variação do volume de água no reservatório de Pataxó, no período de abril de 2018 a junho de 2019 .....	51
Figura 7	– Representação da curva hipsométrica na bacia hidrográfica do estudo ....	51
Figura 8	– Mapa de uso e ocupação do solo para a Bacia Piranhas-açu para o ano de 2018 .....	52
Figura 9	– Mapa de uso e ocupação do solo para a Bacia Piranhas-açu para o ano de 2019 .....	52
Figura 10	– Variação de temperatura da água no período das coletas .....	57
Figura 11	– Variação espacial do CE no reservatório de Pataxó, para distintos períodos de coletas (abril/2018 - Coleta 1), (julho/2018 - Coleta 2), (Fev2019 - Coleta 3) e (junho/2019 - Coleta 4) .....	57
Figura 12	– Variação espacial do pH no reservatório de Pataxó, para distintos períodos de coletas (abril/2018 - Coleta 1), (julho/2018 - Coleta 2), (Fev2019 - Coleta 3) e (junho/2019 - Coleta 4) .....	60
Figura 13	– Variação espacial do DT no reservatório de Pataxó, para distintos períodos de coletas (abril/2018 - Coleta 1), (julho/2018 - Coleta 2), (Fev2019 - Coleta 3) e (junho/2019 - Coleta 4) .....	62
Figura 14	– Variação espacial do ST no reservatório de Pataxó, para distintos períodos de coletas (abril/2018 - Coleta 1), (julho/2018 - Coleta 2), (Fev2019 - Coleta 3) e (junho/2019 - Coleta 4) .....	65

Figura 15 – Variação do Oxigênio Dissolvido (OD) na água no período das coletas ..	68
Figura 16 – Variação da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) na água do reservatório no período de coletas .....	69
Figura 17 – Variação da Turbidez na água do reservatório no período de coletas .....	70
Figura 18 – Variação do Nitrogênio na água do reservatório no período de coletas ....	71
Figura 19 – Variação do Fosforo Total na água do reservatório no período de coletas	72
Figura 20 – Resultados do IQA- Mês de Abril de 2018 .....	78
Figura 21 – Resultados do IQA- Mês de Julho de 2018 .....	78
Figura 22 – Resultados do IQA- Mês de Fevereiro de 2019 .....	79
Figura 23 – Resultados do IQA- Mês de Junho de 2019 .....	79
Figura 24 – Imagem aérea da comunidade de Pataxó .....	81
Figura 25 – Variação das faixas etárias que participaram nas entrevistas .....	82
Figura 26 – Sexo dos entrevistados .....	82
Figura 27 – Estado Civil dos entrevistados .....	83
Figura 28 – Escolaridade dos entrevistados .....	83
Figura 29 – Tempo de moradia dos entrevistados na comunidade .....	84
Figura 30 – Listagem com os tipos de ajudas/auxílios financeiros recebidos na comunidade .....	85
Figura 31 – Atividades econômicas existentes na comunidade .....	86
Figura 32 – Registro de atividades econômicas executadas fora da comunidade .....	87
Figura 33 – Renda mensal das famílias entrevistadas .....	87
Figura 34 – Identificação das principais mudanças/melhorias no reservatório na visão dos entrevistados ao longo do tempo .....	88
Figura 35 – Bomba de captação de água para o consumo humano .....	89
Figura 36 – Participação comunitária nas decisões locais .....	89
Figura 37 – Existência de serviços básicos na comunidade .....	90

Figura 38 – Doenças identificadas nas famílias da comunidade .....	91
Figura 39 – Fontes da água de consumo humano residencial .....	92
Figura 40 – Alternativas usadas para tratar água antes de consumir .....	93
Figura 41 – Faixa etária dos entrevistados .....	93
Figura 42 – Sexo dos entrevistados .....	93
Figura 43 – Estado civil dos entrevistados .....	94
Figura 44 – Relação do nível de escolaridade dos entrevistados .....	95
Figura 45 – Anos em tempos de moradia dos entrevistados .....	95
Figura 46 – Recebimento de alguma ajuda ou auxílio financeiros dos entrevistados ..	96
Figura 47 – Registro das atividades econômicas executadas na comunidade .....	97
Figura 48 – Registro das atividades econômicas executadas na comunidade .....	97
Figura 49 – Renda mensal familiar dos entrevistados .....	98
Figura 50 – Relato da identificação das mudanças ou melhorias no reservatório da Comunidade .....	99
Figura 51 – Participação nas decisões comunitárias .....	99
Figura 52 – Disposição de serviços básicos na comunidade .....	100
Figura 53 – Doenças características registradas nas famílias da comunidade .....	101
Figura 54 – Fontes da água consumida nas residências da comunidade .....	101
Figura 55 – Formas empregadas no domicílio para tratar água antes do consumo doméstico .....	102

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	– Localização dos pontos de monitoramento de qualidade da água no reservatório Pataxó .....	39
Tabela 2	– Variáveis analisadas e respectivas metodologias de análises .....	40
Tabela 3	– Resultados da Morfometria da bacia em estudo. Entre essas características, as principais medidas são: área, perímetro e comprimentos, pois servem de base para as diversas determinações e índices .....	48
Tabela 4	– Valores das áreas e alterações percentual de cada classe de uso ocupação identificada na Bacia Piranhas-açu nos anos 2018 e 2019 .....	54
Tabela 5	– Análise de coliformes totais e termotolerantes presentes na água do reservatório Pataxó, em período chuvoso .....	75
Tabela 6	– Análise de coliformes totais e termotolerantes presentes na água do reservatório Pataxó, em período seco .....	76

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
Al	Alumínio
ANA	Agencia Nacional de Água
ANVISA	Agencia de Vigilância Sanitária
BH	Bacia hidrográfica
Cd	Cádmio
CE	Condutividade elétrica
CETESB	Condutividade elétrica
Cl	Cloro
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
Cr	Cromo
Cu	Cobre
CTT	Coliformes termotolerantes
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO	Demanda Química de Oxigênio
DNAEE	Departamento nacional de águas e energia elétrica
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EMPARN	Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte
FAO	Food and Agriculture Organization
Fe	Ferro
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDEMA	Instituto de desenvolvimento e meio ambiente
IQA	Índice de qualidade de água
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MS	Ministério da Saúde
ONU	Organização das nações unidas
SIG	Sistema de informação geográfica
SEMARH	Secretaria Estadual de Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos
PNRH	Plano nacional de recursos hídricos
UFC	Universidade Federal do Ceará

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>31</b>
<b>2</b>	<b>BACIA HIDROGRÁFICA</b> .....	<b>33</b>
<b>2.1</b>	<b>Abastecimentos de água como atividade impactante</b> .....	<b>38</b>
<i>2.1.1</i>	<i>Impacto ambiental sobre a saúde humana</i> .....	<i>39</i>
<i>2.1.2</i>	<i>A importância do saneamento básico e ecológico</i> .....	<i>40</i>
<i>2.1.3</i>	<i>Impacto econômico social</i> .....	<i>41</i>
<b>2.2</b>	<b>Legislação ambiental</b> .....	<b>43</b>
<b>2.3</b>	<b>Qualidade da água para consumo humano</b> .....	<b>44</b>
<b>2.4</b>	<b>Características da água para consumo humano</b> .....	<b>45</b>
<i>2.4.1</i>	<i>Parâmetros de qualidade</i> .....	<i>45</i>
<i>2.4.2</i>	<i>Padrão de potabilidade</i> .....	<i>46</i>
<b>2.5</b>	<b>Manejo de reservatórios artificiais visando usos múltiplos</b> .....	<b>46</b>
<i>2.5.1</i>	<i>Problemática da bacia hidrográfica do Piranhas-Açu</i> .....	<i>47</i>
<b>2.6</b>	<b>Uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica</b> .....	<b>48</b>
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>49</b>
<b>3.1</b>	<b>Área de estudo</b> .....	<b>49</b>
<i>3.1.1</i>	<i>Caracterização da Bacia hidrográfica Piranhas-açu</i> .....	<i>49</i>
<i>3.1.2</i>	<i>Classificação dos Solos da região</i> .....	<i>51</i>
<i>3.1.3</i>	<i>Vegetação da área de estudo</i> .....	<i>52</i>
<i>3.1.4</i>	<i>Clima</i> .....	<i>52</i>
<i>3.1.5</i>	<i>Hidrologia</i> .....	<i>52</i>
<b>3.2</b>	<b>Procedimentos metodológicos</b> .....	<b>53</b>
<i>3.2.1</i>	<i>Deteção dos compostos inorgânicos</i> .....	<i>59</i>
<i>3.2.3</i>	<i>Perfil Sócio - econômico e ambiental das comunidades</i> .....	<i>60</i>
<b>4</b>	<b>RESULTADO E DISCUSSÕES</b> .....	<b>61</b>
<b>4.1</b>	<b>Morfométrica da bacia hidrográfica piânico - piranhas-açu – BHPA</b> .....	<b>61</b>
<b>4.2</b>	<b>Classes de uso e cobertura do solo</b> .....	<b>66</b>
<b>4.3</b>	<b>Análise a partir de indicadores físicos, químicos e biológicos de qualidade da água no rio pataxó (rn)</b> .....	<b>71</b>
<i>4.3.1</i>	<i>Parâmetros Físicos</i> .....	<i>71</i>
<i>4.3.1.1</i>	<i>Temperatura</i> .....	<i>71</i>

<b>4.3.2</b>	<b><i>Parâmetros Químicos</i></b> .....	72
4.3.2.1	<i>Condutividade elétrica</i> .....	72
4.3.2.2	<i>Potencial Hidrogeniônico (pH)</i> .....	74
4.3.2.3	<i>Dureza total (DT)</i> .....	77
4.3.2.4	<i>Sólidos Totais (ST)</i> .....	79
4.3.2.5	<i>Oxigênio Dissolvido – OD</i> .....	82
4.3.2.6	<i>Demanda Bioquímica de oxigênio – DBO</i> .....	83
4.3.2.7	<i>Turbidez</i> .....	84
4.3.2.8	<i>Nitrato</i> .....	87
4.3.2.9	<i>Fósforo Total</i> .....	86
4.3.2.10	<i>Salinidade</i> .....	87
4.3.2.11	<i>Metais Pesados</i> .....	88
<b>4.3.3</b>	<b><i>Parâmetro Biológico</i></b> .....	89
4.3.3.1	<i>Coliformes Totais e Termotolerantes</i> .....	89
<b>4.3.4</b>	<b><i>Aplicação do IQA- Índice Qualidade das Águas</i></b> .....	92
<b>4.4</b>	<b>Aspectos socioeconômicos e ambientais das comunidades no entorno do reservatório Pataxó e São Miguel</b> .....	96
<b>4.4.1</b>	<b><i>Aspectos socioeconômicos da comunidade de Pataxó</i></b> .....	96
<b>4.4.2</b>	<b><i>Aspectos ambientais da comunidade de Pataxó</i></b> .....	102
<b>4.4.3</b>	<b><i>Aspectos socioeconômicos da comunidade de São Miguel</i></b> .....	108
4.4.3.1	<i>Aspectos ambientais da comunidade de São Miguel</i> .....	113
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	118
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	120

## 1 INTRODUÇÃO

No Brasil, as secas sucessivas, aliadas a deficiência à gestão da água, fazem com que tenhamos plena convicção do colapso iminente desse setor.

Além disso, em regiões onde o contingente populacional é maior, grande parte dos rios enfrenta problemas de qualidade da água e estes já não podem ser usados para abastecimento doméstico. Neste contexto está inserido o Estado do Rio Grande do Norte e, portanto, a bacia hidrográfica do Piranhas-Açu.

Os reservatórios das regiões semiáridas apresentam variação espacial e temporal da precipitação pluviométrica; um baixo índice pluviométrico; um alto índice de evaporação, devido às condições climáticas, típicas dessas regiões (BARBOSA *et al*, 2012).

O semiárido brasileiro, além dessas características, abriga a maior população humana entre as regiões semiáridas do mundo, tornando seus reservatórios mais vulneráveis ao acúmulo e ao aumento das concentrações dos nutrientes, devido às ações antropogênicas, que por sua vez contribuem para eutrofização artificial (IBGE,2011).A superintendência de desenvolvimento do Nordeste (SUDENE, 2017) divulgou as atuais áreas de semiaridez diante das mudanças climáticas e aumentando assim o número de município, incluindo agora o Maranhão aumentado assim para 1.262 municípios, dos estados do Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe Bahia e Minas Gerais.

A gestão sustentável da água é um dos maiores desafios para o Século XXI. O modelo de gestão adotado no Brasil e, em especial, na região Nordeste. De acordo com Tucci, Hespanhol e Netto (2000), apresenta sérias deficiências no controle da qualidade da água superficial nas bacias hidrográficas. Em parte, esse problema deriva da falta de esgotamento sanitário em muitas cidades e distritos do Nordeste, somando-se a isso as atividades industriais e agropecuárias que destinam efluentes do processo produtivo diretamente nos rios ou no solo. Vários estudos têm mostrado a preocupação com a poluição das bacias hidrográficas (Botalova & Schuarbauer, 2011). O que corrobora Campanha *et al*. (2010), e em menor instância, a variação pela sazonalidade.

A qualidade da água e o monitoramento permanente são fundamentais para a compreensão dos processos de integração que ocorrem entre os usos da bacia. O monitoramento contínuo de qualidade das águas existentes nos recursos hídricos, torna-se

uma ferramenta poderosa para gerenciar antecipadamente problemas ambientais que venham a surgir quando os resultados apontam por não conformidades com a legislação nacional competente. A importância do monitoramento da qualidade dos recursos hídricos de uma bacia reside no fato de que, a partir das informações coletadas, se pode inferir sobre a condição ambiental da bacia hidrográfica como um todo (QUEIROZ *et al.*, 2010).

Os rios são ecossistemas de grande importância ambiental e social, pois englobam diversos fins essenciais à vida humana, tais como abastecimento de água, geração de energia, insumo nos diferentes setores econômicos, fonte de pesca comercial, de lazer e atração turística. Porém, A poluição ocasionada pelos diversos usos dos recursos ambientais é uma das principais causas de detrimento da qualidade da água (Oliveira *et al.*, 2010). A legislação prevê um padrão de qualidade para cada um dos usos a que se destina a água (SOUZA, 2014).

Baseado em vários estudos a Organização das Nações Unidas (2010) pontua que os recursos hídricos mundiais estão cada vez mais ameaçados à medida que as populações humanas crescem, atividades agrícolas e industriais se expandem e as mudanças climáticas ameaçam alterar o ciclo hidrológico global.

Diante do exposto anteriormente, uma das peças fundamentais para promover esse acompanhamento qualitativo está no monitoramento contínuo da qualidade das águas desses recursos, tendo em vista que, a partir dos dados gerados torna-se possível estabelecer estratégias de manutenção do equilíbrio ambiental. Na busca de uma melhor gestão dos recursos hídricos, muitos estudos vêm sendo realizados no intuito de determinar a qualidade das águas de rios, lagos e represas através do monitoramento dos parâmetros físicos, químicos e biológicos da água (ROCHA *et al.*, 2014)

Diante desses problemas, a utilização de recursos como o mapeamento para monitorar a qualidade das águas superficiais de usos múltiplos desponta como instrumento de grande interesse por parte da sociedade como um todo, uma vez que permite monitorar e controlar a qualidade de um recurso natural de vital importância para as condições de saúde pública (NOVO, 2005).

A gestão dos recursos hídricos deve ser feita com o intuito de atender as demandas atuais e futuras dos usos múltiplos da água, fato que demonstra mais ainda a relevância de estudos que busquem soluções para os problemas da gestão da água, nesse aspecto, mapear os índices da qualidade da água e identificar as ações antrópicas que alteram esses parâmetros em reservatórios superficiais, são ferramentas importantes.

Despejos de resíduos líquidos domésticos, provenientes de áreas povoadas, sendo mais afetados aqueles reservatórios que se localizam a jusante das sedes municipais, para onde estes resíduos escoam. Os esgotos domésticos são ainda os principais focos de poluição orgânica nas águas nordestinas, devido à falta de estações de tratamento de esgotos.

A coleta e destinação final dos resíduos sólidos gerados pelas atividades antrópicas desenvolvidas, principalmente, nos aglomerados urbanos de maior porte, constituem-se num alvo de preocupação do poder público, tendo em vista o crescimento do volume gerado e os problemas de saúde pública e agressão ao meio ambiente decorrentes do seu manuseio e deposição inadequados na bacia.

Além disso, o escoamento de impurezas por escoamento superficial pode provocar o assoreamento e a contaminação dos cursos d'água. Cabe ressaltar que a contaminação microbiológica causada por sucessivos lançamentos de esgoto ao longo do seu percurso, principalmente nas cidades, prejudica as captações de abastecimento da água da população por presença da bactéria *E. coli*, portanto, aumentando o custo de tratamento adequado para ser distribuído para as populações locais.

Dessa forma, o lançamento de resíduos líquidos domésticos, indústrias e hospitalares nos solos, formando esgotos a céu aberto, ou sua canalização direta para os cursos e mananciais hídricos, não só podem tornar as águas receptoras impróprias para fins de abastecimento público, usos agrícolas, como favorecer o contato direto das pessoas com microrganismos patogênicos e produtos químicos tóxicos.

Esta pesquisa tem por objetivo fazer uma análise da morfometria e, qualidade das águas de uso e ocupação da bacia hidrográfica do Piranhas-açu no Estado do Rio grande do Norte, mostrando a necessidade de estudos mais detalhados de forma a auxiliar no manejo adequado dos recursos disponíveis na bacia, podendo-se avaliar, através de parâmetros físico, químicos e biológicos, as possíveis fontes de contaminações e seus efeitos a médio e longo prazo no reservatório da bacia,

## **2 BACIA HIDROGRÁFICA**

Os conceitos de Bacia Hidrográfica vêm sendo aprimorados e revistados a partir da literatura. Esses conceitos vão desde uma abordagem clássica até planejamento ambiental e dispositivos legais que regem esses ambientes.

Inicialmente, destaca-se a abordagem clássica de Christofolletti (1980) que define bacia hidrográfica como o processo de drenagem de um rio e sua dinâmica com o meio, é uma área drenada por um determinado rio ou até mesmo por um sistema fluvial. Essa área drenada, segundo Silveira (2012) é a parte da superfície terrestre compartimentada por um relevo que recebe água da chuva e naturalmente a converge para um ponto comum denominado pelo autor de exutório. Targa *et al.* (2012) corrobora com esta conceituação ao dizer que a bacia hidrográfica é o conjunto de terras limitadas por divisores de água na qual sua rede de drenagem exerce atividade sobre os cursos d'água que convergem para o mesmo ponto, o exutório.

A abordagem sistêmica para estudos e compreensão das bacias hidrográficas são essenciais para a análise na relação sociedade e natureza, para tanto, Medeiros (2016, p. 275) aponta que “os estudos contemporâneos têm apontado para a necessidade de uma abordagem sistêmica e complexa das bacias hidrográficas, buscando sua compreensão com base em estudos integrados dos vários elementos”. Contribuindo com essa perspectiva, Mattos e Perez Filho (2004, p.17) afirmam que:

A bacia hidrográfica não pode ser entendida pelo estudo isolado de cada um dos seus componentes: sua estrutura, funcionamento e organização são decorrentes das inter-relações desses elementos, de modo que o tudo resultante não é resultado da soma das estruturas, funcionamento de suas partes. Analisar separadamente os processos que ocorrem nas vertentes e aqueles que acontecem nos canais fluviais não permitem compreender como o sistema bacia hidrográfica funciona enquanto unidade organizada complexa. Mattos e Perez Filho (2004, p.17)

Para Merten *et al.* (2011, p.403), “uma bacia hidrográfica é formada por três diferentes compartimentos: a bacia vertente, o ambiente ciliar que, em muitos casos, é inexistente, e a calha fluvial que drena o fluxo de água (vazão) e os sedimentos produzidos nessa bacia”. Taveira (2018) afirma que toda a superfície terrestre se encontra sobre uma bacia hidrográfica, vivendo e desenvolvendo suas relações sociais com outros homens e com a biodiversidade.

Destá forma, as relações entre a sociedade e a natureza se estabelecem sobre o domínio de uma bacia hidrográfica como fator vital a existência e reprodução biótica dos seres vivos como elementos constituintes de uma bacia hidrográfica, bem como para a manutenção da dinâmica e do equilíbrio com a geodiversidade ou unidade geoambiental típica de cada área drenada, que segundo Santos e Marchioro (2020) corresponde a geologia,

geomorfologia, pedologia, vegetação, hidro climatológicas corrobora com Carvalho e Rodrigues (20004,p. 115)

Uma bacia hidrográfica denota características geoambientais, formando uma unidade natural indissociável e Inter atuante. É um sistema complexo, dado o número de elementos e variáveis, em que as relações mútuas entre os seus componentes estruturais possibilitam a análise integrada do meio ambiente, permitindo uma acurada avaliação dos aspectos, quer físicos, quer econômicos e sociais (CARVALHO; RODRIGUES, 2004, p.115).

Para Soares (2015) a bacia hidrográfica pode ser definida como a delimitação do espaço geográfico por um divisor de águas, por sua vez representado por uma linha imaginária que une os pontos de cotas mais elevadas, fazendo com a água da chuva, ao atingir o solo, vá em direção ao curso de outro rio. A autora complementa definição ao afirmar que a bacia hidrográfica corresponde a uma área, cuja drenagem é feita por um rio principal e conjunto com seus afluentes e subafluentes.

A autora caracteriza a bacia hidrográfica a partir de dois formatos: o circular e o alongado. As circulares concentram mais as enxurradas nos trechos menores do curso principal, enquanto as alongadas tendem a distribuir melhor as enxurradas ao longo do canal principal de forma a amenizar as vazões e retardar as vazões máximas. Araújo *et al.* (2019, p. 1072) afirmam que:

A Legislação Brasileira de recursos hídricos, a partir da instituição da Lei das Águas (Lei nº 9433, de 08 de janeiro de 1997), definiu que 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 (LEI DAS ÁGUAS, 1997). A qualidade e quantidade dos recursos hídricos de uma bacia hidrográfica são reflexos do uso e ocupação do seu solo.

A Agência Nacional de Águas (ANA, 2007) define a bacia hidrográfica como uma área fisiográfica drenada por um curso ou mais cursos d'água que de forma conectas convergem direta ou indiretamente para um leito ou espelho d'água. Nesse sentido, as bacias hidrográficas podem ser compreendidas e definidas a partir da perspectiva de gestão ambiental. Para esta finalidade Souza *et al.* (2020, p. 111) afirmam que as bacias hidrográficas podem:

Aprofundar sob a realidade espaço-temporal dessas regiões, como subsídio ao conhecimento das especificidades que comprometem as bacias hidrográficas, por sua vez como unidade de planejamento na sua visão Geossistêmica desde as características geoambientais, até o abastecimento hídrico, bem como a pressão humana sob os recursos hídricos. Souza *et al.* (2020, p. 111)

As bacias hidrográficas, para alguns autores podem ser subdivididas em sub-bacia, micro bacias e regiões hidrográficas. As sub-bacias estão classificadas, segundo Santana (2003) como uma área desmembrada em qualquer quantidade que depende do ponto de saída considerando o eixo-tronco ou canal coletor. Desta forma, cada bacia hidrográfica menor será conectada hierarquicamente à uma superior.

ANA (2017) destaca que a divisão hidrográfica em sub-bacias foi adotado em 1972 pelo Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE) tendo como finalidade a ampliação e melhoria da oferta de dados aos usuários além de implementar um sistema de informações que fosse capaz de processar os dados com eficiência e de forma rápida, utilizando métodos lógicos e modernos, porém, a abordagem inicial de sub-bacia estava voltada para a classificação de unidades que eram menores que as grandes bacias hidrográficas do Brasil.

Para Martins *et al.* (2005) o conceito de sub-bacia tem uma finalidade mais quantitativa, pois afirma que essa unidade de planejamento são áreas entre 20 mil ha e 30 mil ha, ou seja, seria o equivalente a 200 km<sup>2</sup> e 300 km<sup>3</sup>, respectivamente.

Por sua vez, as microbacias são formadas por canais fluviais de primeira e segunda ordem, em poucos casos possuem uma terceira ordem (CALIJURI; BUBEL, 2006). Segundo o autor, as microbacias devem ser classificadas de acordo com base dinâmica dos processos hidrológicos, biológicos e os geomorfológicos. Esses ambientes são frágeis e frequentemente perturbados. Santana (2003) sugere que o termo microbacias seja substituído por sub-bacia uma vez que é uma denominação empírica.

Acerca do termo Regiões Hidrográficas, Soares (2015) aponta que esta definição leva em consideração a escala de abrangência territorial não apenas de uma bacia, mas o conjunto de diversas bacias que estão espacialmente distribuídas no território brasileiro. Para a autora (p.37) essa definição se trata de:

Uma área de terra e de mar composta por uma ou mais bacias hidrográficas contíguas pelas águas subterrâneas costeiras que estão associadas a elas. (Soares, 2015, p. 37)

Quanto a classificação das bacias hidrográficas, Soares (2015) afirma que os corpos d'água que compõem as bacias e as próprias bacias têm sua classificação de acordo a importância de cada uma. As bacias hidrográficas podem ser, também, definidas e classificadas a partir de dispositivos legais que regulamentam o uso e proteção dessas unidades ambientais.

Destacam-se para o território brasileiro as Resoluções do Conselho Nacional de Meio Ambiente -CONAMA de 1986, a Agência Nacional de Águas-ANA e seus pareceres, a Política Nacional de Recursos Hídricos estabelecida pela Lei 9.433 de 1997. Essa visibilidade acerca do uso e gerenciamento dos recursos hídricos é uma prática que começa a ser pensada e estruturada a partir dos governos de Getúlio Vargas, na primeira metade do século XX. Taveira (2018, p. 107) afirma que:

A regulamentação dos recursos hídricos começou a ter maior visibilidade no Brasil na década de 1930, que foi uma época de grandes mudanças no país, com o crescimento de contingente populacional urbano e das atividades industriais. Nesse contexto, podemos imaginar que a demanda por água também passou a ser diferente. A água se tornou necessária para abastecer as cidades e também para fazer funcionar o setor industrial; além disso, a água apresentava outro potencial de grande importância para o país: gerar energia elétrica. Foi nesse sentido, então, que as ações de gestão foram conduzidas até o final da década de 1980. Após esse período, a gestão dos recursos hídricos passou a ser pensada em conjunto com a gestão ambiental e seu caráter gradualmente deixou de ser apenas desenvolvimentista para considerar fatores como o equilíbrio ambiental e a conservação de recursos naturais. (Taveira 2018, p. 107)

Nesse contexto histórico e legal, destaca-se que o Código de Águas de 1934 foi o primeiro documento que dispunha acerca do Direito das Águas no Brasil, cujo objetivo era controlar e incentivar o aproveitamento industrial das águas, em especial o aproveitamento hidráulico, procura garantir a gratuidade no uso de qualquer recurso hídrico, elemento este que veio a ser o marco regulatório e base para as novas legislações sobre a política de águas no Brasil (TAVEIRA, 2018).

A Constituição Federal de 1988 foi outro documento fundamental para a gestão das águas. Neste dispositivo, as águas foram divididas, segundo a autora supracitada, como dois domínios para os corpos hídricos, sendo o primeiro de domínio da União que é exercido sobre os rios e lagos que estejam situados em mais de dois estados, que façam divisa entre os Estados e que estejam nas fronteiras do Brasil com outros países. Já as águas de domínio dos

estados são aquelas superficiais que nascem e desagua dentro do território estadual (TAVEIRA, 2018).

Destaca-se também que além das águas superficiais distribuídas em uma extensa rede hídrica, existe também um volume considerável de águas subterrâneas que estão distribuídas de formas diferentes nas várias regiões do Brasil de acordo com sua geologia e geomorfologia do terreno (TUNDISI; TUNDISI, 2009). Ou seja, conforme Piza (2014) as águas que estão em sub-superfície circulam em espaços vazios, como poros, preenchendo-os totalmente. A autor afirma que “[...] a porção do subsolo onde a água subterrânea é encontrada é classificada como zona saturada, constituindo os aquíferos” (P.9).

Em 1997 foi criado a Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei nº 9.433 de 8 de janeiro daquele ano). Nesta política é abordado a água como um bem de domínio público, é um bem natural dotado de valor econômico, que a gestão dos recursos hídricos deve proporcionar o uso múltiplo das águas e que as bacias hidrográficas são unidades territoriais de planejamento para a implementação desta política e para a criação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997).

Portanto, observa que na literatura o entendimento conceitual e as formas de abordagem acerca de bacias hidrográficas convergem atualmente para uma compreensão sistêmica dessas unidades de planejamento e de gestão ambiental. A necessidade de se integrar a sociedade e natureza em inter-relações é fundamental para se gerenciar os usos múltiplos dos recursos hídricos e preservação desses ambientes cuja sociedade se encontra inserida e dela tiram sua vitalidade e satisfazem suas necessidades de produção e reprodução social.

Destaca-se que um dos processos que mais influenciou e impactou o uso da água pela população foi a expansão do espaço urbano. Esse processo quando ocorre sem planejamento afeta de maneira desastrosa o meio ambiente e o espaço vivido pelos grupos sociais, além das águas destinadas ao consumo humano ficarem comprometidas pelo excesso de desperdício ou utilização para outros fins como agricultura, pecuária e indústrias que concentram parcelas altíssimas de toda a água destinada para a população e para as atividades econômicas.

## **2.1 Abastecimentos de água como atividade impactante**

No Brasil, as secas sucessivas, aliadas à falta total de planejamento dos órgãos públicos com relação à gestão da água fazem com que tenhamos plena convicção do colapso iminente desse setor. A Organização das Nações Unidas (ONU) alerta que a escassez de água

afetará cerca de dois terços da população mundial em 2050, em consequência do uso excessivo dos recursos hídricos para a produção de alimentos e para a agricultura (FAO, 2015).

Segundo Freitas (*et al* 2015), os açudes foram criados com finalidade para diversos usos, desde a irrigação à recreação, associando-se às características do relevo, hidrografia e clima da região, com ações voltadas ao auxílio do desenvolvimento social, sendo um subsídio, principalmente, para o homem do campo, onde por muitas vezes pode se encontrar em situação de extrema pobreza (FREITAS; GUEDES; COSTA, 2015).

Neste sentido, o abastecimento da água tem relação com a sua qualidade, a qual é destinada para o consumo humano atuando sobre as diferentes formas de gestão pública ou privada, seja em áreas urbanas ou rurais. Para isso, MEDEIROS, LIMA e GUIMARÃES (2016 p. 696):

As formas de abastecimento de água podem apresentar características bastante variadas, como por exemplo, pode ser distribuída por rede ou por meio de veículos transportadores; seu fornecimento pode ser restrito a um único domicílio ou ser para vários bairros ou municípios; os mananciais de captação da água podem ser superficiais ou subterrâneos; o tratamento da água pode ser completo ou simplificado, com apenas desinfecção. Neste sentido, é importante reconhecer o monitoramento da qualidade da água como o instrumento de verificação da sua potabilidade para consumo humano, conforme padrão estabelecido na legislação. (MEDEIROS *et al* 2016)

A Portaria do Ministério da Saúde - MS N° 2914 (BRASIL, 2011), em substituição a Portaria MS N° 518, de 25 de março de 2004, que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, traz definições importantes quanto a qualidade da água para consumo humano.

### **2.1.1 Impacto ambiental sobre a saúde humana**

O impacto ambiental na visão de Sánchez (2008) é definido como alteração no meio (qualidade ambiental que modifica por consequência os processos naturais ou até sociais) que venham a ser provocadas pela ação humana.

Já para Resolução do Conama n° 1/86, art. 1°, impactos ambientais são:

Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que direta ou indiretamente, afetam: (I) a saúde, a segurança e o bem-estar da população; (II) as atividades sociais e econômicas; (III) a biota; (IV) as condições

estéticas e sanitárias do meio ambiente e (V) a qualidade dos recursos ambientais (BRASIL, 1986, p.2).

Neste contexto da qualidade da água aponta-se que ela desempenha uma função fundamental para saúde humana, a qualidade de vida e o equilíbrio ecossistêmico, uma vez que a Ecologia vai abordar em sua seara epistemológica os temas acerca da vulnerabilidade ambiental como um atributo dos ecossistemas e seus componentes frente a determinados impactos no ambiente. A qualidade da água pode estar associada à vulnerabilidade de um ecossistema como um todo ou as espécies vegetais e animais, aos sistemas ambientais e seus compartimentos – solos, água e ar (PORTO, 2012).

Todavia, a moderna visão da saúde coletiva sobre temas complexos vem ampliando a visão biomédica restrita, ao considerar vulneráveis não apenas as pessoas com predisposições orgânicas, pertencentes a extratos socioeconômicos ou a certas faixas etárias, mas o contexto e “os processos de vulnerabilização frente aos recursos e modos de vida que viabilizam ou restringem ciclos de vida das pessoas e comunidades” (ARAÚJO; NASCIMENTO; OLIVEIRA, 2016, p. 169).

Os impactos ambientais que podem gerar danos à saúde humana podem ser entendidos como vulnerabilidade sócio sanitária, que segundo Cotta *et al.* (2009) envolve a compreensão da possibilidade de adoecimento da população, ou povoados, ou os riscos à saúde decorrentes da exposição a certos produtos de atividades humanas que modifiquem e impactem a natureza, tomando como exemplo para este contexto a poluição de recursos hídricos por resíduos tóxicos.

### ***2.1.2 A importância do saneamento básico e ecológico***

Historicamente, o investimento em saneamento básico ocorreu de forma pontual no Brasil, sendo predominantemente realizado pelo poder público Leoneti, Prado e Oliveira (2011). O saneamento básico é uma ação e política pública que deve procurar a universalização do acesso como garantia de proteção ao meio ambiente e qualidade de vida da população.

Desta forma, Magalhães Filho e Paulo (2017) afirmam que para que haja uma adequada gestão e universalização dos serviços de saneamento básico, é necessário que se realize previamente um diagnóstico do estado situacional da área que deve ser saneada tendo

como objetivo o conhecimento de quais são os pontos fortes e fracos dos serviços que deverão ser oferecidos para a população.

Neste sentido, os autores apontam ainda que se torna fundamental a compreensão das características do abastecimento d'água e do esgotamento sanitário, que em áreas rurais carecem mais de políticas e ações, pois neste espaço, mesmo que no urbano não seja universalização, os dados dos indicadores se tornam mais escassos dificultando a viabilidade de “proposição de metas, programas, projetos e ações efetivas na busca da universalização do acesso à água e ao tratamento dos esgotos, com intuito de evitar doenças e melhorar a qualidade de vida” (MAGALHÃES FILHO; PAULO, 2017, p. 104). O que corrobora com Coelho (*et al* 2017) que se promovam políticas públicas para a melhoria e efetivação do direito ao saneamento básico.

Deve-se pensar na importância efetiva que as ações integradas de políticas públicas de Saúde, Meio ambiente, Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental contribuem para a melhoria da qualidade de vida da população e articulam políticas de desenvolvimento urbano e regional. Ao ter conhecimento dos benefícios do atendimento de abastecimento de água à população e analisando informações de custos, torna-se possível a elaboração de projetos que viabilizem este atendimento, sempre considerando os princípios básicos da Lei 11.445/2007 (Lei do Saneamento), propiciando maiores ganhos de qualidade de vida para a população e obtendo melhor retorno com os investimentos realizados. (COELHO *et al*; 2017, p. 8)

De acordo com Pereira *et al.* (2015), a ausência de planejamento e ação na prestação de serviços de saneamento básico possui influência na qualidade de vida da população e vem provocando problemas na saúde do povo brasileiro, tendo um maior impacto no grupo populacional de baixa renda, principalmente aqueles que habitam em locais com maiores carências de serviços de saneamento básico.

Aponta-se que as políticas de saneamento básico precisam ser vistas e construídas a partir da gestão sustentável para tomada de decisão participativa, na qual MAGALHÃES FILHO e PAULO (2017, p. 114)

Com intuito de reuso e diminuição dos riscos associados à saúde, em prol da educação sanitária e ambiental, é importante uma avaliação domiciliar das condições de abastecimento e esgotamento, pois há diferenças entre residências, que permitem diversas opções tecnológicas dentro de uma mesma comunidade. Principalmente quando o problema nos serviços está na operação e manutenção, é necessário o entendimento desses aspectos das tecnologias que são implantadas para funcionarem adequadamente. (Magalhães Filho e Paulo 2017, p. 114)

A ausência de saneamento traz prejuízos tanto para a sociedade quanto para a natureza, uma vez que esse tipo de contaminação da água está diretamente relacionado ao uso e ocupação do espaço. Segundodos corpos hidricos através de efluentes domésticos e industriais, os quais possuem altas cargas orgânicas, alto teor de fosforo e nitrogenio e contaminantes patogênicos que afetam a saúde humana, especialmente quando os municípios não possuem estações de tratamento de águas residuais.

Através dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos, é possível estimar as condições ambientais da qualidade de uma determinada região, que se localiza próximo a uma bacia hidrográfica. Para analisar a qualidade da água, são utilizados vários indicadores, como o Índice de Qualidade da Água (IQA) o qual tem sido um dos índices mais utilizados no Brasil para estimar a qualidade da água de um corpo d'água. Esse índice foi desenvolvido pela Fundação Nacional de Saneamento em 1970 nos EUA e posteriormente adaptado pela CETESB 2012 (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo) e se trata de um índice composto por nove parâmetros particularmente sensíveis à contaminação por esgoto doméstico, o que explica a confiabilidade do uso (ANA, 2013).

Destaca-se que os índices de fósforo presentes nos cursos fluviais ou outros corpos hídricos é o principal nutriente que causa a eutrofização e é encontrado em ambientes naturais, em rochas fosfáticas, esgoto doméstico não tratado; e associado ao uso de fertilizantes na agricultura, principalmente nas grandes escalas produtivas do agronegócio que contamina e compromete o ambiente em uma agilidade superior as médias e pequenos espaços produtivos (PANTANO *et al.*, 2016).

A contaminação ambiental reflete não apenas nos recursos naturais, mas também, na utilização antrópica dos mesmos, uma vez que, os efluentes podem conter elementos como metais pesados, que são considerados bioacumulativos e não biodegradáveis, diminuindo a quantidade de água apta para a utilização e, conseqüentemente, propiciando a elevação de gastos para tratamento e abastecimento público (LIMA, 2001; MILHOME *et al.*, 2017).

Ribeiro *et al.* (2012). Ressalta a importância das avaliações de contaminação por metais pesados nos solos e recursos hídricos de uma bacia hidrográfica, ao dizer que, quantidades elevadas podem prejudicar o desenvolvimento e equilíbrio do ecossistema e da saúde humana.

### ***2.1.3 Impacto econômico e social***

Toda atividade que envolva a população e a relação entre a sociedade e natureza traz como consequência impactos, sejam da ordem positiva ou negativa. O equilíbrio dos objetivos sociais, ambientais, bem como os econômicos exigem da sociedade uma ação conjugada sobre o padrão da demanda e as modalidades da oferta dos recursos (SACHS, 2005). De acordo com MEDEIROS, LIMA e GUIMARÃES (2016, p. 696):

As atividades econômico-produtivas desenvolvidas pela mineração, hidro energia, madeireira, agronegócio e outras trazem grandes benefícios para o desenvolvimento de um país. Entretanto, são muitos os riscos que existem no entorno dessas áreas produtivas, isto é, os impactos socioambientais negativos que acabam desorganizando e inviabilizando a permanência de agrupamentos humanos e suas interações com a natureza, dificuldades observadas em detrimento de danos ambientais, surgimento de doenças e situação de pobreza. (Medeiros, Lima e Guimarães 2016, p. 696)

## **2.2 Legislação ambiental**

A Lei de nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997 referente a Política Nacional de Recursos Hídricos, descreve a água sendo um bem de domínio público, limitado e dotado de valor econômico, de uso prioritário ao consumo humano e a dessedentação de animais. Pela lei, a água é assegurada à atual e às futuras gerações, e para isto a necessária importância do planejamento dos recursos hídricos que determinam orientações a programas e projetos para diagnosticar, analisar e balancear a qualidade e usos das águas.

A gestão dos recursos hídricos deve proporcionar os usos múltiplos das águas, de forma descentralizada e participativa, contando com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades e estabelece a bacia hidrográfica como “unidade territorial para aplicação da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos”, no qual se iniciou uma fase de conscientização sobre a preservação e manutenção dos diferentes recursos hídricos presentes no território nacional (BRASIL, 1997).

Para Sosinski (2010) o objetivo desta Lei é assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos, permitindo a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, com vistas ao desenvolvimento sustentável.

Conforme estabelece a Lei nº 9.433/97 a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implantação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e tem como principal objetivo garantir a disponibilidade necessária de água, em quantidade e qualidade adequadas, para a atual e as futuras gerações. Para alcançar esse objetivo, a referida Lei adotou como instrumentos da PNRH: os Planos de Recursos Hídricos, o Enquadramento dos Corpos d'Água em Classes, a Outorga de Direito de Uso de Recursos Hídricos, a Cobrança pelo Uso de Recursos Hídricos, a Compensação a Municípios e o Sistema de Informações de Recursos Hídricos.

O Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) é um órgão normativo, deliberativo e consultivo das políticas nacionais do meio ambiente, criado em 1981 pela promulgação da lei 6.938/81, regulamentado pelo Decreto nº 99.274. Uma das suas principais funções é a classificação dos corpos de água, pré-estabelecidas pela Resolução CONAMA de nº 357 de 2005, que dispõe de diretrizes ambientais para o enquadramento correto de águas superficiais, segundo as condições de uso e dos padrões de lançamento de efluentes.

A Resolução CONAMA nº 357/05 define os valores máximos e mínimos para inúmeros parâmetros físico-químicos, em diferentes tipos de ambientes e águas e dos lançamentos dos efluentes líquidos nos corpos hídricos bem como classifica os mesmos a fim de tomar providências cabíveis (BRASIL, 2005).

A Lei nº 6.938/81 destaca o conceito de impacto ambiental como sendo uma alteração das características e qualidade do meio ambiente. Com isso, procura identificar a fonte da ação causadora, possibilitando discussões nas tomadas de decisões e de práticas alternativas.

### **2.3 Qualidade da água para consumo humano**

Atualmente, assim como em eventos sociais passados, a qualidade e quantidade dos corpos d'água enfrentam cada vez mais os descasos das ações humanas através das atividades de ocupações do espaço onde está inserido. Para FORTES, BARROCAS e KLIGERMAN (2019, p. 24)

No Brasil, as normas de potabilidade existentes seguem basicamente os padrões recomendados pela OMS, contidas no 'Guidelines for Drinking Water Quality'. O Decreto Federal nº 79.367, de 09 de março de 1977, atribuiu competência ao Ministério da Saúde para elaborar normas e o padrão de potabilidade de água para

consumo humano. No mesmo ano, a primeira norma de potabilidade, a Portaria do Ministério da Saúde nº 5623, foi instituída. Esta, definia os limites máximos para as diversas características físicas, químicas e biológicas inerentes às águas para consumo. (FORTES, BARROCAS e KLIGERMAN 2019, p. 24)

A qualidade da água depende de suas características físico-químicas e biológicas. Portanto, as atividades de uso e ocupação do solo pelo homem alteram os processos biológicos, físicos e químicos dos sistemas naturais e contribuem para a redução da qualidade da água. (OLIVEIRA FILHO *et al.* 2012).

Ao analisar características físico-químicas ou naturais de uma bacia hidrográfica, verifica-se a presença de substâncias que podem ser tóxicas ao ambiente e ao organismo vivos, proveniente de fontes naturais ou mesmo por ações antrópicas.

A grande dinamicidade do rio o torna fundamentalmente estruturado pelo regime climático e pelos ambientes físicos (luz, temperatura, correnteza, habitat) e químicos (carbono orgânico e inorgânico, oxigênio, nutrientes, metais) com os quais interagem, além das interações biológicas (herbivoria, predação, competição) que constituem partes componentes deste sistema (ESTEVES, 2015) .

## **2.4 Características da água para consumo humano**

### **2.4.1 Parâmetros de qualidade**

A qualidade da água para consumo humano pode ser avaliada por um conjunto de parâmetros, determinados através de uma série de análises física, química e biológica. A análise físico-química da água determina de modo preciso e explícito algumas características da amostra do dado espaço de análise, tornam-se vantajosos a avaliação da qualidade da água (CRUZ *et al.*, 2007).

Dos Santos *et al.*, (2007) afirmam que os parâmetros físicos para uma análise minuciosa de água abrangem desde temperatura da água até a análise de sólidos suspensos e sólidos dissolvidos pelo método gravimétrico, como também análise da turbidez pelo método nefelométrico. Por fim, o parâmetro de análise química é o teor de cloro residual livre que está intimamente ligada ao tratamento da água, pois os produtos de cloro são comumente utilizados para a desinfecção de água (SILVA *et al.* 2009).

Ao realizar as análises de água, obtêm-se os parâmetros de qualidade, que são determinados de acordo com as substâncias presentes na mesma. Tais substâncias, conforme Bortoli (2016), caracterizam as condições em que a água se encontra, nos mais variados usos. Tendo como exemplo a Temperatura, na qual a sua alteração da na água pode ser causada por

fontes naturais (principalmente energia solar) ou antropogênicas (despejos industriais e águas de resfriamento de máquinas). Ela é a medida da intensidade do calor, parâmetro que influi em algumas propriedades da água, com reflexos sobre a vida aquática (BORTOLI, 2016). Outros parâmetros são responsáveis pelas análises da qualidade da água, como a turbidez, cor, textura, sabor e odor.

#### ***2.4.2 Padrão de potabilidade***

Os teores máximos de impurezas que são permitidos na água são estabelecidos em função dos seus usos para a potabilidade. Esses teores que estão presentes constituem os padrões de qualidade, os quais são fixados por entidades públicas através de resoluções, a fim de garantir que a água a ser utilizada para uma determinada finalidade não contenha impurezas que venham a prejudicar, por exemplo a saúde humana (BORTOLI, 2016).

Para Von Sperling (1996). Os padrões de qualidade da água variam para cada tipo de uso. Assim, os padrões de potabilidade (água destinada ao abastecimento humano) são diferentes dos de balneabilidade (água para fins de recreação de contato primário), os quais, por sua vez, não são iguais aos estabelecidos para a água de irrigação ou destinada ao uso industrial. Mesmo entre as indústrias, existem requisitos variáveis de qualidade, dependendo do tipo de processamento e dos produtos das mesmas.

#### **2.5 Manejo de reservatórios artificiais visando usos múltiplos**

Os planos de bacias hidrográficas precisam levar em consideração os programas, projetos e estudos que incorporem a proteção dos recursos na área de abrangência das respectivas bacias hidrográficas, onde devem estar articulados com os planejamentos municipais, setoriais elaborados para o uso múltiplo da água (PERES; SILVA, 2013). Desta forma, os reservatórios artificiais possuem fundamental importância no planejamento, gestão e manejo dos recursos hídricos brasileiros. PIZA (2014, p. 40) assegura que:

Para o controle das cheias, os mecanismos mais utilizados são os reservatórios. Conhecidos popularmente como piscinões, estes são estruturas que atuam para detenção ou retenção de água e têm finalidade de reduzir o efeito das enchentes em áreas urbanas. Além de auxiliar no controle de cheias, os reservatórios urbanos, em alguns casos, podem ser usados para tratar a poluição carregada pela água nas cidades. PIZA (2014, p. 40).

Tanto no Brasil quanto fora do país a bacia hidrográfica tem se configurado como unidade preferencial para se trabalhar a intervenção em termos de recursos hídricos, e isto no Brasil tem sido preconizado pela lei 9.433/1997. A maior parte dos recursos hídricos disponíveis está sujeito a processos de contaminação e degradação, devido aos múltiplos usos antropogênicos.

A demanda pelo uso de recursos hídricos é classificada de acordo com os usos consuntivos e usos não consuntivos. Os usos consuntivos são aqueles em que parte da água captada é consumida no processo produtivo, ou seja, não retorna para os cursos d'água. Já os usos não consuntivos são aqueles em que a quantidade de água captada é devolvida integralmente ao curso d'água, como por exemplo: hidroeletricidade e navegação (ANA, 2012).

### ***2.5.1 Problemática da bacia hidrográfica do Piranhas-Açu***

A Problemática do Semiárido Brasileiro Uma vez evidenciado a busca pela sustentabilidade convém destacar que existem regiões no semiárido brasileiro onde a mesma se intensifica e observando as diversas bacias hidrográficas, percebe-se que a bacia hidrográfica Piancó-Piranhas-Açu tem se destacado em diversos aspectos desta problemática, uma vez que é uma das únicas bacias que está inserida totalmente no semiárido brasileiro (ANA, 2016).

De acordo com a ANA (2016) a bacia do rio Piranhas-Açu, possui 46 reservatórios considerados estratégicos por apresentarem capacidade de armazenamento superior a 10 milhões de m<sup>3</sup> incluindo os reservatórios Coremas-Mãe d'água e Armando Ribeiro Gonçalves, a capacidade desses reservatórios tem fundamental importância no período de estiagem.

Segundo Freitas *et al* (2012) o motivo do esgotamento hídrico e impactos ambientais negativos sucedido do aumento de construção de açudes na bacia hidrográfica do rio Piranhas-Açu, como é o caso da construção da barragem Armando Ribeiro Gonçalves, esse fato tem agravado o meio ambiente com o aumento de perdas hídricas por evaporação, assoreamento, desaparecimento das matas ciliares e animais que vivem às margens dos rios. O uso irracional da água armazenada tem sido uma das grandes preocupações dos órgãos públicos e das organizações não governamentais ligadas a esse setor. A problemática ambiental segundo Ramalho (2012) tem aumentado com o crescimento da população,

culminando assim em problemas de disponibilidade hídrica. As reservas de água nos reservatórios da bacia, é a única fonte disponível para abastecimento humano e animal.

Os aspectos climáticos das regiões semiáridas aliados as ações antrópicas drasticamente o por longo período de estiagem na região, uma vez que, essas áreas representam fragilidades para degradação - fenômeno decorrente da devastação da cobertura vegetal e da erosão acelerada.

De acordo com a ANA (2016) a cobertura vegetal da bacia em sua maior parte se encontra bastante antropizada em decorrência da abertura de áreas para exploração agrícola e principalmente pela exploração de lenha como fonte energética para olarias, panificadoras e uso doméstico. Além da perda de biodiversidade, a remoção da vegetação sem critérios de manejo, expõe o solo à ação erosiva das chuvas provocando o transporte de partículas para os corpos hídricos e causando o gradual assoreamento dos reservatórios da região.

Além disso, em regiões onde o contingente populacional é maior, grande parte dos rios enfrenta problemas de qualidade da água e estes já não podem ser usados para abastecimento doméstico. Neste contexto está inserido o Estado do Rio Grande do Norte e, portanto, a bacia hidrográfica do Piranhas-açu.

## **2.6 Uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica**

Ao longo do tempo o entorno dos reservatórios hídricos começa a ser ocupado pelo o homem, atraídos pelas várias atividades produtivas que podem ser desenvolvidas. Porém para (FREITAS; *et al* 2016; GUEDES; COSTA, 2017).

O uso e a ocupação do solo alteram os processos físico-químicos e biológicos dos sistemas naturais, diante disso é de suma importância identificar e compreender a dinâmica da paisagem e das características do meio para a preservação dos recursos hídricos. Diversos problemas relacionados com a qualidade da água são causados pela maneira inadequada do uso do solo, como urbanização, atividades industriais e agrícolas (DUPASA *et al.*, 2015) o uso e o manejo agrícola têm contribuído para o aumento das concentrações de nutrientes na água, como o nitrogênio e o fósforo (BU *et al.*, 2014).

Dessa forma a fragilidade e produtividade de uma bacia podem ser descritas por meio da identificação da realidade ambiental, com a interação dos resultados obtidos pelas informações elaboradas com o SIG (PARETA; PARETA, 2011; WAIKAR; NILAWAR, 2014).

No intuito de ter uma maior precisão da dinâmica do funcionamento da bacia, a preservação dos recursos naturais, como também, a organização e controle do uso dos espaços, a cartografia utiliza ferramentas que conectam o conhecimento com a tecnologia, com base o geoprocessamento e sensoriamento remoto através das imagens de satélite. Geoprocessamento é uma ferramenta de análise espacial considerada um excelente instrumento de apoio à tomada de decisão na avaliação de empreendimentos ambientais.

Os mapeamentos realizados por ferramentas referentes as geotecnologias são consideradas precisos, rápidos e de baixo custo, tendo-se o nível de detalhamento referentes ao método utilizado, que comparados aos tradicionais oferecem resultados mais objetivos (SARMA, 2013).

O SIG (Sistema de informações geográficas) permite analisar diferentes temas de estudo através escalas e tempo variados, e pode servir como base em tomadas de decisões pelo Poder Público, assim como auxilia o desenvolvimento de projetos ambientais nas empresas privadas (CARVALHO, 2014). Contribui com essa afirmação Prina & Monguilhott (2011) ao afirmar que o uso de imagens de satélite facilita os estudos de impactos ambientais, pois proporciona o trabalho simultâneo de grandes volumes de dados e a análise de áreas com grandes extensões, além de proporcionar a análise da ação antrópica sobre os recursos naturais.

Realizar o levantamento dos diferentes usos e ocupações do espaço em bacias hidrográficas, possibilita verificar diversas ações antrópicas sobre o ambiente.

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Área de estudo**

##### ***3.1.1 Caracterização da Bacia hidrográfica Piranhas-açu***

A Bacia Hidrográfica do rio Piancó- Piranhas-Açu localiza-se entre as coordenadas geográficas 38° 75' e 36° 17' de longitude oeste e 5° 06' e 7° 83' de latitude sul. É a maior bacia hidrográfica da Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Oriental correspondendo a 15% da área total. Abrange uma área de drenagem igual a 43.681,50 Km<sup>2</sup>, sendo 17.498,50 Km<sup>2</sup> a área correspondente ao estado do Rio Grande do Norte (cerca de 40%) pertencente a união. (BRASIL, 2013).

A Bacia Hidrográfica do rio Piranhas-Açu, formada por um rio de domínio da União e vários afluentes de domínio dos Estados da Paraíba e do Rio Grande do Norte, é um

exemplo típico deste problema. A Bacia Piranha-Açu abrange uma área de 17.498,5 km<sup>2</sup>, correspondendo 32,8% do território estadual. Os principais usos da água na bacia são para irrigação (65,7%), aquicultura (23,6%), abastecimento humano (7,6%), industrial (1,6%) e pecuária (1,5%) (ANA, 2014).

Está localizada na Região Central do Rio Grande do Norte entre os paralelos de 4°50'16.93" e 7° 00' 42.94" de latitude Sul, e os meridianos de 36°06'18.01" e 37°41'46.76" de longitude Oeste, onde predominam o clima semiárido, solos rasos e pedregosos. No entanto, a jusante da Barragem Armando Ribeiro Gonçalves, maior reservatório de águas superficiais do estado, destaca-se, também, que o maior polo de fruticultura irrigada do território potiguar se encontra inserido nesta bacia hidrográfica.

O estudo foi realizado no reservatório Pataxó (Figura 1), na bacia Piranhas-Açu, sob as coordenadas "5°36'43,01" Sul e "36°50'51" Oeste, situado em condições semiáridas. O reservatório interliga o açude Público Federal Armando Ribeiro Gonçalves com o Rio Pataxó, através de um canal de perenização que objetiva abastecer o Perímetro Irrigado do Baixo-Açu, situado na região centro-norte do Estado do Rio Grande do Norte.

**Figura 1** - Imagem aérea do reservatório Pataxó (RN)



**Fonte:** elaborado pela autora (2021)

O reservatório Pataxó pertence a Bacia hidrográfica piranhas-açu, foi construído em meados de 1951 a 1954 pelo DNOCS (Departamento Nacional de Obras Contra as Secas), e está situado à 18,5 km do Município de Ipanguaçu. Segundo dados do (DNOCS 1953). Em 2010 foi feita uma alteração importante na denominação e caracterização dessa bacia, antes conhecida como Piranhas-Açu, foi inserido o termo Piancó. Esse fato se deu a partir de uma

Nota Técnica nº 01/2010/CTAI da Agência Nacional de Águas, a qual fez alterações através da deliberação nº 399/2004 e que estabeleceu um critério para definição do curso principal de um rio dentre os afluentes formadores (Piranhas e Piancó).

O reservatório tem capacidade máxima de 15,02 milhões de m<sup>3</sup>, apresenta uma profundidade máxima de 12,7m SEMARH (2016), e abastece as comunidades próximas do seu entorno: Pataxó, São Miguel e Barra. Segundo trabalho feito em 2014 por agentes de saúde da comunidade de Pataxó, foi registrado 1.191 habitantes, entretanto, um outro levantamento no início de 2018 pelo mesmo grupo, constataram a presença de 410 famílias e 1200 habitantes. (OLIVEIRA, 2014, p.25).

O objetivo do reservatório é a regularização do rio Pataxó, propiciando a irrigação da várzea à jusante. A importância do reservatório de Pataxó se deve principalmente por atender a demanda de abastecimento humano da comunidade local (ANA, 2016). O principal afluente do reservatório é o Rio Pataxó (nascido no município de Angicos/RN) de acordo com a legislação, está classificado em Classe II, suas águas podem ser destinadas para várias atividades como: o abastecimento e consumo humano (isso após tratamento convencional e proteção das comunidades aquáticas), irrigação de hortaliças, agropastoris e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto ou primário, aquicultura e à atividade de pesca.

O açude Pataxó proporciona a prática de várias atividades como à pesca, atividades agropastoris, abastecimento humano, local para lazer, navegação e até mesmo era/é utilizado para lavagem de roupas, utensílios domésticos e de automotivos (Oliveira 2014, p.2). Com o passar do tempo também à atividade pesca artesanal, praticadas por moradores da comunidade e pessoas da região. A pesca passou a ser a atividade primária e a agricultura a secundária” (OLIVEIRA, 2014, p.17). Segundo a (ANA 2016). As demandas hídricas de abastecimento humano na bacia são divididas entre os usos urbano e rural e o cálculo da demanda hídrica foi baseado na multiplicação da população urbana do município com sede na bacia pela sua demanda hídrica per capita (L/hab.dia).

### **3.1.2 Classificação dos Solos da região**

O Sistema Brasileiro de Classificação de Solos - SIBCS (EMBRAPA, 2019) classifica solo da área de estudo como um Luvisolo Crômico, apresenta pouca profundidade, mudança textural abrupta e susceptibilidade a erosão natural, geralmente associados a relevos suaves ondulados. Dados do (DNOCS 2020, Departamento regional de obra contra a seca) tendo como produção a plantação de melão, melancia, feijão-caupí (*vigna unguiculate*)

tomate, banana, maracujá, manga e uva.

### **3.1.3 Vegetação da área de estudo**

A formação vegetal caracteriza-se predominantemente pela Savana Estépica Arborizada, constitui Caatinga Hiperxerófila, apresenta caráter seco, com grande quantidade de cactáceas, planta de baixo porte bem espaçadas, representada por algumas espécies, entre elas: jurema preta, mufumbo, faveleiro, xique-xique Palmeiras, carnaubais,). (SEMARH; IDEMA, 2008; IBGE, 2018).

### **3.1.4 Clima**

Segundo a classificação climática de Köppen-Geiger, é do tipo BSw<sup>h</sup> (ALVARES *et al.*, 2013), clima seco, com evapotranspiração potencial anual superior à precipitação anual de 550,00 mm.

A região apresenta dois períodos bem definidos e distintos, o chuvoso e o seco. Segundo a EMPARN (2020), o período chuvoso vai dos meses de fevereiro a maio, com precipitações máximas nos meses de março e abril e média da precipitação total anual de aproximadamente 630 mm. A insolação ocorre em média 2.400 horas por ano, com temperatura média de 27,9° C e umidade relativa média anual de 70% (SEMARH; IDEMA, 2008).

### **3.1.5 Hidrologia**

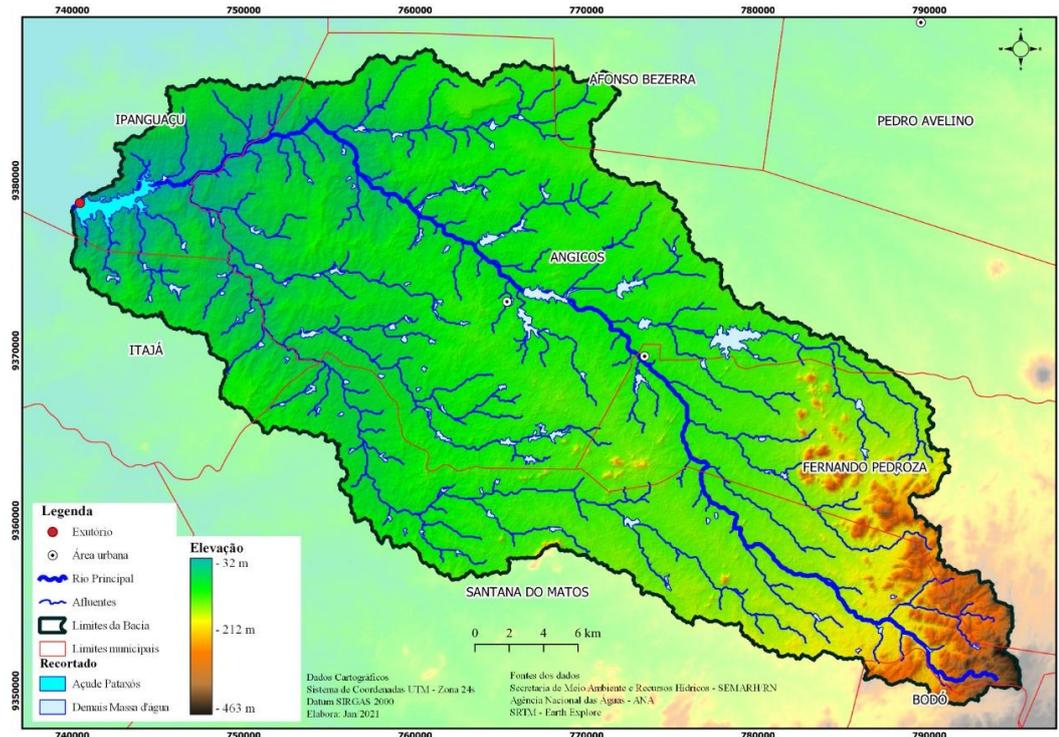
O reservatório possui capacidade máxima de 15,02 milhões de m<sup>3</sup> e é destinado aos usos múltiplos, principalmente abastecimento urbano, irrigação e pesca extrativista.

A concentração das chuvas em poucos meses do ano, conjugada a geomorfologia da região, caracterizada por solos rasos formados sobre um substrato cristalino, com baixa capacidade de armazenamento é responsável pelo caráter intermitente dos rios da região. Além disso, o padrão de precipitação tende a apresentar uma forte variabilidade interanual, ocasionando a alternância entre anos de chuvas regulares e anos de acentuada escassez hídrica, levando à ocorrência de secas hídricas. Por outro lado, as taxas de evapotranspiração são bastante elevadas, podendo chegar a mais de 2000 mm/ano, o que ocasiona um déficit hídrico significativo e se constitui em fator chave a ser considerado na operação dos reservatórios da região (ANA, 2016).

O armazenamento de água para atendimento dos diversos usos é assegurado por esses reservatórios de maior porte, que conjuntamente alcançam 5.350,5 hm. A Resolução

Conjunta da ANA/IGARN nº 1.202, de 2015 estabeleceu regras de restrição de uso da água para as captações localizadas no açude Armando Ribeiro Gonçalves, no açude Pataxó, no canal do Pataxó e no rio Pataxó. Sua maior relevância se deve principalmente por atender a demanda de abastecimento humano da comunidade local (ANA, 2016).

**Figura 2** - Mapa de Localização do Reservatório Público de Pataxó no Município de Ipanguaçu/RN. (Rede de drenagem, hipsometria)



Fonte: elaborado pela autora (2021)

### 3.2 Procedimentos Metodológicos

Para o desenvolvimento do estudo, optou-se, quanto aos aspectos técnicos, de acordo com Marconi & Lakatos (2013), pela pesquisa bibliográfica, a documental, a de campo, a observação direta intensiva, com a aplicação de entrevistas. Foi realizado amplo levantamento em livros, artigos, dissertações e teses, objetivando um maior aprofundamento do conhecimento sobre as possíveis problemáticas a serem citadas e encontradas.

A parte documental foi levada a efeito nos portais eletrônicos da ANA, do DNOCS, do IDEMA e no Comitê de Bacia Hidrográfica de Piranhas-Açu; incluindo nesse processo buscas em periódicos especializados e que puderam dar suporte à pesquisa. A etapa de campo foi realizada com a utilização de drone, corroborado com registros fotográficos em tempo real das principais áreas no entorno do reservatório; tendo como finalidade identificar

previamente físico-ambientais que pudessem prejudicar de certo modo a qualidade de vida das populações.

As entrevistas semiestruturadas tiveram como principal horizonte fazer com que o entrevistado tivesse a liberdade de expor seu posicionamento sobre os temas colocados e foram aplicadas nas comunidades de Pataxó e São Miguel; já o critério adotado para delimitar os grupos amostrais respondentes, foram selecionados de forma aleatória e, dos quais, os sujeitos tivessem envolvidos direta ou indiretamente com perfis específicos (pescadores, agricultores, desempregados, dentre outros); ao todo foram ouvidos 80 pessoas, sendo 69 de Pataxó e 11 de São Miguel. Cada entrevista foi composta por 12 (doze) questionamentos.

Utilizando recursos do SIG foram calculados alguns parâmetros físicos da Bacia tais como: área, perímetro, comprimento das redes de drenagens, os quais formaram à base para diversos cálculos para determinar alguns parâmetros físicos da bacia hidrográfica em estudo.

As amostras de água foram coletadas durante 04 meses diferenciados (abril/2018; julho/2018; fevereiro/2019 e junho/2019), constituindo um espaço temporal que envolve a sazonalidade climática da região, isto é, compreendendo o período de estiagem, pré-estação chuvosa e período de inverno.

Para uma amostragem analítica mais detalhada, foram estabelecidos dez pontos de coleta de água, com isso, as estações foram organizadas obedecendo a nomenclatura de P1 a P10 (tabela 1). Os pontos de amostragem foram definidos de maneira a atender toda a área do reservatório.

**Tabela 1** - Localização dos pontos de monitoramento de qualidade da água no reservatório Pataxó

<b>Pontos de coletas</b>	<b>Coordenadas geográficas</b>	
P1	5°37'32.52"S	36°49'44.62"O
P2	5°37'19.63"S	36°49'35.54"O
P3	5°37'13.54"S	36°49'50.62"O
P4	5°36'56.94"S	36°49'39.57"O
P5	5°37'32.52"S	36°49'27.04"O
P6	5°37'05.92"S	36°49'09.30"O
P7	5°37'29.52"S	36°48'57.09"O
P8	5°37'08.10"S	36°48'48.78"O
P9	5°37'58.66"S	36°48'30.55"O
P10	5°37'54.31"S	36°48'09.90"O

Fonte: adaptada do Google Earth (2020)

Todos os pontos de coleta foram georeferenciadas com auxílio de GPS, permitindo assim a elaboração de mapas temáticos. Os pontos de amostragem foram definidos de maneira a atender toda a área do reservatório. As amostras foram armazenadas em garrafas plásticas, que em seguidas vedadas, identificadas e devidamente acondicionadas até o momento das análises.

O processamento das amostras ocorreu no Laboratório de Geologia Marinha e Aplicada da Universidade Federal do Ceará (UFC) com foco nas variáveis físico-químicas e para as microbiológicas houve o encaminhamento imediato ao Laboratório de Limnologia da Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA). A pesquisa dos indicadores sanitários (grupo coliformes termotolerantes e eterococos) foram realizadas através da técnica dos tubos múltiplos.

Optou-se pelo modelo de pesquisa colaborativa por entender (Chaym *et al.*, 2017) que a união de forças entre laboratórios distintos tende a reduzir custos e otimizar as análises. As principais variáveis e métodos para o diagnóstico podem ser observados na tabela 2.

**Tabela 2** - Variáveis analisadas e respectivas metodologias de análises

<b>Parâmetros</b>	<b>Métodos</b>
pH (H <sup>+</sup> )	eletrométrico (2510B)
Temperatura	sonda
Condutividade elétrica (CE),	eletrométrico (4500B)
Turbidez	Turbidimétrico com turbidímetro Thermo Orion modelo AD 2010
Fosforo total	Oxidação alcalina com persulfato de sódio seguida de método do ácido arcórbico
Dureza total	Titrimétrico com EDTA (2340B)
Nitrato (N-NO <sub>3</sub> )	Coluna redutora de Cádmio (4500E)
sólidos totais dissolvidos (STD)	Gravimétrico a 100°C
Oxigênio dissolvido (OD)	Método iodométrico de Winkler modificado pela azida
DBO	Método da diluição e incubação (20 graus centígrados, 5 dias)
Cobre (Cu)	Espectrofotometria da absorção atômica com chama (FAAS)
Ferro (Fe)	Espectrofotometria da absorção atômica com chama (FAAS)
Níquel (Ni)	Espectrofotometria da absorção atômica com chama (FAAS)

Chumbo (Pb)	Espectrofotometria da absorção atômica com chama (FAAS)
Cádmio (Cd)	Espectrofotometria da absorção atômica com chama (FAAS)
Coliformes	Tubos múltiplos

**Fonte:** elaborada pela autora (2019)

Todos os procedimentos de coleta, conservação e transporte das amostras de água seguiram as recomendações do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23<sup>th</sup> (APHA, 2017).

O mapeamento espaço-temporal dos índices da qualidade de água foi realizado através de SIG e Geoestatística, que consiste em fazer um diagnóstico do comportamento dos dados disponíveis através de uma análise exploratória (Clark e Harper, 2000). Nestas, podem-se observar intervenções, caso existam, no solo, na vegetação, possíveis fontes poluidoras, área degradadas, intervenções antrópicas e etc. assim associar causas para as configurações espaciais da qualidade de água que serão obtidas.

As estatísticas clássicas serão aplicadas às variáveis estudadas para a obtenção das medidas de posição (média, valores máximo e mínimo, quartis superior e inferior), de dispersão (desvio padrão e variância) e da forma da dispersão (simetria e curtose), antes da análise geoestatística.

Foi uma análise exploratória no intuito de observar o comportamento da distribuição dos dados, considerando a posição geográfica de cada observação, ou seja, para auxiliar na decisão da hipótese de estacionaridade a ser assumida nas análises de geoestatística. O procedimento da análise consiste na verificação de tendência dos dados e sua remoção, quando constatada, por meio de uma avaliação da distribuição espacial dos pontos em função da latitude e da longitude, por meio de gráficos de tendência. Segue-se a identificação de dados discrepantes (outliers) por meio de gráficos box plot e, por último, a avaliação da normalidade da diferença entre pares de pontos, por meio de histograma de frequências, curvas de probabilidade normal e testes de aderência a normalidade de Kolmogorov-Smirnov e Shapiro-Wilk.

A análise geoestatística, para as mesmas variáveis, serão realizadas pelos programas GS+(Gamma Design Software, 2004) e GeoR (RIBEIRO JÚNIOR; DIGGLE, 2001). De posse dos dados foram construídos os semivariogramas experimentais. A partir disto, foram ajustados os semivariogramas teóricos (ex. modelo esférico, exponencial, etc.)

que proporcionou a máxima correlação entre os pontos dos semivariogramas experimentais, ou seja, os de maior coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e grau de dependência espacial. Posteriormente, foram tomados todos os parâmetros necessários para a realização da interpolação dos mapas pelo processo de krigagem. Também foram calculadas a relação entre o efeito pepita e o patamar ( $C_0/C_0+C$ ) para cada modelo ajustado. Esta relação, segundo Cambardella *et al.* (1994), mede o grau da dependência espacial do atributo amostrado.

A partir da krigagem foram elaborados os mapas das propriedades físicas, químicas e biológicas das águas e do solo, e a análise da correlação espacial existente entre elas visando fornecer subsídios para identificar as diferentes zonas homogêneas.

Finalmente, foi relacionada à dinâmica de funcionamento da bacia e as práticas da população do entorno, principalmente no que diz respeito ao uso do solo e preservação ambiental para identificar possíveis impactos antrópicos.

Em seguida foram gerados mapas para visualização gráfica das variáveis ao longo do reservatório. Para a região de estudo são poucos os dados disponíveis relativos à cartografia básica. Foram coletados todos os dados cartográficos disponíveis na área, sistematizando-as dentro de uma linguagem uniforme e compatível com os objetivos do projeto.

Os vários dados coletados serão analisados quanto à importância e confiabilidade para o estudo pretendido, os dados obtidos foram comparados com os previstos na legislação vigente sobre os padrões de qualidade de água no Brasil.

O cálculo do índice (IQA) foi realizado por meio dos modelos matemáticos dispostos pela CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo) no ano de 2012 e transcritos para o programa SisAqua, um sistema online de cálculo livre de qualidade da água desenvolvido em 2016 para o programa de mestrado em análise GEO Ambiental da Universidade Guarulhos.

O cálculo do IQA foi feito através do produtório ponderado dos nove parâmetros, segundo a seguinte fórmula:

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i} \quad (1)$$

Em que:

IQA = Índice de Qualidade das Águas. Um número entre 0 e 100;

$q_i$  = qualidade do  $i$ -ésimo parâmetro. Um número entre 0 e 100, obtido do respectivo gráfico de qualidade, em função de sua concentração ou medida (resultado da análise);

$w_i$  = peso correspondente ao  $i$ -ésimo parâmetro fixado em função da sua importância para a conformação global da qualidade, isto é, um número entre 0 e 1, de forma que:

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1 \quad (2)$$

Sendo  $n$  o número de parâmetros que entram no cálculo do IQA.

A interpretação dos resultados foi realizada através de um quadro de cores para cada faixa de valor encontrada no final da aplicação do modelo matemático, conforme inserido a seguir.

**Quadro 1:** Nível de qualidade para as faixas de IQA (CETESB).

<b>NÍVEIS DE QUALIDADE</b>	
<b>Categoria</b>	<b>Ponderação</b>
ÓTIMO	$80 \leq \text{IQA} \leq 100$
BOM	$52 \leq \text{IQA} \leq 80$
ACEITÁVEL	$37 \leq \text{IQA} < 52$
RUIM	$20 \leq \text{IQA} < 37$
PÉSSIMA	$0 \leq \text{IQA} < 20$

Fonte: CETESB, 2012.

A utilização de uma escala espectral colorida para ilustrar a qualidade da água obtida para determinado trecho do curso de água foi instituída para facilitar a rápida interpretação das condições ambientais e facilitar o entendimento do público. À condição de maior precariedade na qualidade foi atribuída a cor marrom, a cor amarela corresponde à qualidade razoável e à melhor qualidade atribui-se a cor azul.

O IQA (CETESB, 2012) é composto por nove parâmetros, com seus respectivos pesos (w), que foram fixados em função da sua importância para a conformação global da qualidade da água (Quadro 2).

**Quadro 2** - Parâmetros de Qualidade da Água no IQA e respectivo peso.

PARÂMETRO DE QUALIDADE DA ÁGUA	PESO (w)
Temperatura	0,10
pH	0,12
Turbidez	0,08
Oxigênio Dissolvido-OD	0,17
Demanda Bioquímica de Oxigênio-DBO	0,10
Nitrogênio Total	0,10
Fósforo Total	0,10
Residual Total	0,08
Coliformes Termotolerantes	0,15

Fonte: CETESB, 2012; ANA, 2016.

Além de seu peso (w), cada parâmetro possui um valor de qualidade (q), obtido do respectivo gráfico de qualidade em função de sua concentração ou medida.

### 3.2.1. Detecção dos compostos inorgânicos

Os compostos inorgânicos, entre eles os metais pesados (focalizados na pesquisa) são extremamente tóxicos ao homem. Para o estudo foram avaliadas amostras quantitativas para cádmio (Cd); chumbo (Pb); ferro (Fe); níquel (Ni) e cobre (Cu).

As amostras foram levadas para o Laboratório de Química da UFC e analisadas pela técnica de espectrometria de absorção atômica por chama (AAS), seguindo a metodologia recomendada pelo Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2012) para determinação de metais.

A espectroscopia de absorção atômica de chama (FAAS) consiste em determinar qualitativamente e quantitativamente a presença de metais.

#### 3.2.2 Procedimentos analíticos utilizados para a avaliação das análises Bacteriológicas.

A análise da água consistiu na retirada de uma alíquota de 10ml diluída em 90mL de solução salina. Em seguida, retirou-se 1ml dessa primeira diluição posteriormente inserido em um tubo de ensaio contendo 9mL da solução salina, repetindo esse último procedimento para o terceiro tubo. De cada diluição retirou-se 1,5mL, depositando 0,5mL em cada tubo de verde brilhante (meio de cultura seletivo para coliformes totais), totalizando três tubos de cada diluição. Em seguida, o material seguiu para o banho-maria a 36°C com variação  $\pm 1^\circ\text{C}$ , por 48h. Os tubos continham um tubo de Duran que capta todo o gás produzido pelas bactérias

presentes na diluição. Caso não haja bactérias, não haverá gás no tubo, sendo este negativo para a presença de coliformes totais, não passando para a próxima etapa.

Os tubos positivos nesse primeiro meio, foram inoculados em um segundo meio de cultura, o EC (seletivo para coliformes termotolerantes), sendo levados ao banho-maria a 45°C por 48h. Os tubos que apresentaram gás no tubo de Duran foram positivos para *E. coli*. A contagem de coliformes totais (CT) e coliformes Termotolerantes (CTT) foi realizada utilizando-se a técnica do Número Mais provável (APHA, 2017).

### **3.2.3. Perfil Sócio - econômico e ambiental das comunidades**

Entendendo a importância de se conhecer os aspectos socioeconômicos e ambientais de duas comunidades ao entorno do reservatório pataxó, foi considerado a relevância de um diagnóstico socioeconômico e ambiental, como forma de fomentar implantações futuras que objetive melhorias sociais e ambientais percebidas pelas comunidades.

Concomitante as coletas de amostras de água foram elaborados formulários para entrevistas semiestruturadas com a finalidade de obter informações quanto à escolaridade dos entrevistados, número de residentes; as formas de captação utilizadas e consumo aproximado de água; tipos de filtros e outros métodos de tratamento utilizados; qualidade de saúde e sua percepção sobre os fatores que poderiam contaminar e poluir os mananciais de água entre outros.

O emprego de questionários pode representar uma importante ferramenta para estudar as concepções, uma vez que possibilitam a expressão da opinião pessoal a respeito da temática abordada (SILVEIRA *et al.*, 2013).

Os formulários foram aplicados nas comunidades Pataxó e na comunidade São Miguel, ambas no entorno do reservatório. Lima 2020, ao trabalhar nessas comunidades, constatou que em 2018 houve um levantamento pelos agentes de saúde, constataram 410 famílias e 1.200 habitantes na comunidade de Pataxó. Enquanto na comunidade de São Conta com 75 famílias e 225 habitantes.

Foram aplicados 69 questionários na comunidade Pataxó e 11 questionários na comunidade de São Miguel, aos moradores rurais residentes nas comunidades exploradas:

## 4 RESULTADO E DISCUSSÕES

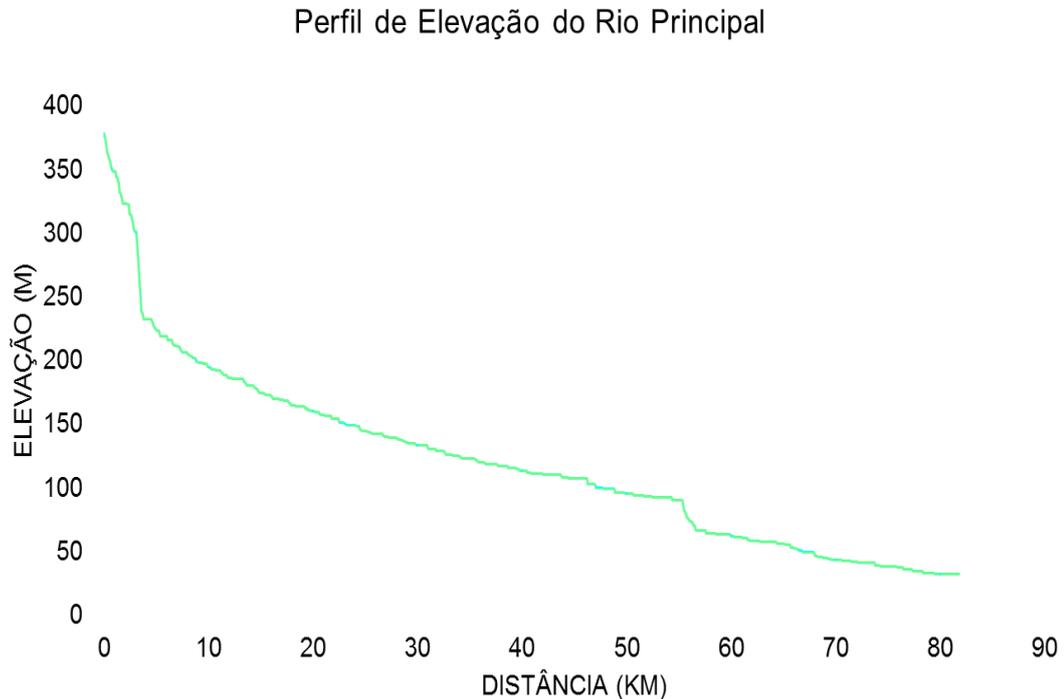
### 4.1 Morfométrica da Bacia hidrográfica Piancó - Piranhas-açu – BHPA

No curso superior, ainda no estado da Paraíba o rio principal é chamado de Piranhas e tem como principais afluentes os rios Peixe (na margem esquerda), Piancó, Espinheiras e Seridó (na margem direita), apenas ao passar pela Barragem Armando Ribeiro Gonçalves no Rio Grande do Norte, o rio é denominado Piranhas-Açu (BRASIL, 2013). A bacia está inserida em uma região de clima semiárido, aliado às características geológicas (embasamento cristalino) e pedológicas da região (solos rasos) tornaram os afluentes do Rio Piranhas-Açu intermitentes, com baixos índices de precipitações anuais, entre 400 e 800 mm concentrados nos meses de fevereiro a maio. A bacia hidrográfica conta com a presença de grandes reservatórios de água: O açude Coremas-Mão D'água na Paraíba oficialmente denominado Açude Estevam Marinho, com capacidade de 1,360 bilhões de m<sup>3</sup> e vazão igual à de 9,5 m<sup>3</sup>/s; e a barragem Armando Ribeiro Gonçalves, no Rio Grande do Norte, com 2,4 bilhões de m<sup>3</sup> e vazão de 17,8m<sup>3</sup>/s. A Barragem Armando Ribeiro Gonçalves além de perenizar o rio Piranhas-Açu, é responsável pela oferta de água para as atividades econômicas desenvolvidas no Baixo-Açu, como também pelo abastecimento de água para comunidades rurais e urbanas através de adutoras (BRASIL, 2013). No entanto deve-se levar em consideração os reservatórios de pequeno porte que cumprem um importante papel de fontes hídricas para diversas comunidades e propriedades rurais ao longo da bacia, nos períodos de estiagem embora os açudes menores tendem a estar vazios no começo do período de chuvas.

A bacia apresenta dois canais com grande importância, em função da extensão para atender as demandas, o canal da Redenção capta água no reservatório Mãe-d'água, com extensão de 37 km e capacidade máxima de 4,0 m<sup>3</sup>/s transferindo-a para o perímetro irrigado das Várzeas de Sousa e o segundo canal é do Pataxó, com extensão de 9 km, possui capacidade de 2,2 m<sup>3</sup>/s. que transfere da tomada de água do reservatório Armando Ribeiro Gonçalves para o rio Pataxó, por gravidade. As águas do canal são utilizadas para irrigação, piscicultura, carcinicultura e abastecimento humano. ANA (2016).

A BHPA possui área de 1.088,98 km<sup>2</sup>, possuindo um perímetro total de 264,72km, comprimento axial da bacia de 61,67%. A BHPA apresenta comprimento total de todos os canais igual a 25,24 km, tendo o seu rio principal uma extensão de 81,77 km (a ilustração do perfil de elevação está inserida na figura 1); suas altitudes variam de 32 m a 440 m, com diferença de elevação que compreende a 408 m, maiores detalhes podem ser identificados na Figura 5.

**Figura 3** - Perfil e elevação do rio principal Piranhas, da bacia hidrográfica Piranhas – açu



**Fonte:** Adaptado de ANA (2020).

Em relação à hierarquia de drenagem de Strahler (1957), a BHPA apresenta-se com uma ramificação de 5º ordem, configurando-se como uma boa rede de drenagem, ou seja, bem ramificado, semelhante a uma árvore. A ramificação da rede de drenagem pode intervir no sistema de drenagem, pois, quanto maior a ramificação, melhor será a drenagem (TONELLO *et al.*, 2006),

As características da rede de drenagem da bacia mostram que a densidade da drenagem foi de 0,67 km/km<sup>2</sup>, segundo a classificação de Christofletti (1969) está determinada como baixa, pois é menor que 7,5 km/km<sup>2</sup>. Segundo Villela e Mattos (1975), as densidades de drenagem de bacias hidrográficas podem variar de 0,5 km/km<sup>2</sup> (para bacias com drenagem pobre) a 3,5 km/km<sup>2</sup> ou mais (para bacias excepcionalmente bem drenadas), indicando, portanto, que a bacia em estudo apresenta baixa drenagem, como já citado acima. No entanto Beltrame (1994) sugeriu uma outra classificação em faixas para a densidade de drenagem: <0,50 (Baixa); 0,50–2,00 (Mediana); 2,01–3,50 (Alta); > 3,50 (Muito Alta), conforme essa determinação, para a área de a apresentação seria uma drenagem mediana. O padrão de drenagem do tipo dendrítico ocorre em função do tipo de rocha e das estruturas geológicas e tectônicas presentes na bacia (OLSZEVSKI *et al.*, 2011).

O relevo de uma bacia tem forte influência sobre os fatores hidrológicos, pois a velocidade do escoamento superficial e, conseqüentemente, o tempo de concentração são determinados pela inclinação do terreno, representada por sua declividade. Observou-se que a bacia estudada apresentou valores de declividade média do álveo S1 (0,50 %), o que indica pequena variação da declividade no percurso do canal principal. Essa pequena declividade no canal principal do rio reduz a velocidade de escoamento e, por conseguinte, agravando o risco de ocorrência de enchentes, pois segundo Soares e Sousa (2012), a redução da velocidade da água do escoamento superficial no curso, sem dúvidas, pode ser um fator agravante para o risco de enchentes.

**Tabela 3** - Resultados da Morfometria da bacia em estudo. Entre essas características, as principais medidas são: área, perímetro e comprimentos, pois servem de base para as diversas determinações e índices.

<b>Características Físicas</b>	<b>Resultados</b>
Área	1.088.988.674,00 m <sup>2</sup> (1.088,98 km <sup>2</sup> )
Perímetro	264.720,00 m (264,72 km)
Comprimento total dos canais	725.240,00 m (725,24 km)
Comprimento do rio principal	81.770,00 m (81,77 km)
Comprimento axial da bacia	61.674,91 m (61,67 km)
Altitude mínima na bacia (exutório)	32 m
Altitude na nascente do rio principal	440 m
Declividade do rio principal (S <sub>1</sub> )	0,50%
Ordem da bacia	5º Ordem (Strahler)
Coefficiente de compacidade (K <sub>c</sub> )	2,24
Fator de forma (K <sub>f</sub> )	0,29
Índice de circularidade (I <sub>c</sub> )	0,20
Razão de alongação (K <sub>e</sub> )	0,46
Densidade de drenagem (D <sub>d</sub> )	0,67 km/km <sup>2</sup>
Índice de Sinuosidade (I <sub>s</sub> )	24,58 %
Tempo de concentração (Kirpich)	911,63 min (15,19 horas)

**Fonte:** Elaborado pela autora (2021)

O coeficiente de compacidade encontrado para bacia foi maior do que 1 (2,24). Com isso, deve ser pontuado que a forma da bacia hidrográfica esteja diretamente relacionada com o tempo e concentração. O fator de forma (K<sub>f</sub>) foi de 0,29 (considerado baixo). COUTINHO *et al.*, 2011, os afluentes entram em contato com o principal curso d'água em diversos locais durante o fluxo. Por esse resultado, pode-se afirmar que a bacia de drenagem, em condições normais de precipitação, é pouco susceptível a enchentes; outro fato é que

bacias com formatos alongadas apresentam baixas possibilidades de chuvas intensas, pois ocorrem em toda sua extensão simultaneamente (LORENZON *et al.*, 2015a).

Resultados semelhantes foram encontrados por Fernandes *et al* (2018) em estudo sobre as características morfométricas na bacia hidrográfica do rio de Ondas (localizada nos municípios de Barreiras e Luís Eduardo Magalhães no oeste baiano), com valores de 0,19 e 0,26, respectivamente para  $I_c$  e F. Segundo os autores esses valores, assim como o encontrado para o KC (2,28), sugerem que a bacia possui um formato alongado e pouca susceptibilidade a picos de enchentes.

Pelo cenário relatado anteriormente, o resultado é reforçado pelo índice de circularidade encontrado que foi de  $IC=0,20$ . Segundo Schumm (1956) o  $I_c=0,51$  indica escoamento superficial moderado e pequena probabilidade de cheias rápidas;  $I_c > 0,51$  demonstra que a bacia é circular, o que favorece os processos de inundação;  $I_c < 0,51$  caracteriza bacia mais alongada, o que contribui para o escoamento superficial.

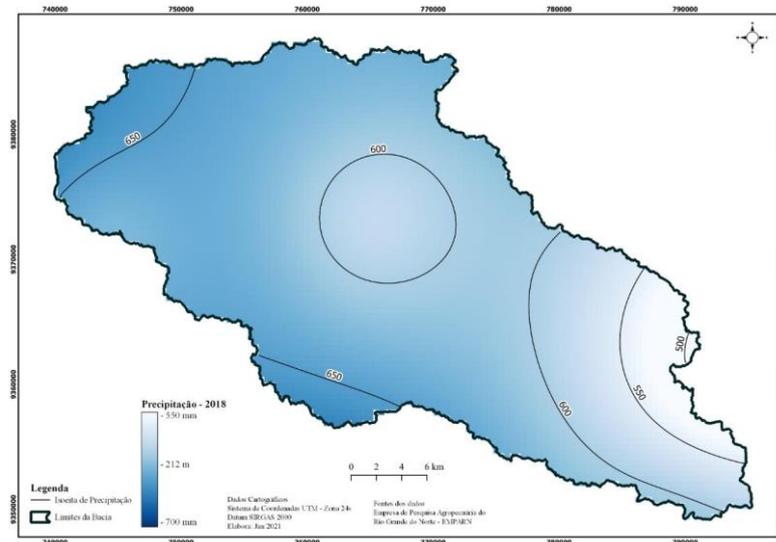
Nesse caso o afastamento da unidade indica que não possui forma circular, ou seja, possuem forma mais alongada (SANTOS, 2001), portanto, possuem menor concentração de deflúvio.

O índice de sinuosidade indica que o comprimento do canal principal é 24,58% maior que o talvegue, característico de pouco escoamento ou divagante (COUTINHO *et al.*, 2011). Sugerindo uma maior declividade com uma maior a velocidade de escoamento.

A precipitação pluviométrica em bacias hidrográficas merece uma ênfase especial, uma vez que, o conhecimento de sua distribuição no espaço e da sua irregularidade no tempo tornam-se fundamentais para o planejamento destas áreas de grande importância para a gestão e preservação dos recursos hídricos, mas que estão cada vez mais ocupadas pelas incessantes atividades antrópicas (SIMIONI *et al.*, 2014)

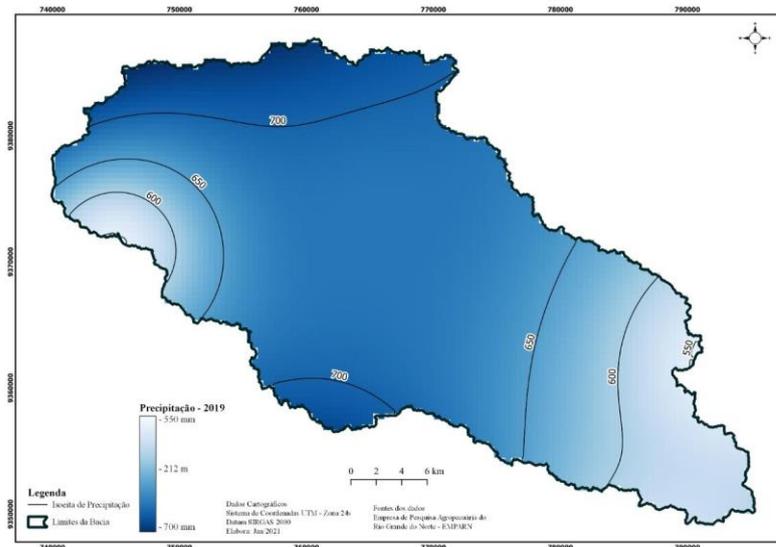
Portanto, a precipitação pluviométrica é um elemento de suma importância na caracterização do clima, o qual, segundo Bezerra (2004); Marengo (2001) interfere em todas as frações das atividades econômicas e do ecossistema, através do ciclo hidrológico, pois a água encontra-se em todos os estágios e fases do sistema superfície-atmosfera. Nas figuras 4 e 5 observa-se os índices de precipitação pluviométrica na bacia entre os anos de 2018 e 2019, por meio de um mapa de isoietas

**Figura 4 - Isoietas (Índice de pluviométrica) de 2018**



Fonte: Dados da EMPARN (2020)

**Figura 5 - Mapa isoietas (Índice de precipitação pluviométrica) de 2019**



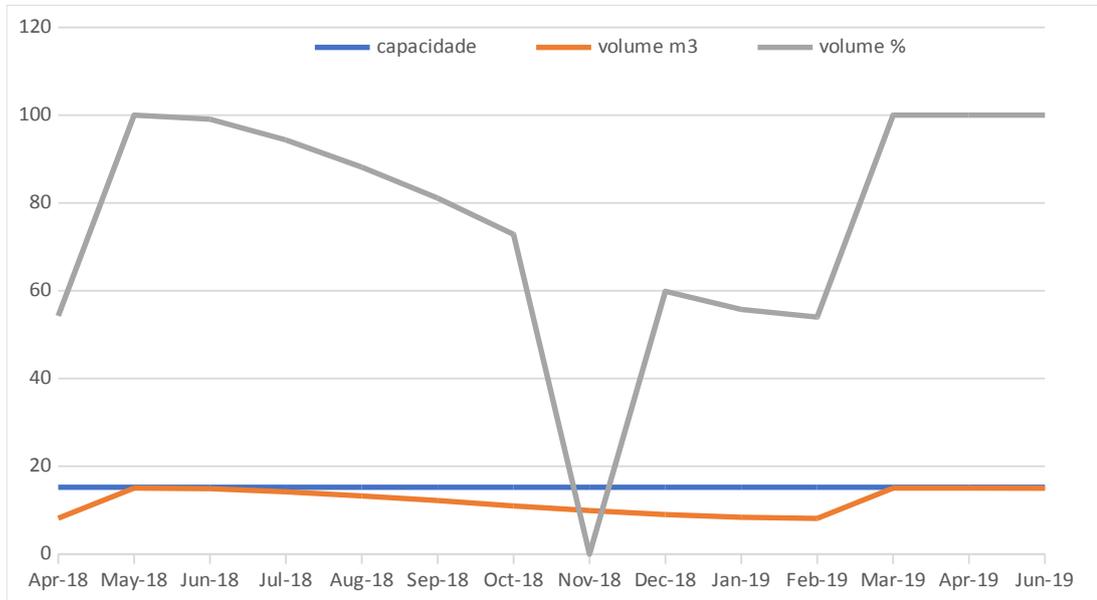
Fonte: Dados da EMPARN (2020)

Em relação ao armazenamento acumulado de água no reservatório de Pataxó, em função do total precipitado de chuva na região, no período de abril/2018 a junho/2019 (figura 6), destaca-se que no mês de abril de 2018, o reservatório de Pataxó apresentava-se com aproximadamente 8,15 milhões de  $m^3$  (aproximadamente 54,26% da sua capacidade total).

A partir do início do mês de maio de 2018, registra-se um crescimento acentuado do volume de água acumulado pelo reservatório de Pataxó, chegando a atingir sua capacidade máxima (15,02 milhões de  $m^3$ ) e sangria ainda durante mês de junho de 2018 e de maio a

junho de 2019, para 100% da capacidade máxima, evidenciando uma rápida resposta aos índices pluviométricos da região.

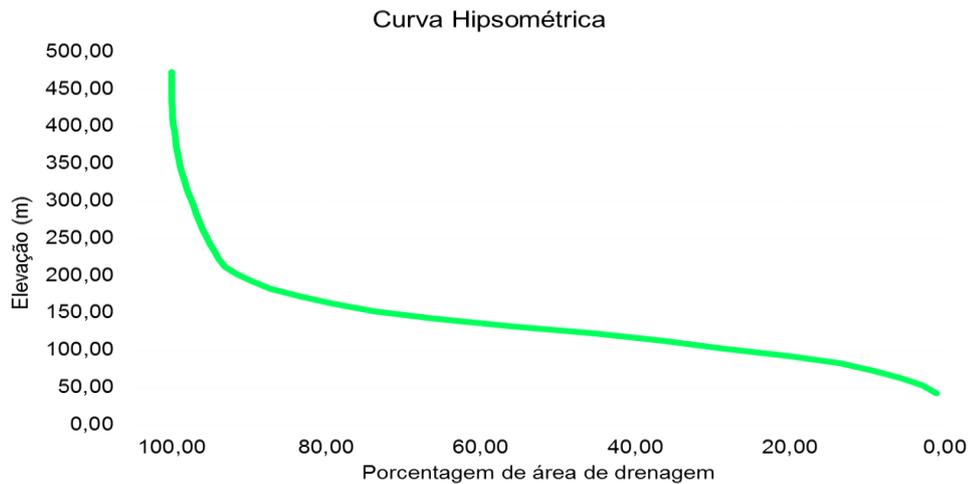
**Figura 6** - Variação do volume de água no reservatório de Pataxó, no período de abril de 2018 a junho de 2019.



Fonte: Adaptado da ANA (2020).

Uma outra característica importante nos estudos de bacias hidrográficas está na determinação da curva hipsométrica; tal proporção consiste na representação gráfica do relevo médio da bacia, fornecendo a variação da altitude dos terrenos da bacia com referência ao nível médio do mar e representa a área da bacia que fica acima de cada altitude, expressa em unidades de área ou em percentagem da área total. Na figura 7 está a construção da curva para a área de es Figura 9. Representação da curva hipsométrica na bacia hidrográfica do estudo

**Figura 7** - Representação da curva hipsométrica na bacia hidrográfica do estudo

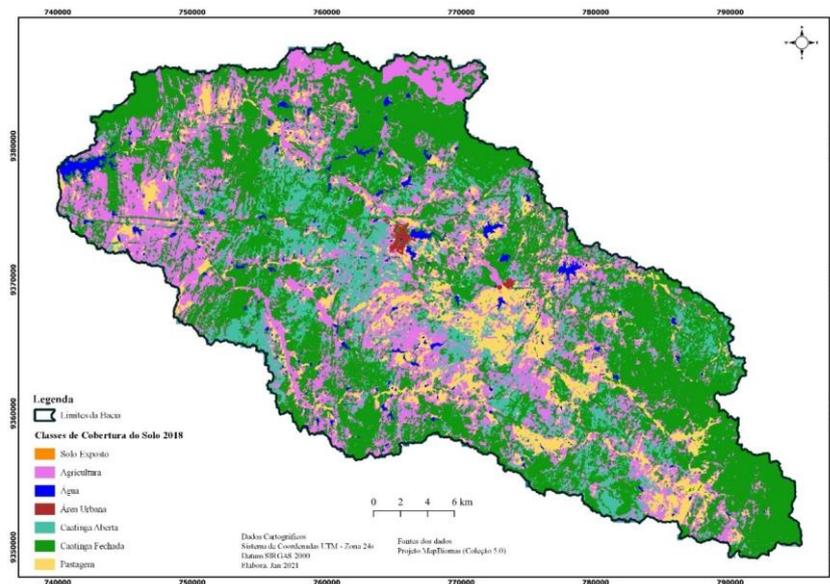


Fonte: Adaptado da ANA (2020).

#### 4.2 Classes de uso e cobertura do solo

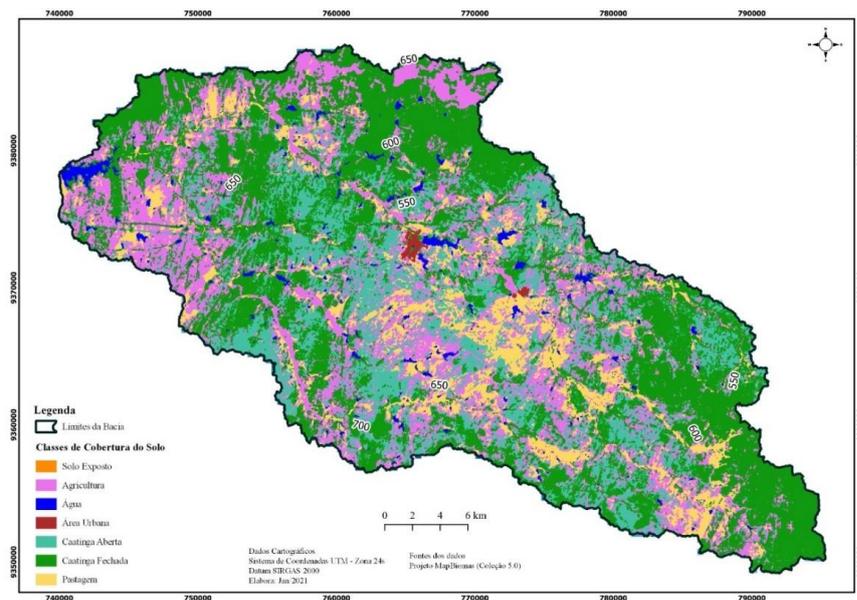
Foi elaborado um mapa de uso e ocupação do solo para a Bacia Piranhas-açu compreendendo os anos de 2018 e 2019, ilustradas nas Figuras 10 e 11. Houve quantitativamente a porcentagem do uso do solo na região de estudo a partir das classes temáticas definidas no trabalho, sendo elas: solo exposto, agricultura, água, áreas urbanas, caatinga aberta, caatinga fechada e pastagem.

**Figura 8** - Mapa de uso e ocupação do solo para a Bacia Piranhas-açu para o ano de 2018



Fonte: elaborador pela autora (2021)

**Figura 9** - Mapa de uso e ocupação do solo para a Bacia Piranhas-açu para o ano de 2019



Fonte: Elaborado pela autora (2021)

As atividades antrópicas relacionadas ao uso e ocupação do solo, na maioria das vezes, causam a redução da cobertura vegetal, modificando as características naturais do solo e comprometendo suas funções ecossistêmicas. A tabela 04 consta dos percentuais das classes de uso e ocupação do solo na Bacia Piranhas-Açu.

Observa-se, na transição entre os mapas de 2018 e 2019, uma dinâmica acelerada no comportamento da cobertura vegetal com substituição de aumento progressivo da área de caatinga densa pela caatinga aberta.

Os resultados evidenciam que uma área significativa da bacia apresentou um aumento da vegetação aberta (48.82%), sendo área com substratos arbustivos espaçado, com vegetação herbáceas e solo exposto e afloramento rochosos, em seguida evidencia-se uma diminuição da caatinga densa de (-12,65).

A mudança da cobertura vegetal apresentou um comportamento inesperado, em razão do aumento da classe de vegetação aberta e diminuição da vegetação densa. A amostra dos estágios da vegetação, esboça o processo de degradação, que apesar de ainda apresentar vegetação densa, ambas estão vulneráveis a exploração. A regeneração natural também é possível, uma vez que cessadas as atividades antrópicas, as áreas degradadas podem recuperar suas funções ecológicas e cobertura vegetal.

A vegetação nas margens dos rios é responsável pelo barramento das partículas que são levadas pelas águas pluviais por escoamento, e a falta ou a degradação dessa mata ciliar é um poderoso agravante para o aumento do processo de assoreamento (PENA, 2018). A desertificação também é uma problemática acentuada nas regiões áridas e semiáridas. Para Araújo & Sousa (2011) essa situação se agrava muito mais com a exploração inadequada dos recursos naturais.

O manejo da zona ripária é extremamente importante para reduzir a carga poluente que é removida para os corpos de hídricos através do deflúvio superficial. Dessa forma é fundamental a manutenção ou recomposição da mata ciliar.

No entanto, regiões em que há predomínio do bioma caatinga a vegetação está em constante dinâmica, devido tanto ao uso do solo pelas atividades agropecuárias como pelo fator clima. A variabilidade da caatinga, em virtude de suas características biofísicas, faz com que um curto período chuvoso já modifique a sua cobertura foliar, dificultando a interpretação da classe correspondente (BATISTA; SANTOS, 2011).

A área de solo exposto aumentou quase 300% em relação ao observado para essa classe no ano anterior. Considerando que a atividade da pecuária realizada no semiárido do

Rio Grande do Norte é do tipo extensiva realizada em caatinga aberta, pode-se inferir que essa atividade é responsável pelo aumento de solo exposto e diminuição da vegetação aberta, identificado na classificação para o ano de 2019, um outro fator decorre das características físicas da área, como já foi apresentado anteriormente. Segundo Amorim (2007) esse aumento está aliado aos processos de ocupação e retirada de madeira para abastecer de lenha as cerâmicas da região.

Na pecuária, o pisoteio dos animais promove a compactação do solo, que gera redução de espaços porosos, aumentando a resistência à penetração radicular das plantas, ocasionando perdas de cobertura do solo. Essa redução dos espaços porosos também diminui a infiltração de água no solo. Isso associado à baixa cobertura vegetal do solo em áreas compactadas favorece o escoamento superficial, gerando perdas erosivas. Esse sedimento pode chegar até os corpos hídricos, contribuindo para o assoreamento e contaminação desses sistemas (MEDEIROS, 2016; MELO *et al.*, 2008; OLIVEIRA, 2012).

**Tabela 4** - Valores das áreas e alterações percentual de cada classe de uso ocupação identificada na Bacia Piranhas-açu nos anos 2018 e 2019

Classes	2018		2019		Incremento (%)
	2018	2018 (%)	2019	2019 (%)	
Caatinga aberta	132.96	12.25	197.867	18.23	48,82
Caatinga fechada	455.336	41.96	397.758	36.65	-12,65
Solo exposto	0.069	0.01	0.274	0.03	297,1
Pastagem	136.833	12.61	141.21	13.01	3,20
Água	18.027	1.66	18.353	1.69	1,81
Agricultura	339.465	31.28	327.174	30.15	-3,62
Área Urbana	2.476	0.23	2.53	0.23	2,2

Fonte: Elaborado pela autora (2021)

O aumento de 1,81% da área ocupada por recursos hídricos tem grande importância no contexto do semiárido brasileiro que historicamente apresenta um grave déficit hídrico e altas taxas de evaporação, causando diminuições severas nos volumes de água, impactando também na qualidade desses corpos hídricos, caracterizados por intensos processos de eutrofização (BRAGA *et al.*, 2015). A região costuma ser castigada pelas baixas precipitações (EMPARN, 2017), o que contribui ainda mais para a perda da quantidade e qualidade da água.

O aumento nas construções de novos reservatórios na Bacia tem causado o esgotamento através das perdas por evaporação e com isso afetando o ecossistema através dos impactos ambientais. Freitas *et al.* (2012) sintetizam que as principais alterações são: assoreamento, desaparecimento das matas ciliares, perda de biodiversidade, desequilíbrio na fauna e flora local e até mesmo queda na qualidade de vida social (quando necessário de haver o deslocamento populacional para ofertar espaço para a tomadas das águas, também é um fator complexo). O que corrobora com Ramalho (2012), do qual, pontua que esses barramentos na Bacia possuem magnitude muito mais abrangente tanto no contexto ambiental como socioeconômico, tendo em vista os impactos causados ao meio físico, biótico e humano.

Perante essas dificuldades hídricas verifica-se a diminuição da área destinada à agricultura em torno dos -3,62% aa; de uma maneira geral essa atividade se caracteriza pela substituição da mata nativa por cultivos agrícolas e solo exposto. Essa é uma prática comum e também um problema global, uma vez que 14 dos 21 biomas existentes no mundo são diretamente impactados pela agricultura (ELLIS SRAMANKUTTY, 2008). E a reestruturação produtiva do agronegócio e da agroindústria continua fortalecendo a tendência para que ocupações predatórias continuem aumentando (WWF-BRASIL; INSTITUTO IPE, 2012). A expansão agrícola desencadeia uma progressiva substituição da vegetação nativa por uma paisagem cada vez mais degradada, heterogênea e fragmentada (COELHO *et al.*, 2013; MELO NETO; GUIMARÃES; GONZAGA, 2012).

Assim, cresce a importância de um monitoramento das atividades ligados a agricultura, independentemente do tipo de bioma na fronteira de expansão agrícola, buscando evitar que áreas ambientalmente mais frágeis sejam degradadas de forma permanente. Para tanto, é preciso um controle mais eficaz do uso de agrotóxicos e fertilizantes, pois mal utilizados podem causar problemas ambientais e de saúde pública (RAHMAN, 2005).

Em relação a Área urbana, houve um aumento de 2,2% aa. Oliveira *et al* (2019) indicam que as atividades urbanas estão mais concentradas nos municípios de Assu e Ipanguaçu onde o reservatório em pesquisa está inserido. A população residente na área de abrangência da bacia é de 1.406.808 habitantes (IBGE, 2010), dos quais 69% moram em centros urbanos e 31% em áreas rurais. Ainda em relação a taxa média de crescimento populacional da bacia entre 1970-1980 foi de 1,11% a.a., e no período 2000-2010 foi reduzida a 0,61% a.a.

### **4.3. Análise a partir de indicadores físicos, químicos e biológicos de qualidade da água no rio Pataxó (RN)**

#### **4.3.1 Parâmetros Físicos**

##### *4.3.1.1 Temperatura*

As variações de temperatura são parte do regime climático normal e corpos de água naturais apresentam variações sazonais e diurnas, bem como estratificação vertical. Esta avaliação deve ser realizada em conjunto a outras variáveis, e precisa ser considerado as características naturais climáticas da bacia hidrográfica em questão. Souza *et al.* (2014) relatam que a T°C da água está diretamente relacionada com a T°C do ar, entre o dia e a noite e as sazonalidades do ano, com isso, as amostras colhidas no início da manhã tendem a ter T°C mais baixas.

A temperatura superficial é influenciada por fatores tais como latitude, altitude, estação do ano, período do dia, taxa de fluxo e profundidade. A elevação da temperatura em um corpo d'água geralmente é provocada por despejos industriais (indústrias canavieiras, por exemplo) e usinas termoelétricas (CETESB, 2009).

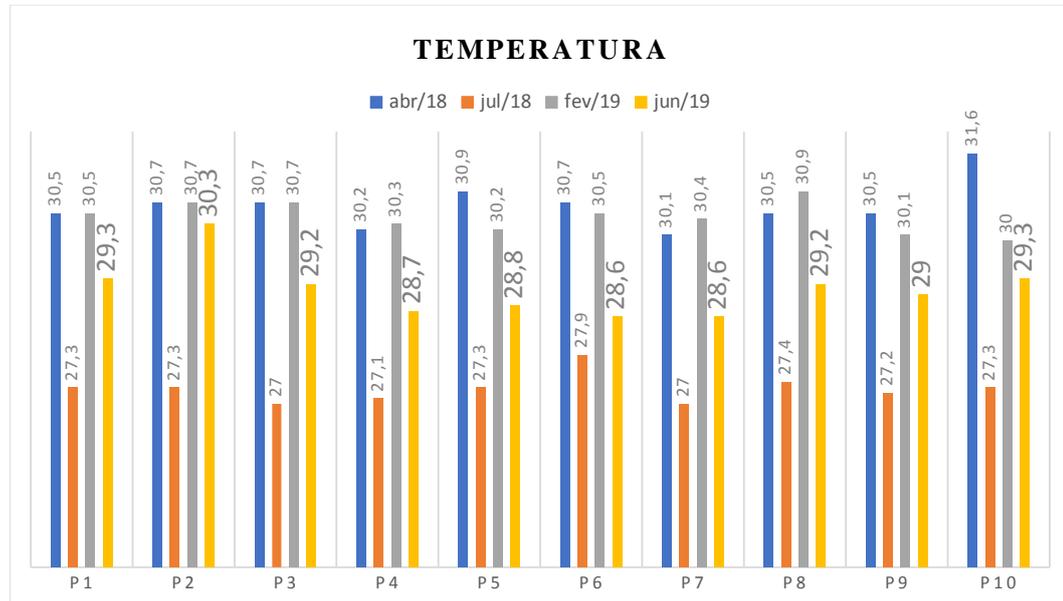
Quando há uma variação negativa nas temperaturas, poderá ocorrer a solubilidade de gases dissolvidos na água, em particular o oxigênio, base para a decomposição aeróbia. Em meses quentes de verão, os níveis de oxigênio dissolvido nas águas que estejam poluídas mesmo que níveis mínimos, frequentemente provocará a mortandade de peixes e, em casos extremos, exalação de maus odores devido ao esgotamento total do oxigênio e consequente decomposição anaeróbia dos compostos orgânicos sulfatados, produzindo o gás sulfídrico, H<sub>2</sub>S (GOMES, 2017).

Os resultados configuram que a temperatura (°C) na água manteve-se elevada, variando entre 27 e 31,6°C ao longo do período monitorado, apresentando no início, comportamento levemente crescente, aumentando a partir de abril/18. Tal condicionamento pode estar relacionado à hora de coleta (entre 8h e 12h).

Com isso essas temperaturas não sofreram grandes alterações no período chuvoso de 2019. As variações podem ser conferidas no Figura 10. O instrumento normativo, tomado como referência de avaliação não menciona valores máximos ou mínimos. A temperatura é inversamente proporcional a concentração de OD, levando em conta o olhar físico (NOZAKI *et al.*, 2014). As resoluções CONAMA 357/2005 não estabelecem valores para a temperatura. Com isto, considera-se o descrito pelo Ministério da Saúde e Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, que determinam o valor de 0 a 30°C como sendo considerados

adequados para águas de ambientes lóticos brasileiros e para lagos o valor máximo é de 50°C (MS; 2011; CETESB; 2012).

**Figura 10** - Variação de temperatura da água no período das coletas



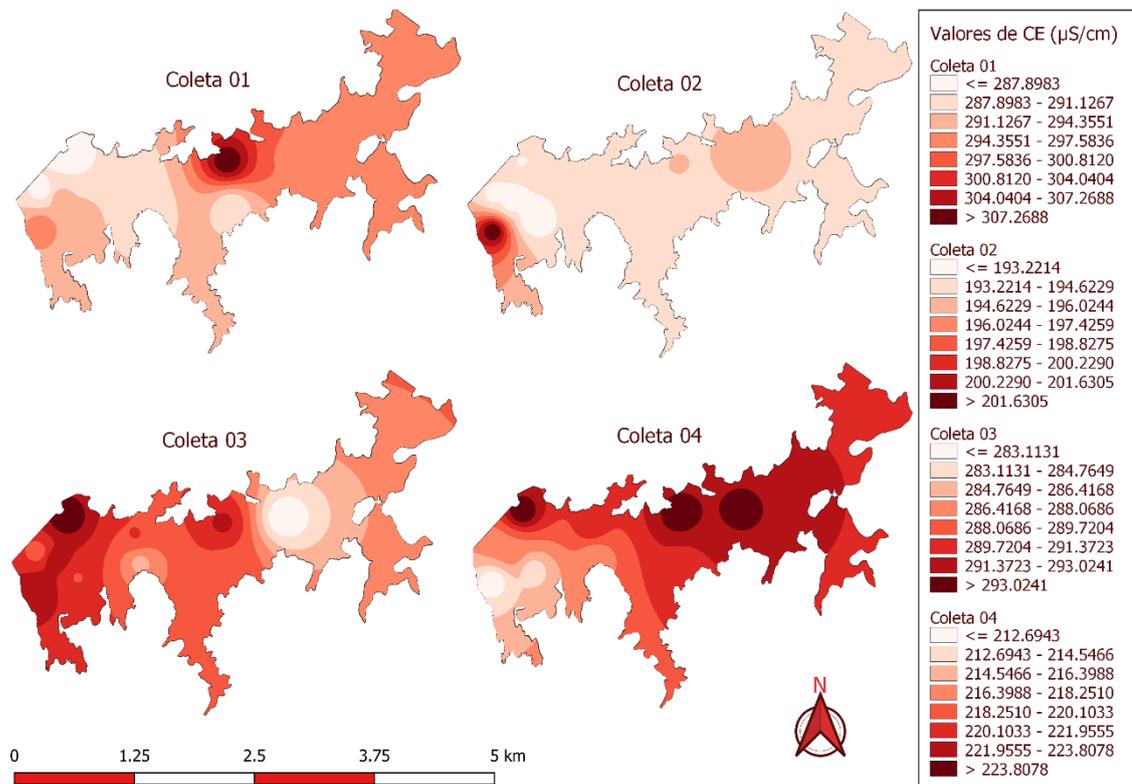
**Fonte:** Elaborado pela autora (2020)

### 4.3.2 Parâmetros Químicos:

#### 4.3.2.1 Condutividade elétrica (CE)

A Condutividade elétrica da água é determinada pela presença de substâncias dissolvidas que se dissociam em ânions e cátions. É a capacidade de a água transmitir a corrente elétrica. Quanto maior a condutividade elétrica, maior a contaminação da água Santos (2007, p. 22).

**Figura 11** - Variação espacial do CE no reservatório de Pataxó, para distintos períodos de coletas (abril/2018 - Coleta 1), (julho/2018 - Coleta 2), (Fev2019 - Coleta 3) e (junho/2019 - Coleta 4)



**Fonte:** Elaborado pela autora 2021

Na coleta 1, ainda na Figura 11, devido ao menor nível de água do reservatório, podemos observar que a concentração de sais encontrada foi bem maior. Os maiores valores foram observados em um pequeno ponto na região da borda central. Na borda esquerda do espelho d'água apresentaram valores mais baixos,

Na coleta 2, quando o volume de água do reservatório é de 100% da sua capacidade, percebe-se que ocorre uma queda nos valores de CE. Nas regiões onde apresentavam-se concentrações elevadas de sais, agora mostram-se baixíssimas, em todo o espelho d'água do reservatório, apresentando valor maior apenas em pontos na borda esquerda do espelho d'água.

Continuando na Figura 11, percebe-se que na coleta 3 ocorre um aumento elevado nos valores de CE. Nas regiões onde apresentavam-se concentrações baixas de sais, agora mostram-se altíssimas, em todo o espelho d'água do reservatório. Os menores valores de CE

encontrados para essa coleta, mostraram-se em pontos semelhantes aos da coleta anterior, porém com valores mais baixos em relação aos valores médios encontrados na coleta 2.

Ainda na Figura 11, na coleta 4, quando o volume de água do reservatório é de 100% da sua capacidade, o nível de sais concentrados diminui bastante. Os maiores valores de CE apresentam-se nessa coleta em pontos na borda direita do centro do espelho d'água, uma mancha na borda esquerda do braço d'água. Mesmo apresentando menores valores de CE que a coleta anterior, a coleta 4, ainda apresenta altos valores de concentração de sais.

Nesse sentido os todos os valores obtidos nas coletas, se encontram acima do valor referenciado pela Resolução CONAMA nº 357 de 2005. Que determina a margem de variação dos valores medidos em relação a águas naturais pode variar de 10 a 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Águas com presença de poluentes, se encontrarão em uma margem superior a 1.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

#### 4.3.2.2 *Potencial Hidrogeniônico (pH)*

O potencial hidrogeniônico (pH) representa o equilíbrio entre íons  $\text{H}^+$  e  $\text{OH}^-$ , ou seja, a intensidade das condições ácidas e alcalinas do meio. Os íons de hidrogênio  $\text{H}^+$  são reativos e encontrados na água em forma dissolvida, e sua variação é decorrente da concentração desses íons por meio do pH, podendo indicar águas em condições ácidas, neutras e alcalinas. O pH é medido em moles por litro de água, sendo o negativo do logaritmo comum da concentração  $\text{H}^+$ . Sua escala antilogarítmica varia de 0 a 14, na qual valores inferiores a 7 ( $\text{pH} < 7$ ) indicam um meio ácido; valor igual a 7 ( $\text{pH} = 7$ ) meio neutro; e valores superiores a 7 ( $\text{pH} > 7$ ) meio alcalino. O valor de pH da água pura igual a 7 é considerado neutro, possuindo o valor de  $0,1 \times 10^{-8}$  moles por L de concentração do  $\text{H}^+$  (RICKLEFS, 2010). A CETESB (2012) esclarece que os íons de hidrogênio reativa elementos, com isso dissolve minerais e precipita substâncias, algumas delas como os metais pesados chegam a provocar toxidade ao ambiente.

Em estações do ano que a presença da chuva é intensificada, o pH da água tende a alcançar valores mais próximos da neutralidade e este fato ocorre devido a diluição mais rápida de elementos dissolvíveis, e transportado por meio do escoamento superficial até os leitos dos rios, fazendo com que a acidez da água diminua (alta concentração do íon  $\text{H}^+$ ) (CARVALHO, 2000).

Em concordância com a Resolução CONAMA 357/2005 os valores permitidos para o pH das águas devem permanecer entre 6 e 9, estas que são destinadas a consumo humana provindas de águas doces em ambientes lóticos. A acidez exagerada pode ser um

indicativo de contaminações, enquanto o excesso de solubilização de sais também pode tornar a água imprópria para consumo devido à elevada dureza (BAIRD, 2011).

O pH é um dos indicativos mais importantes de monitoramento de recursos hídricos superficiais ou subterrâneos é um parâmetro de grande importância na rotina laboratorial em estudos de sistemas aquáticos, sobretudo em diversos processos e operações industriais (NETO, 2014).

Medeiros, Lima e Guimarães (2016) avaliaram a qualidade da água de consumo por comunidades ribeirinhas em áreas de exposição a poluentes urbanos e industriais nos municípios de Abaetetuba e Barcarena no Estado do Pará, as águas utilizadas para consumo humano na Comunidade Maranhão, onde não há contaminação por poluentes industriais, apresentaram amostras adequadas, com melhora no período seco; já as águas de Vila do Conde, local próximo à atividade industrial, estiveram em ambos os períodos sazonais com qualidade inaceitável para consumo humano. Os principais parâmetros afetados foram o pH e o N-Nitrato, com valores até 25 vezes a referência da legislação brasileira para água de consumo humano. Esses resultados indicaram maior interferência antrópica no entorno da Vila do Conde.

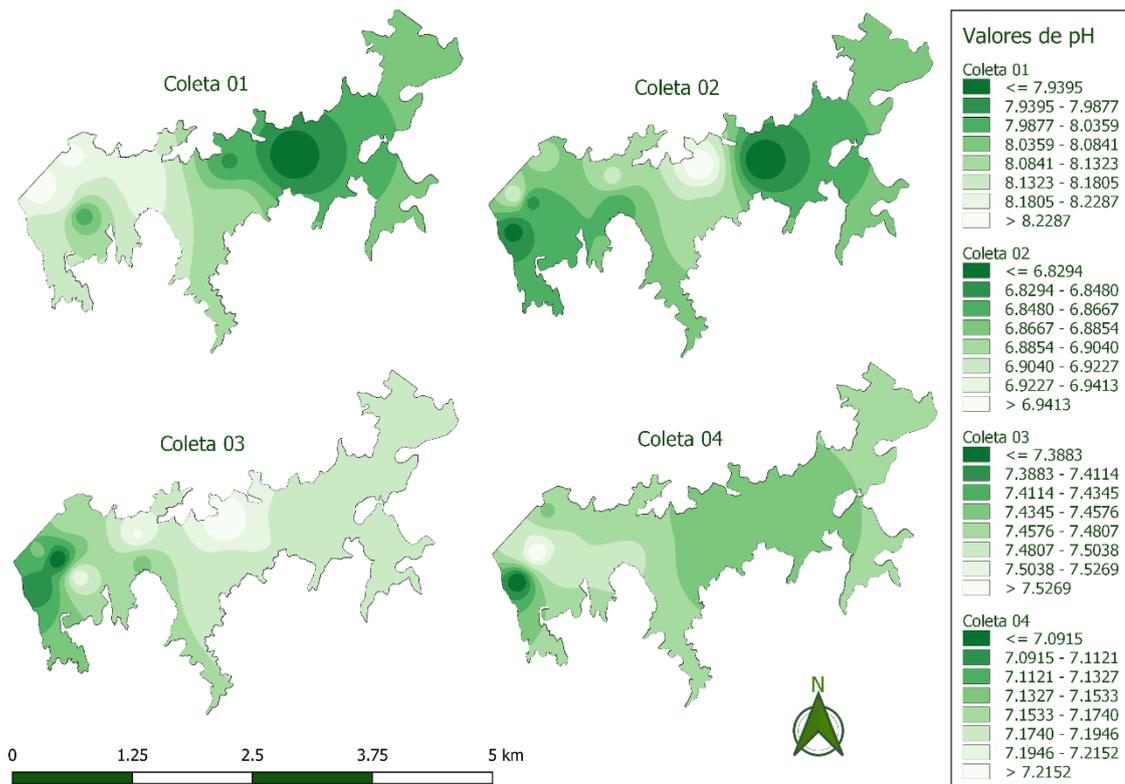
Na coleta 1, os valores médios de pH no início da pesquisa (abril/2018), quando o reservatório possuía aproximadamente 54,26% da sua capacidade máxima de acumulação, apresentou-se mais alcalino (pH médio de 8,1). Sendo que, em julho de 2018, momento da coleta 2, quando o reservatório apresentava 95% da sua capacidade logo após o período da quadra chuvosa, os valores de pH diminuíram tornando a água mais ácida em todos os pontos. Na coleta 3, em Fev de 2019, no início da quadra chuvosa, com 55% da capacidade máxima de armazenamento, o valor de pH voltou a subir.

Em resumo, observou-se que os valores de pH sofreram acréscimo, saindo da condição de alcalinidade para acidez, em função do aumento do volume acumulado de água no reservatório, ou seja, pode-se observar que quanto maior o volume de água mais ácido é o montante de água represado, e a medida que esse nível de água vai caindo, por diversos usos, além de evaporação, o volume de água acumulado vai tornando-se alcalino.

Em trabalho semelhante, Tavares *et al* (2017), também observou resultados parecidos e atribuiu esse comportamento ao acréscimo de nutrientes na água em função dos sedimentos carregados pelas enxurradas a montante do reservatório.

**Figura 12** - Variação espacial do pH no reservatório de Pataxó, para distintos períodos de

coletas (abril/2018 - Coleta 1), (julho/2018 - Coleta 2), (Fev2019 - Coleta 3) e (junho/2019 - Coleta 4)



**Fonte:** Elaborado pela autora (2021)

Nas coletas 1 e 3, quando o reservatório possuía 54,26% e 53,99% da sua capacidade máxima, respectivamente, os menores valores de pH ocorreram próximos a área da parede do barramento, onde as profundidades são maiores. Já os maiores valores de pH (maior alcalinidade) foram observados igualmente próximos a área da parede do barramento em maiores profundidades, o que pode ser justificado pelo período de estiagem e início da quadra chuvosa. As variações entre as coletas, para pH e CE estão relacionadas as flutuações no volume de água do reservatório controladas principalmente pelo clima.

Na coleta 2 e 4, quando o reservatório possuía 94,34% e 100% da sua capacidade de armazenamento, logo após a quadra chuvosa da região, percebe-se que o pH permanece em condições de acidez, ocorreu uma inversão no comportamento espacial do pH, em relação as coletas 1 e 3. Percebe-se que as áreas mais próximas a parede do reservatório apresentaram maiores valores de pH quando comparada com as áreas mais a montante da parede (áreas mais rasas).

Os resultados para esta variável apontam que houve uma variação entre 6,8 e 8,2 com aumento significativos principalmente no período chuvoso dos anos de 2018 e 2019.

Nesse caso, os aumentos podem estar associados à maior mineralização da matéria orgânica, mesmo que parcialmente, podendo produzir elevadas concentrações de amônia, a qual, permanece livre devido ao baixo teor de OD no sistema e elevado pH.

Esteves (2011) informa que a presença de bicarbonatos e carbonatos na água pode desencadear aumento nos valores de pH. Esse fato foi comprovado por Pessoa (2002), em estudo realizado no estuário do rio Cocó, no Estado do Ceará. No período seco, os valores não sofreram alterações significativas e a maioria das estações amostrais permaneceu na faixa de 7,1.

Paula (2011) enfatiza que quando ocorre as variações de pH nas águas dos rios, poderá haver alterações na fisiologia de diversos organismos, indicam contaminação principalmente oriunda de efluentes industriais, além de contribuírem para a dissolução e precipitação de substâncias, muitas vezes tóxicas, como os metais pesados.

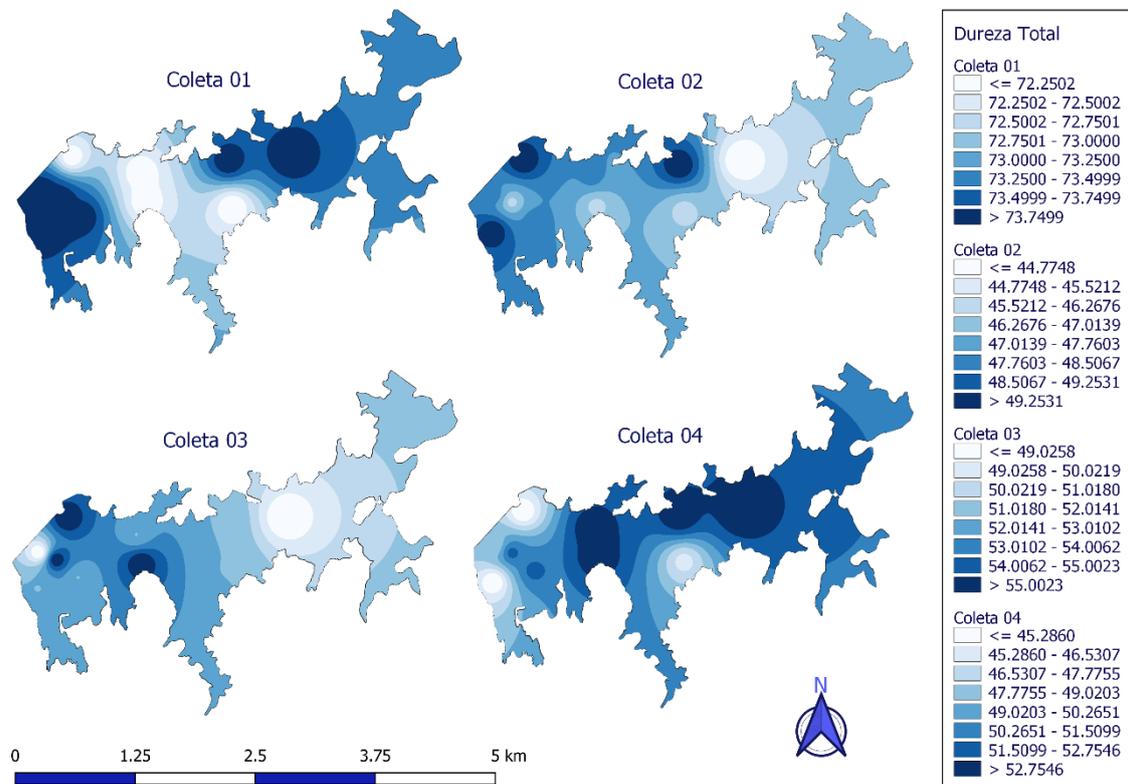
Para rios como o Pataxó, classificado como Classe II, de acordo com a resolução CONAMA 357/2005, o pH pode variar entre 6 e 9. Dessa forma, teve suas análises conforme determinação da resolução citada.

#### 4.3.2.3 Dureza total (DT)

A Dureza indica a concentração de cátions multivalentes em solução na água. Os cátions mais frequentemente associados à dureza são os de cálcio e magnésio ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ) e, em menor escala, ferro ( $\text{Fe}^{2+}$ ), manganês ( $\text{Mn}^{2+}$ ), estrôncio ( $\text{Sr}^{2+}$ ) e alumínio ( $\text{Al}^{3+}$ ). A dureza pode ser classificada como dureza carbonato ou dureza não carbonato, dependendo do ânion com o qual ela está associada. A primeira representa a alcalinidade, estando, portanto, em condições de indicar a capacidade de tamponamento de uma amostra de água. A dureza não carbonato refere-se à associação com os demais ânions, à exceção do cálcio e do magnésio (BRASIL, 2006).

A origem da dureza das águas pode ser natural (por exemplo, dissolução de rochas calcárias, ricas em cálcio e magnésio) ou antropogênica (lançamento de efluentes industriais).

**Figura 13** - Variação espacial do DT no reservatório de Pataxó, para distintos períodos de coletas (abril/2018 - Coleta 1), (julho/2018 - Coleta 2), (Fev2019 - Coleta 3) e (junho/2019 - Coleta 4)



**Fonte:** Elaborado pela autora (2021)

Nas coletas 1, quando o reservatório possuía 54,26% da sua capacidade máxima, concentrou os maiores valores de dureza por mg/L próximos a área da parede do barramento, onde as profundidades são maiores.

Nas coletas 2, quando o reservatório possuía 100% da capacidade máxima, atingindo elevações superiores a 73,74 mg/L. De acordo com a distribuição gráfica, nota-se que os maiores valores foram observados em um ponto na região da borda esquerda e dois pontos na borda esquerda do espelho d'água. Os pontos que apresentaram valores mais baixos, foi um ponto no centro e dois pequenos pontos na borda da margem direita

Ou seja, os menores valores são encontrados quando o reservatório está com sua capacidade máxima e os maiores valores quando o alume está reduzido a 30%

Coleta 3, o nível de dureza permaneceu instável em quase todos os pontos, apresentando valores maiores em três pequenos pontos na região da borda da margem esquerda, diferenciando-se apenas na coleta dois.

Coleta 4, quando o reservatório possuía 100% da capacidade máxima, nota-se que os maiores valores foram observados em um ponto na região da borda esquerda e no ponto central do espelho d'água. Os pontos que apresentaram valores mais baixos, foi um ponto no centro e dois pequenos pontos na borda da margem esquerda.

De acordo com a distribuição gráfica, nota-se que a região central do reservatório foi a que concentrou os maiores valores de dureza por mg/L, especificadamente nas coletas um, dois e quatro; diferenciando-se apenas na coleta três.

Conclui-se que em todos os cenários ainda estão de acordo com a legislação da potabilidade apresentando dureza branda a moderada, a diferença sazonal e distribuição das chuvas no período reservado ao período do ano, não é algo que pode ser definido.

Para a OMS a dureza da água é expressa em mg/L de equivalente em carbonato de cálcio (CaCO<sub>3</sub>) e pode ser classificada em mole ou branda: < 50 mg/L de CaCO<sub>3</sub>; dureza moderada: entre 50 mg/L e 150 mg/L de CaCO<sub>3</sub>; dura: entre 150 mg/L e 300 mg/L de CaCO<sub>3</sub>; e muito dura: >300 mg/L de CaCO<sub>3</sub>. As águas do reservatório são normalmente brandas no período em que o reservatório está com sua capacidade máxima e moderado quando o volume reduz para o entorno de 50%

A Dureza total apresenta valores dentro do padrão exigido pela Portaria nº 2914/2021 do Ministério da Saúde, que determina uma concentração máxima 500 mg/L para água para consumo humano

Quando há resultados elevados, essas águas podem não desempenhar suas ideais funções. Em se tratando da legislação, a nova portaria de potabilidade GM/MS nº 888, de 04 de maio de 2021 é que traz o limite de 300 mg/L para esse parâmetro.

#### 4.3.2.4 Sólidos Totais (ST)

Os sólidos totais é o termo aplicado ao resíduo deixado na capsula após a evaporação de uma amostra e consistem em sais inorgânicos e matéria orgânica. Em águas naturais, os sais são compostos químicos compreendidos entre ânions, tais como os carbonatos, cloretos, sulfatos e nitratos e, cátions tais como o sódio, o potássio, o cálcio e o magnésio. O ST (g/L) é evaporado na capsula, SS (mg/L) são retidos na membrana e STD (mg) 70% de CE (dissolvido) na soma dos cátions e ânios.

A concentração natural de sais é fortemente influenciada pela formação geológica em que o corpo d'água está suportado (BRAGA *et al.*, 2021).

São esperadas altas concentrações de sais em áreas áridas ou semiáridas, onde as evaporações normalmente são maiores do que as precipitações. Conforme o exigido pela

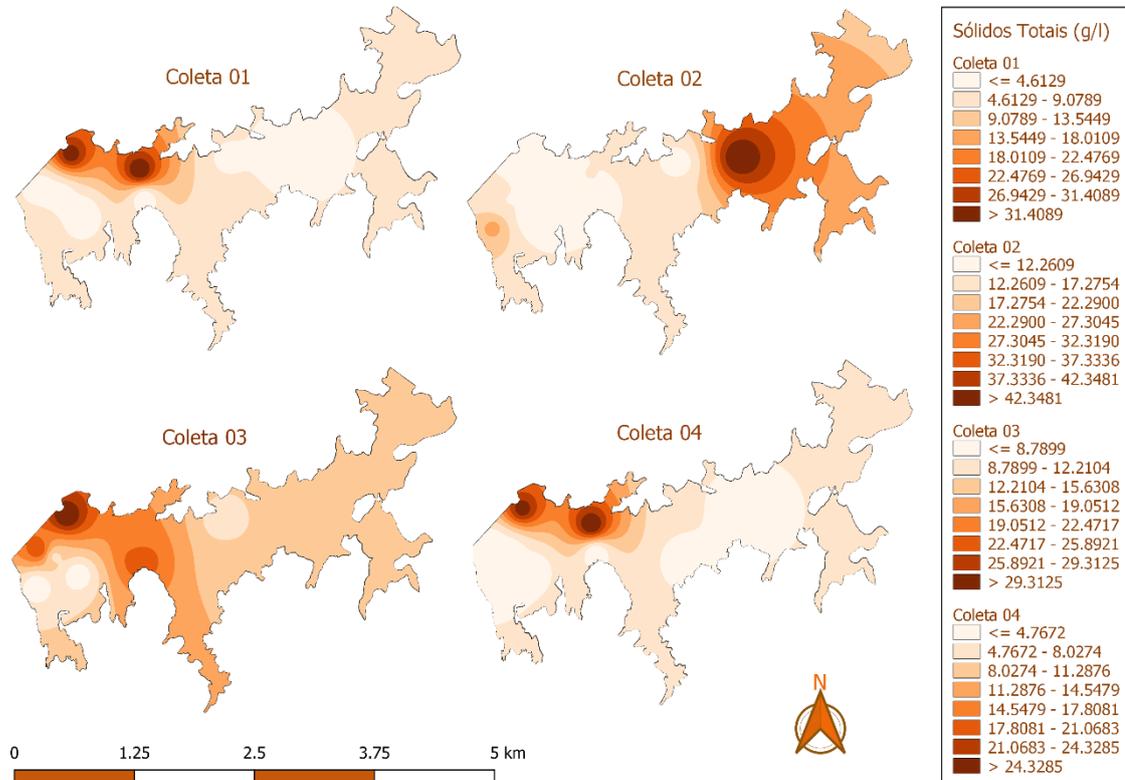
legislação vigente (Resolução CONAMA nº 357/2005) tanto para recursos hídricos de Classe I, quanto para Classe II (doces) devem apresentar o limite máximo de 500 mg/L de sólidos totais dissolvidos (BECKER, 2010).

O parâmetro de sólidos totais possui comportamento semelhante ao da turbidez, seu valor reflete a condição local, aumentando conforme o grau de poluição. O excesso dos sólidos altera as condições de luminosidade, interferindo no metabolismo de organismos autótrofos, por conta da dificuldade para a realização da fotossíntese, e nos organismos heterótrofos que dependem do oxigênio produzido durante a fotossíntese, afetando assim a comunidade aquática. Além de contribuir para processos de sedimentação e assoreamento, gerando o aumento do risco de enchentes em decorrência da diminuição da calha do rio segundo a ANA (2009) e CETESB (2012)

Quanto à natureza, de maneira geral, os sólidos totais são divididos em sólidos suspensos (resíduo não filtrável) e sólidos dissolvidos (resíduo filtrável). Os sólidos totais que representam a soma dos sólidos dissolvidos, mais sólidos suspensos, afetam a dureza da água e aumentam com o grau de poluição. Em águas naturais, os sólidos suspensos estão constituídos por detritos orgânicos, plâncton e sedimentos de erosão (OLIVEIRA, 2014).

A quantidade em ST foi muito baixa em todas as coletas, -33g/L, ocasionando águas pouco túrbidas, como visto na figura 14.

**Figura 14** - Variação espacial do ST no reservatório de Pataxó, para distintos períodos de coletas (abril/2018 - Coleta 1), (julho/2018 - Coleta 2), (Fev2019 - Coleta 3) e (junho/2019 - Coleta 4)



**Fonte:** Elaborado pela autora (2021)

Nas coletas 1, quando o reservatório possuía 54,26% da sua capacidade máxima, concentrou os maiores valores de Sólidos Totais por g/L próximos a área da parede do barramento, e as menores concentrações no centro do espelho d'água.

Nas coletas 2, quando o reservatório possuía mais ou menos 95% da capacidade máxima teve um aumento significativo, de acordo com a distribuição gráfica, nota-se que os maiores valores de ST foram observados em um ponto central da região direita da margem do espelho d'água. Os pontos que apresentaram valores mais baixos, foi no centro da margem esquerda e um pequeno ponto na margem da borda direita.

Coleta 3, quando o reservatório possuía 53,99% da capacidade máxima apresentou valor maior em 1 ponto na região da borda da margem esquerda, e menores valores em 1 pequeno ponto na borda da margem esquerdo e outro ponto no centro esquerdo. Houve uma pequena baixa dos valores de ST em relação ao ano (coleta 1) anterior quando o reservatório estava com sua capacidade praticamente igual.

Coleta 4, quando o reservatório possuía 100% da capacidade máxima, nota-se que os maiores valores ficaram próximos aos valores encontrados na coleta 2. Os pontos que apresentaram valores mais baixos% de sua capacidade no ano anterior.

Das campanhas efetuadas, a segunda (extremidade direita do limite territorial do reservatório >42,34 g/L) apresentou os maiores valores encontrados por distribuição espacial; já na quarta campanha foi a que apresentou os menores registros. É necessário observar que nessas duas situações há presença de atividades humanas que podem favorecer a inserção de material diretamente nas águas como as práticas agrícolas na região e o lançamento direto de efluentes para dentro do açude devido à falta de saneamento nas comunidades, essas práticas podem favorecer as questões relacionadas com o incremento de matéria orgânica. Com essa proporção explica-se os resultados encontrados e as diferenças de profundidades no reservatório, também podem justificar esses resultados.

Os resultados no rio Pataxó apontam que os maiores valores foram encontrados nas coletas 1 e 2 (período chuvoso/2018-abril e julho/2018).

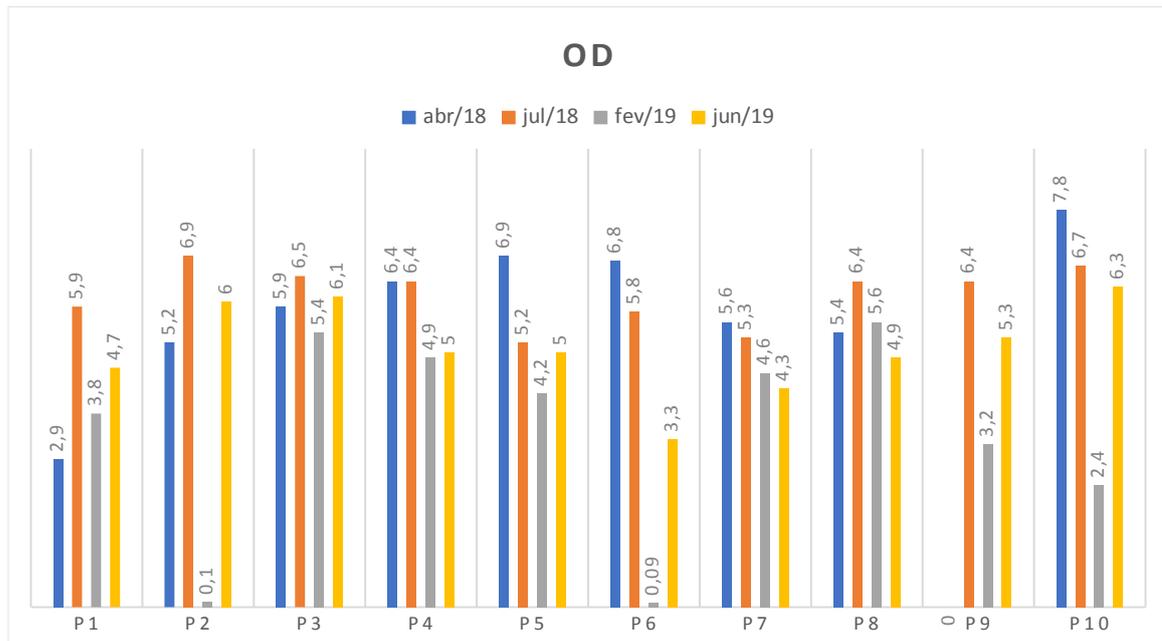
Contudo, em nenhum cenário houve o desacordo com a resolução CONAMA 357/2005 que indicam valores de 20 a 1.000 mg/L.

#### 4.3.2.5 Oxigênio Dissolvido – OD

O Oxigênio Dissolvido (OD) diante dos resultados pode-se perceber a sobrevivência dos organismos aeróbios, facilitando o desenvolvimento do processo de fotossíntese, por exemplo; a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) evidencia a quantidade de oxigênio necessária à oxidação da matéria orgânica por bactérias aeróbias.

O Oxigênio Dissolvido no meio aquático é absolutamente importante, pois ele que vai determinar a permanência ativa dos organismos aquáticos aeróbios. Para o estudo em questão, constatou-se que os valores para abril de 2018 oscilaram e os pontos P1 e P9 (2,9mg e de 1,7 mg/L) respectivamente, para o mês de Fev 2019 uma queda nos pontos P1, P2, P4, P5, P6, P7, P9 e P10, portanto, desacordado com a resolução no período chuvoso da bacia estudada.

Nos períodos sem chuvas, julho 2018 e junho de 2019, o volume do reservatório era de 100% de sua capacidade e os valores estiveram dentro do esperado pela legislação. A norma estabelece a quantidade máxima de mg /L de OD. Apenas em junho de 2019 o Oxigênio Dissolvido (OD) caiu fora do que é determinado pela resolução CONAMA nos pontos P1, P6, P7 e P8. E assim estão em conformidade para a Classe II da referida resolução.

**Figura 15** - Variação do Oxigênio Dissolvido (OD) na água no período das coletas

**Fonte:** Elaborado pela autora (2020)

#### 4.3.2.6 Demanda Bioquímica de oxigênio – DBO

A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) evidencia a quantidade de oxigênio necessária à oxidação da matéria orgânica por bactérias aeróbias; a Resolução CONAMA nº 357/2005 determina o padrão de valor DBO (mg/L) é de maior ou igual a 5 para classe II.

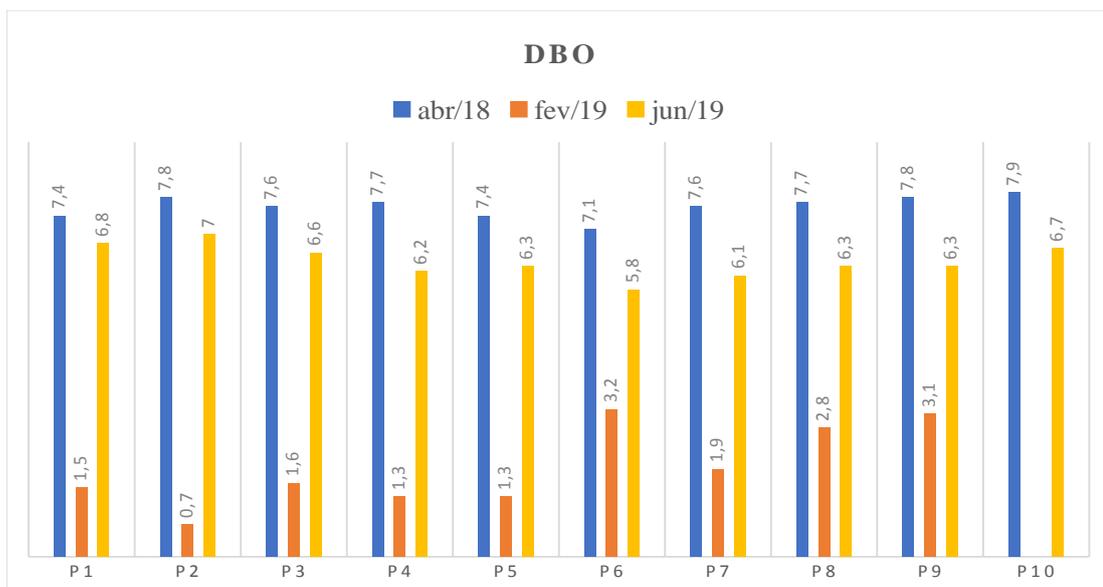
Resultados encontrados nessa pesquisa mostram que a DBO para o período chuvoso de abril de 2018 o valor médio de DBO (mg/L) é 7,6, indicando não está em conformidade com o que é determinado pela legislação. Infelizmente, para o mês de fev. 2019 houve um problema técnico no laboratório e não foi possível ser detectado, assim seria possível ter conhecido esse parâmetro que tem uma relação direta com o OD e consequentemente com o nível de poluição da água.

Os resultados nos períodos secos, apesar do açude está com 100% da sua capacidade máxima, o mês de julho de 2018 apresentou média de DBO (mg/L) de 1,7 o que indica está em conformidade com o que é determinado pela legislação.

No entanto para o mês de junho 2019, O Oxigênio Dissolvido (OD) caiu fora do que é determinado pela resolução CONAMA nos pontos P1, P6, P7 e P8. Conforme Figura 16 e Conseqüentemente, a DBO (mg/L) com valor médio de 6,4 mais ou menos 0,3 para

junho de 2019 revelou que todos os pontos amostrais estiveram em desacordo com o que é estabelecido pela legislação. Por conseguinte, é importante discutir, pois esses resultados representam que há notória existência de matéria orgânica no meio e uma disputa microbiana ocasionada por organismos aeróbios, portanto, o que se esperaria uma queda absoluta nos valores de Oxigênio Dissolvido-OD, fato este, que não ocorreu na prática.

**Figura 16** - Variação da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) na água do reservatório no período de coletas.



**Fonte:** Elaborado pela autora (2020)

A DBO nos períodos de capacidade máxima do reservatório manteve toda a água de boa qualidade, como observado em julho de 2018, como a água de qualidade duvidosa, visto que a DBO média foi de 6,4 mg/L mais ou menos 0,3 mg/L, portanto, em pouco acima do estabelecido pela legislação.

#### 4.3.2.7 Turbidez

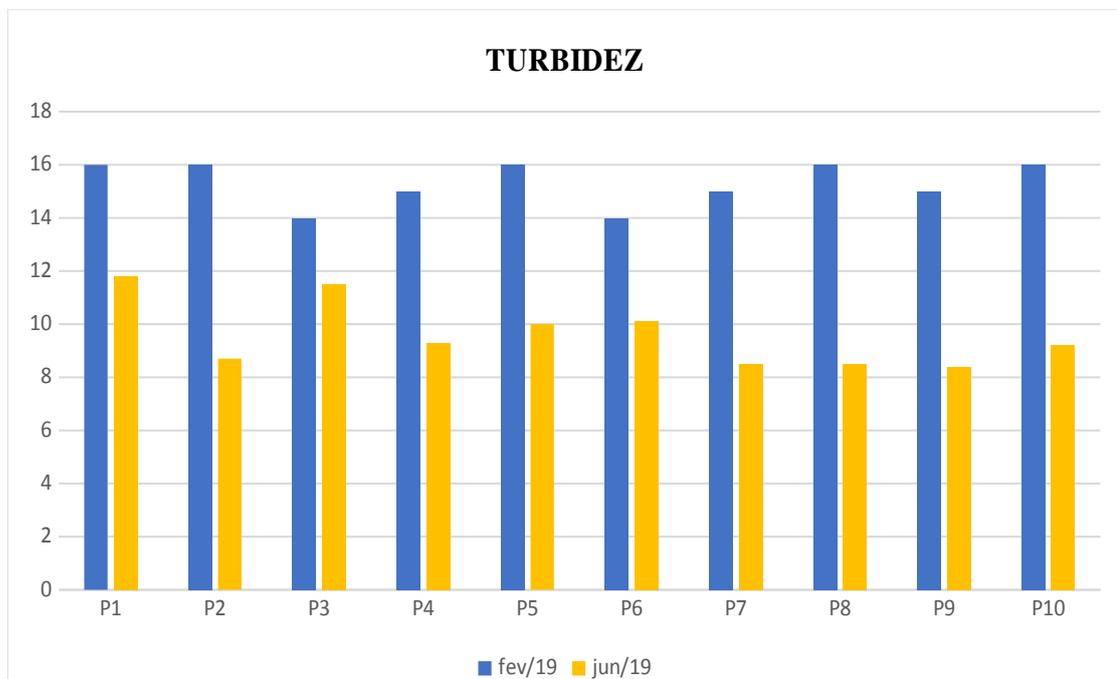
A variável turbidez possui a capacidade de verificar a carga de materiais sólidos através da medição de resistência da água à passagem de um feixe de luz. É provocada também pela presença de partículas flutuando, sendo uma variável de aspecto estético com caráter para aceitação ou rejeição.

Neto (2014) comenta que a determinação da turbidez tem se tornado um ótimo indicador para averiguar a presença de cistos e oocistos de protozoários (*Giardia muris* e

*Cryptosporidium parvum*). Dessa forma, a remoção da turbidez vem se consolidando como uma das formas de avaliar sistemas de tratamento de água. Além disso, há uma relação direta entre a turbidez, com os sólidos suspensos e a cor aparente, sendo que esses valores tendem, como regra geral aumentar quando há ocorrência de precipitação pluviométrica.

Sobre a variação da turbidez nos pontos monitorados ao longo do rio Pataxó, verificou-se que em cada ponto manteve-se em grandes oscilações, porém, permanecendo dentro do valor máximo permitido pela resolução para rios de classe 2, qual é 100 UNT da Resolução CONAMA 357/2005, houve uma variação entre 8,7 e 16 UNT, com maiores concentrações nas estações P1, P2, P5, P8 e P10 (Figura 19).

**Figura 17** - Variação da Turbidez na água do reservatório no período de coletas



**Fonte:** Elaborado pela autora (2020)

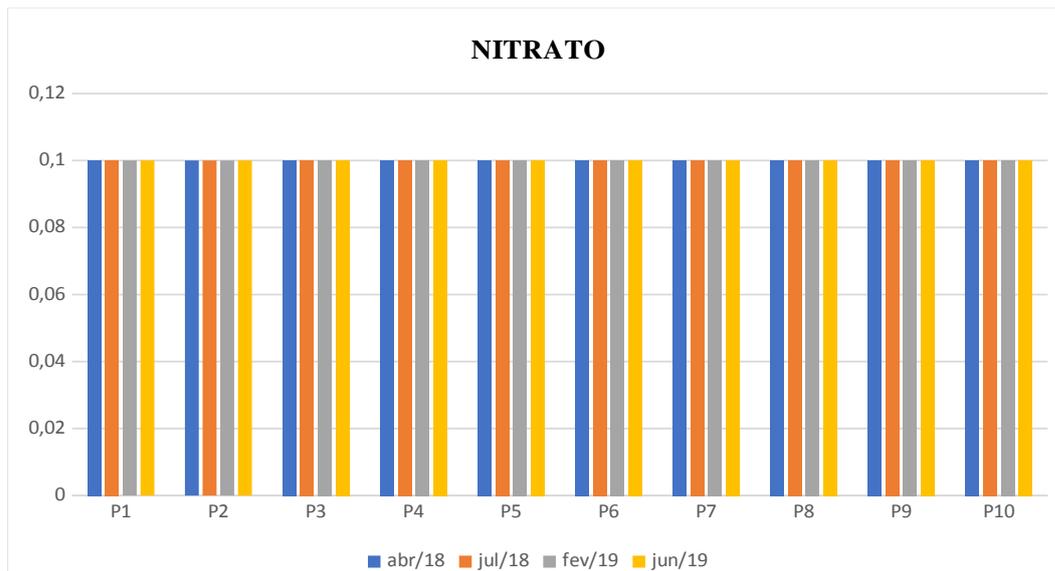
#### 4.3.2.8 Nitrato

O nitrogênio é considerado um dos elementos mais importantes no metabolismo dos ecossistemas aquáticos, sua concentração pode limitar a produção primária, aumentar a proliferação de microrganismos e apresentar potencial tóxico aos organismos aquáticos. Nos processos de degradação do nitrogênio são formados compostos como: amônia, nitrogênio amoniacal, nitrito, nitrato, entre outros. O nitrato está presente na maioria das águas superficiais e são oriundos de fontes humanas, animais e dos fertilizantes, por isso podem refletir a condição de saneamento da água (Brigante e Espíndola, 2003).

Durante todo o período da pesquisa, observou-se que houve uma predominância em 100% dos resultados para o quantitativo de nitrato presente nas águas do rio Pataxó com resultados em 0,1 mg/L em todos os períodos (Figura 18).

Pontua-se que há totalidade em acordo com a Resolução CONAMA n° 357/2005 (menor ou igual a 10 mg/L) para toda classe de águas doces. O valor encontra-se dentro do permitido e em conformidade com a classificação da área em estudo que está enquadrado na Classe 2. O resultado obtido é satisfatório, levando em consideração que o nitrato é tóxico e pode causar uma doença grave chamada metahemoglobinemia infantil, conhecida como “síndrome do bebê azul”, que afeta principalmente crianças com menos de 6 meses de vida (COSTA *et al.* 2016).

**Figura 18** - Variação do Nitrogênio na água do reservatório no período de coletas.



**Fonte:** Elaborado pela autora (2019)

#### 4.3.2.9 Fósforo Total

O fósforo total em águas de rios pode ser de origem natural, proveniente de carreamento de solo, decomposição de matéria orgânica, chuva e ainda da dissolução de rochas como a apatita. Ou então pode ser proveniente de atividades humanas como uso de fertilizantes químicos de solo, agrotóxicos e efluentes de origem industrial e de esgotos na forma de detergentes altamente fosfatados e matéria fecal (Machado, 2006).

O elemento aparece em águas naturais com proveniência fundamental através das descargas de esgotos sanitários. A matéria orgânica fecal e os detergentes em pó empregados em larga escala domesticamente constituem a principal fonte. Alguns efluentes industriais,

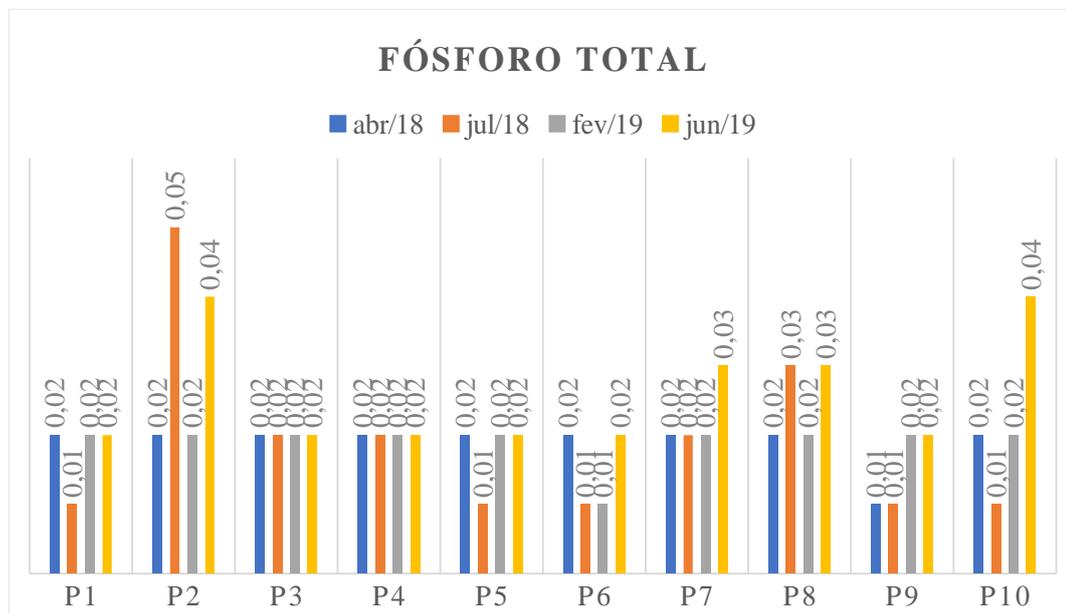
como em indústrias de fertilizantes, pesticidas, químicas em geral, conservas alimentícias, abatedouros, frigoríficos e laticínios, apresentam fósforo em quantidades excessivas.

Ainda por ser nutriente para processos biológicos, o excesso de fósforo em esgotos sanitários e efluentes industriais conduz a processos de eutrofização das águas naturais, causando um conjunto de impactos no ambiente, tais como, mortandade de peixes, aumento excessivo das plantas aquáticas, desenvolvimento de cianobactérias, dentre muitos outros efeitos (CETESB, 2012).

O uso agrícola no entorno das bacias hidrográficas pode alterar as condições ecológicas naturais, além da ação antrópica, que alteram a quantidade e características dos sedimentos que são carregados pelo escoamento superficial. (LEMONS 2016)

As concentrações de fósforo total no rio Pataxó variaram de 0,02-0,01mg/l em abril de 2018 a 0,05-0,04-0,03mg/l entre julho/2018; fevereiro/2019; junho/2019 com distribuição específica em todos os pontos (Figura 19), portanto em conformidade com a resolução CONAMA nº 357/05 que define um valor máximo de 0,1 mg/L P para ambientes lóticos e tributários de ambientes intermediários para corpos d'água de Classes 2.

**Figura 19** - Variação do Fosforo Total na água do reservatório no período de coletas



Fonte: Elaborado pela autora 2020

#### 4.3.2.10 Salinidade

Apresentado pela ANA (2012) no relatório Panorama da Qualidade das Águas Superficiais do Brasil 2012 A qualidade da água na bacia Piranhas-Açu é influenciada,

principalmente, pela escassez hídrica, intermitência dos cursos d'água e pela salinidade (ANA, 2012b).

A salinidade dos reservatórios localizados no território potiguar apresenta-se em conformidade com a Resolução CONAMA 357/2005, embora a ausência de série temporal de dados não permita uma avaliação do comportamento desse parâmetro ao longo dos períodos de seca e de chuva (ANA, 2012a, p. 222-223). De acordo com a referida resolução, são condições doce aquela com salinidade igual e/ou superior a 0,5%. A salinidade do reservatório Pataxó foi sempre de água doce, com valor máximo de apenas de 0,2% e no mínimo de 0,1%. A variação da salinidade guarda uma estreita relação com o volume de água o açude. No período com 100% da capacidade a salinidade foi de 0,1% e com a capacidade em torno de 50% a salinidade foi de 0.2%

#### 4.3.2.11. Metais Pesados

As práticas inadequadas gestão hídrica favorece o surgimento de problemas como eutrofização, salinização, metais pesados, o que interfere diretamente na qualidade das águas nas bacias hidrográficas.

A presença de metais pesados é fator que contribui para a degradação da qualidade das águas dos reservatórios.

Em relação aos resultados da investigação dos metais pesados, os pontos amostrais através do quadro 3, trazem todos os resultados encontrados. É oportuno destacar que apenas o mês de Abril/2018 ocorreu o monitoramento.

**Quadro 3:** Resultados das análises de água para Metais Pesados- Mês de Abril de 2018.

Fonte: autora 2020

ESTAÇÕES AMOSTRAIS	Cd	Pb	Fe	Ni	Cu
		228,8	-217	248,3	232
	-0,026	0,82	-0,142	-147	-0,08
P1	-0,024	-0,11	-0,138	0,130	0,041
P2	-0,028	-0,05	-0,144	0,168	0,041
P3	-0,028	-0,07	-0,154	0,144	0,031
P4	-0,029	-0,04	-0,137	0,153	0,032
P5	-0,027	-0,01	-0,137	0,122	0,026
P6	-0,027	-0,07	-0,148	0,137	0,021
P7	-0,022	-0,11	-0,133	0,141	0,021
P8	-0,034	-0,07	-0,116	0,140	0,016
P9	-0,03	-0,10	-0,122	0,150	0,015
P10	-0,026	-0,09	-0,142	0,147	0,008

Fonte: Elaborado pela autora (2021)

Os Metais pesados são elementos com massa específica superior a 6,0g/cm<sup>3</sup> e número atômico maior de 20 (COSTA, 2015). Alguns são considerados essenciais, ou seja, que são necessários no organismo, portanto devem ser adicionados na dieta. Alguns metais, no entanto, quando em altas concentrações podem se tornar tóxicos, podendo ser prejudiciais à saúde. Arsênio, chumbo, cádmio, mercúrio, alumínio e prata, por exemplo, apresentam efeitos maléficos à saúde mesmo quando presentes em baixas concentrações (SILVA, 2014).

Para a análise encontrada, apenas o metal Níquel esteve acima do determinado pela legislação vigente, ultrapassando o limite de 0,025 mg/L Ni em todos os dez pontos de abril de 2018

### **4.3.3 Parâmetro Biológico**

#### **4.3.3.1 Coliformes Totais e Termotolerantes**

Os coliformes totais (bactérias do grupo coliforme) - bacilos gram-negativos, aeróbios ou anaeróbios facultativos, não formadores de esporos, oxidase-negativos, capazes de desenvolver na presença de sais biliares ou agentes tensoativos que fermentam a lactose com produção de ácido, gás e aldeído a  $35,0 \pm 0,5$ °C em 24-48 horas, e que podem apresentar atividade da enzima  $\beta$  - galactosidase. A maioria das bactérias do grupo coliforme pertence aos gêneros *Escherichia*, *Citrobacter*, *Klebsiella* e *Enterobacter*, embora vários outros gêneros e espécies pertençam ao grupo (Brasil, 2013). A Resolução CONAMA (357/2005) define coliformes termotolerantes como sendo bactérias gram-negativas em forma de bacilos, que podem crescer em meios que possuam agentes tensoativos e sob temperaturas de 44°- 45°C, fermentam a lactose e produzem ácido, gás e aldeído.

A razão da escolha desse grupo de bactérias como indicador de contaminação da água deve-se aos seguintes fatores: estão presentes nas fezes de animais de sangue quente, inclusive os seres humanos, sua presença na água possui uma relação direta com o grau de contaminação fecal, são facilmente detectáveis e quantificáveis por técnicas simples e economicamente viáveis, em qualquer tipo de água.

A presença desta bactéria é detectada em fezes humanas e de animais homeotérmicos, deixadas no solo, plantas e na própria água. Podem ser transportados aos corpos hídricos, por processos naturais de lixiviação dos solos, ou por práticas antrópicas como os esgotos domésticos ou industriais (ANA, 2005).

De acordo com a metodologia utilizada, não foi observada a presença da bactéria *Escherichia coli*, quando considerado uma população menor que 3,0 NMP g<sup>-1</sup> (Número Mais

Provável g-1), que A Instrução Normativa 62 (MAPA, 2003) considera população menor que 3,0 NMP g-1 como equivalente à ausência de *Escherichia coli*. (Tabela 5).

A Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde (MS) estabelece que a água própria para o consumo humano deve estar isenta de coliformes Termotolerantes ou *E. Coli* em cada 100mL. De acordo com os resultados obtidos todas as amostras do mês de abril de 2018 apresentaram-se em acordo com a legislação brasileira, no entanto, comparando dez meses após a primeira coleta, na mesma estação seca registrou-se aumento para coliformes Totais nos valores de  $2,7 \times 10$ , também não sendo identificada a presença de CTT em todas as amostras analisadas configurando, portanto, uma água própria para o consumo humano com destaque para *Escherichia coli*, em cada 100mL de água e positividade de até 5% para coliformes totais (BRASIL, 2011).

Diante da presença baixa na água, não foi possível apresentar estatística descritiva dos mesmos.

Para o período chuvoso, observou-se que houve presença insignificativa em alguns pontos de CT e ausência dos CTT. De acordo com a Agência Nacional da Vigilância Sanitária (ANVISA) a água própria para o consumo humano sugere a ausência de coliformes Termotolerantes.

**Tabela 5** - Análise de coliformes totais e termotolerantes presentes na água do reservatório Pataxó, em período chuvoso

<b>PERIODO CHUVOSO</b>				
AMOSTRAS	Abril/2018		Fevereiro/ 2019	
	NMP/100ml	NMP/100ml	NMP/100ml	NMP/100ml
	CT	CTT	CT	CTT
P1	<0,3	< 0,0	2,7	< 0,0
P2	<0,3	< 0,0	2,7	< 0,0
P3	<0,3	< 0,0	2,7	< 0,0
P4	<0,3	< 0,0	2,7	< 0,0
P5	<0,3	< 0,0	2,7	< 0,0
P6	<0,3	< 0,0	2,7	< 0,0
P7	<0,3	< 0,0	2,7	< 0,0
P8	<0,3	< 0,0	2,7	< 0,0
P9	<0,3	< 0,0	2,7	< 0,0
P10	<0,3	< 0,0	2,7	< 0,0

Fonte: Elaborada pela autora (2019)

As estações amostrais P5 (0,92NMP/100mL); P1-P3-P4-P6-P9-P10 (0,36NMP/100mL) em julho/2019 foram as que classificaram os valores mais significativos,

tendo os demais meses, permanecidos constantes na ordem de 0.3NMP/100mL, ou seja, com total conformidade com a legislação (Tabela 5).

Os coliformes termotolerantes são definidos como subgrupos das bactérias do grupo coliforme que fermentam a lactose a  $44,5 \pm 0,2$ o C em 24 horas, possui como fundamental representante da *Escherichia coli* (*E-coli*), de origem exclusivamente fecal.

Em laboratório, tomando como processo posterior o da análise dos coliformes totais, todos os resultados para o período total de avaliação foram todos negativos.

Tais obtenções de resultados são bastante animadoras, tendo em vista que, as análises para essa variável indicam não há o desenvolvimento de nenhum processo de contaminação ambiental externa na área totalitária do recurso hídrico e região de entorno. Com isso, pode-se dizer que organismos aquáticos estejam preservados, bem como, a manutenção equilibrada dos usos múltiplos.

Diante da presença baixa na água, não foi possível apresentar estatística descritiva dos mesmos.

**Tabela 6** - Análise de coliformes totais e termotolerantes presentes na água do reservatório Pataxó, em período seco

<b>PERIODO SECO</b>				
	Junho/2018		Julho/ 2019	
	NMP/100ml	NMP/100ml	NMP/100ml	NMP/100ml
AMOSTRAS	CT	CTT	CT	CTT
P1	0,36	< 0,0	<0,3	< 0,0
P2	0,36	< 0,0	<0,3	< 0,0
P3	0,36	< 0,0	<0,3	< 0,0
P4	0,36	< 0,0	<0,3	< 0,0
P5	0,92	< 0,0	<0,3	< 0,0
P6	0,36	< 0,0	<0,3	< 0,0
P7	0,3	< 0,0	<0,3	< 0,0
P8	0,3	< 0,0	<0,3	< 0,0
P9	0,36	< 0,0	<0,3	< 0,0
P10	0,36	< 0,0	<0,3	< 0,0

**Fonte:** Elaborado pela autora (2021)

A portaria 2.914/2011 do MS não estabelece um limite de tolerância para coliformes totais em amostras d'água, entretanto sugere que quando detectada a presença destes deve-se adotar medidas de caráter corretivo e preventivo seguida da realização de novas análises até que se obtenha um resultado satisfatório.

Observou-se que não houve uma variação significativa, sendo ambos analisados na mesma profundidade do espelho d'água, de acordo com os pontos de coleta pré-determinados. Todos os resultados para o período total de avaliação foram todos negativos.

#### **4.3.4 Aplicação do IQA- Índice Qualidade das Águas**

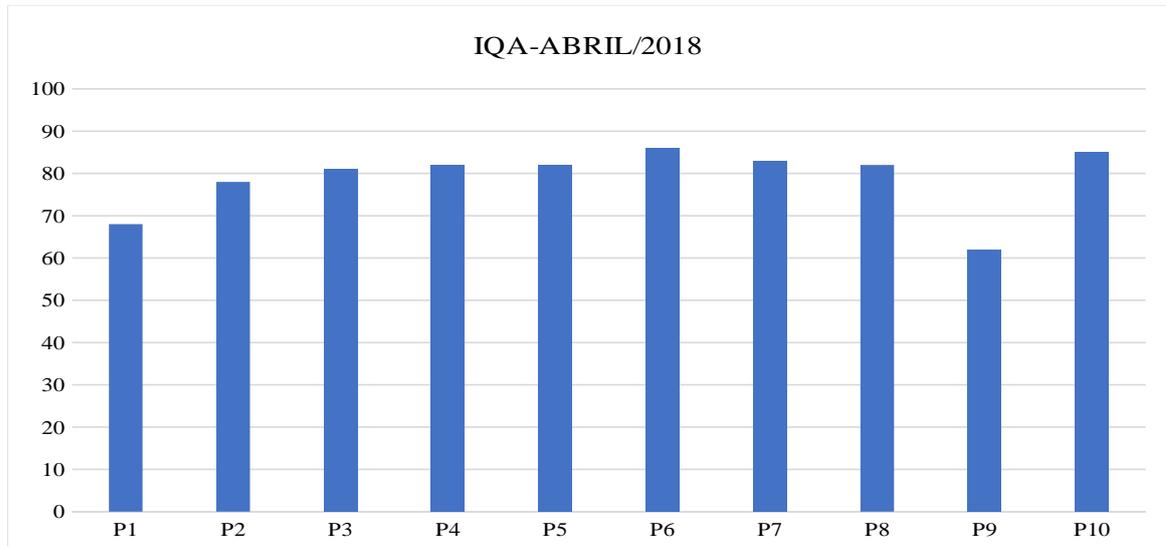
Os Índices de Qualidade de Água possuem o objetivo de transformar resultados amostrais individuais em informações consolidadas e simplificadas para os gestores e usuários das águas. O IQA deve sintetizar os dados como resultados analíticos por meio de um vetor de qualidade simples. Isso faz com que as informações sejam mais rápidas e facilmente interpretadas (FERREIRA *et al.*, 2012; STAMBUK; GILJANOVCI, 1999).

O IQA vem sendo utilizado como ferramenta para o monitoramento da qualidade da água, em várias regiões do Brasil, permitindo através de informações resumidas, prever as condições do manancial superficial ao longo do tempo, reduzir custos e tempo e fornecer resultados de fácil interpretação (SILVEIRA *et al.*, 2014; CUNHA *et al.*, 2013).

O primeiro IQA foi proposto por Horton em 1965 através do uso da ponderação de algumas variáveis de qualidade da água. Desde em seguida, a formulação e utilização de índices têm sido fortemente defendida pelos órgãos responsáveis para o abastecimento de água e controle de poluição. Como exemplos têm alguns índices que têm sido propostos para a avaliação da qualidade da água; IQA-NSF (National Sanitation Foundation- EUA), IQACCME (Conselho Canadense do Ministério do Meio Ambiente), IQA Britânico, IQA do Oregon, IQA da Flórida (JERÔNIMO *et al.*, 2013).

Com finalidade de exercer o proposto estabelecido pelas leis, os estudos para esta finalidade passaram a ser utilizados, constantemente, em programas de monitoramento dos corpos hídricos, buscando descrever as características de sua deterioração em função do tempo (ANDRADE *et al.*, 2005).

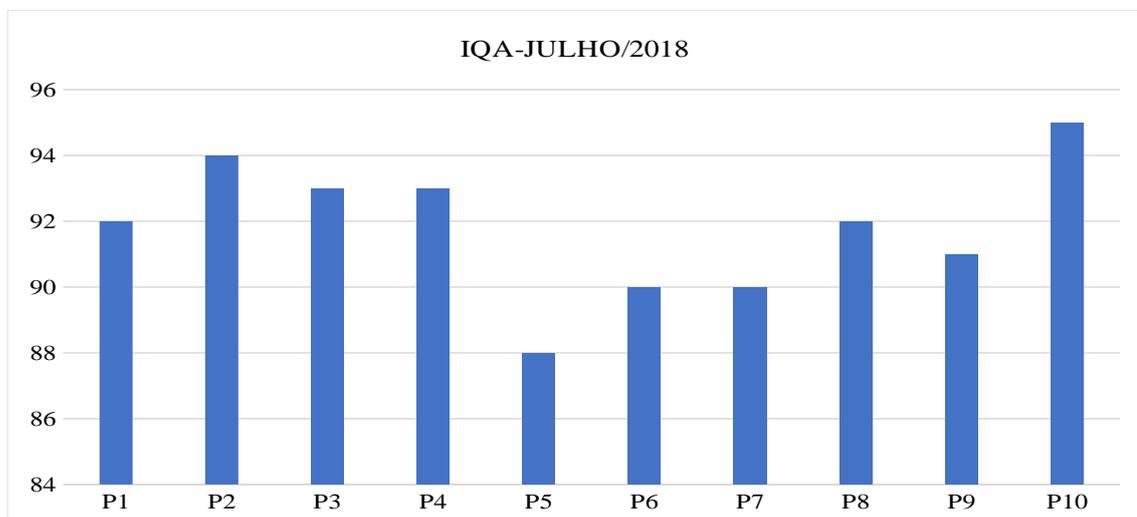
Os resultados dos parâmetros analisados tendo o foco o IQA-CETESB podem ser observados no Figura 20,21,22 e 23 a seguir, para os meses de Abril/julho-2018 e fevereiro/julho-2019, respectivamente. E as suas representações quanto ao grau de conservação aliado a cor representante, logo de imediato estão inseridos.

**Figura 20** - Resultados do IQA- Mês de Abril de 2018

Estações Amostrais	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
Categoria	B	B	O	O	O	O	O	O	B	O
Cor										

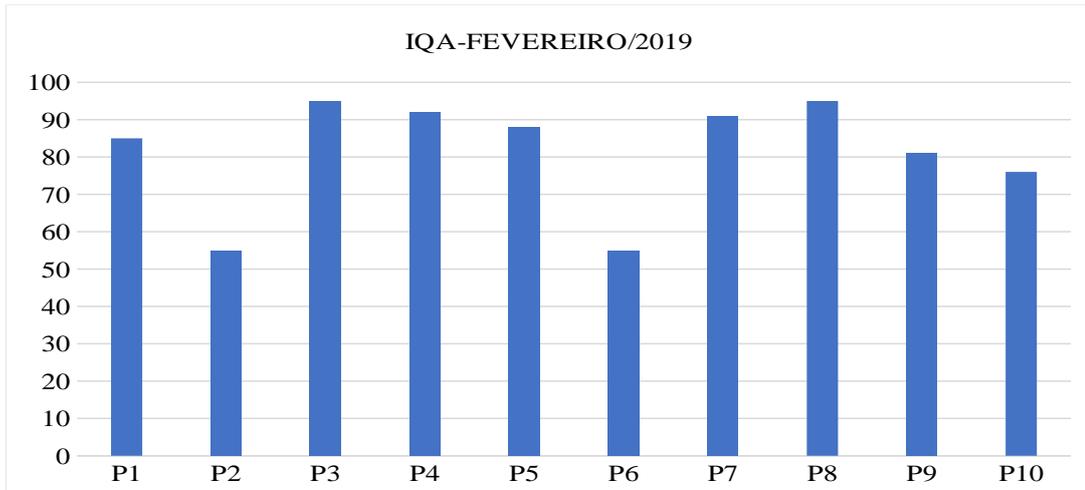
Fonte: Elaborado pela autora (2021)

Legenda: B- BOM; O-ÓTIMO; A-ACEITÁVEL; R-RUIM; P-PÉSSIMA.

**Figura 21** - Resultados do IQA- Mês de Julho de 2018

Estações Amostrais	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
Categoria	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Cor										

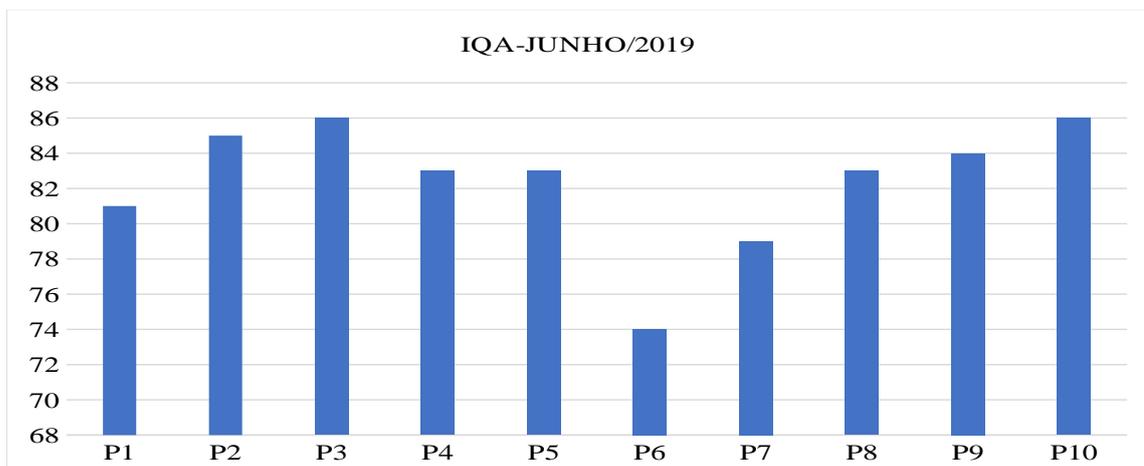
Fonte: Elaborado pelos autores (2021)

**Figura 22** - Resultados do IQA- Mês de Fevereiro de 2019

Estações Amostrais	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
categoria	O	B	O	O	O	B	O	O	O	B
Cor	azul	verde	azul	azul	azul	verde	azul	azul	azul	verde

Fonte: Elaborado pelos autores (2021)

Legenda: B- BOM; O-ÓTIMO; A-ACEITÁVEL; R-RUIM; P-PÉSSIMA.

**Figura 23** - Resultados do IQA- Mês de Junho de 2019

Estações Amostrais	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
categoria	O	O	O	O	O	B	O	O	O	O
Cor	azul	azul	azul	azul	azul	verde	azul	azul	azul	azul

Fonte: Elaborado pelos autores (2021)

Legenda: B- BOM; O-ÓTIMO; A-ACEITÁVEL; R-RUIM; P-PÉSSIMA.

De acordo com Suassuna (2010), na região semiárida, em especial na pequena e média afluência, o ponto crucial relacionado a qualidade das águas dos reservatórios, é

devido a esses recursos mostrarem formas geométricas variadas em virtude da falta de planejamento inicial no momento da sua construção acarretando sérias falhas de dimensionamento, existindo, desta forma, açudes que nunca sangraram, e com isso havendo uma concentração, principalmente de matéria orgânica e salinidade nas águas armazenadas nesses recursos devido a evaporação acentuada da região (ANDRADE *et al.*, 2006; ARAÚJO NETO *et al.*, 2010; LEMOS; NETO; DIAS, 2010).

O volume de acumulação do reservatório superficial do Pataxó-RN responde rapidamente aos índices pluviométricos da região, que por sua vez, alteram de forma significativa os indicadores, proporcionando uma rápida dissolução das águas, bem como, trazendo reflexos nos indicadores (TAVARES, 2018).

De acordo com o boletim informativo divulgado pela ANA (Agência Nacional das Águas, 2016), cujo título traz '*reservatórios do semiárido brasileiro-hidrologia- balanço hídrico e operação*', mostram que o reservatório Pataxó-RN representa a utilização de suas águas em 39% destinada ao abastecimento humano; 43% dessedentação de animais e 18% para irrigação.

Diante dos gráficos apresentados no início do tópico em discussão é possível observar que para as estações amostrais (P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P9 e P10) os índices de qualidade oscilaram entre indicadores ÓTIMO e BOM, ou seja, alcançando e representando excelentes desempenhos.

Tal questão, pode ser fortalecida quando se ilustra os valores médios do IQA que ficaram em 87,1 (para Abril/2018); 91,8 (para Julho/2018); 81,3 (para Fevereiro/2019) e 82,4 (para Junho/2019).

É importante salientar que alguns parâmetros, por razões de ordem técnica e laboratoriais, não puderam ser devidamente analisados (Turbidez/Julho/2018; DBO-Nitrogênio Total/Fevereiro/2019). Mas assim não prejudicou no cálculo matemático pois os modelos já possuem ajustes para justamente haver uma notória adaptação para situações desta categoria.

Em pesquisa desenvolvida por Lima *et al.* (2020) no reservatório Pereira de Miranda, também conhecido como açude Pentecoste, localizado no Estado do Ceará, do qual, apresenta como seus principais usos múltiplos o abastecimento de água, a irrigação, piscicultura e controle das cheias do rio Curu (DNOCS, 2019) (muita similaridade com o de Pataxó-RN), apresentou após aplicação do IQA, um domínio de classe BOM, com indicador

médio igual a 70. Tal questão corrobora resultados similares com o que foi encontrado neste estudo.

#### **4.4 Aspectos socioeconômicos e ambientais das comunidades no entorno do reservatório Pataxó e São Miguel.**

##### ***4.4.1 Aspectos socioeconômicos da comunidade de Pataxó***

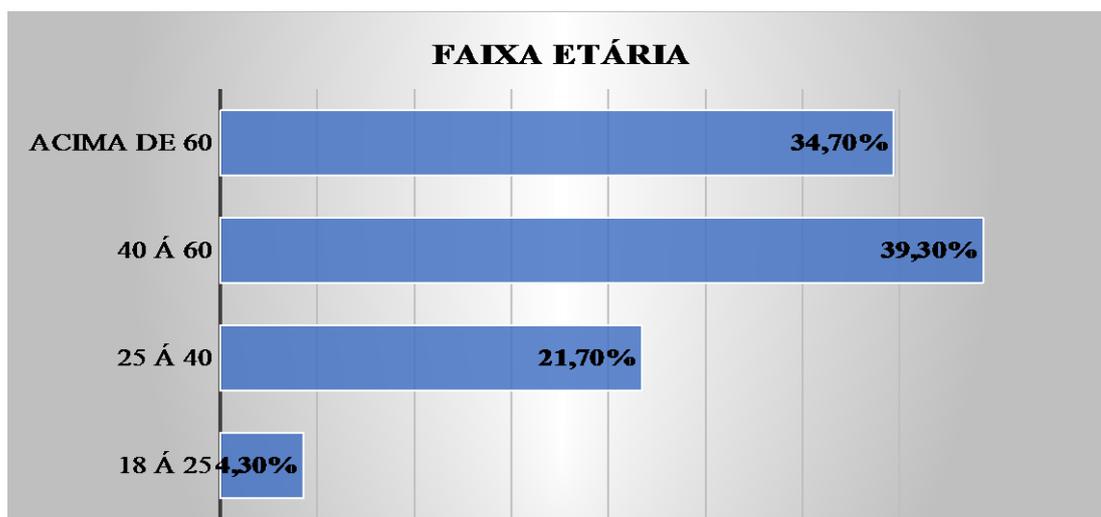
Os resultados obtidos darão ferramentas para compreender a relevância da qualidade hídrica na saúde populacional, além de contribuir para o auxílio no gerenciamento e tomada de decisões acerca dos recursos hídricos, bem como, obter informações sobre o modo socioeconômico e ambiental dos moradores. Houve um total de 80 moradias em torno do reservatório.

**Figura 24** - Imagem aérea da comunidade de Pataxó



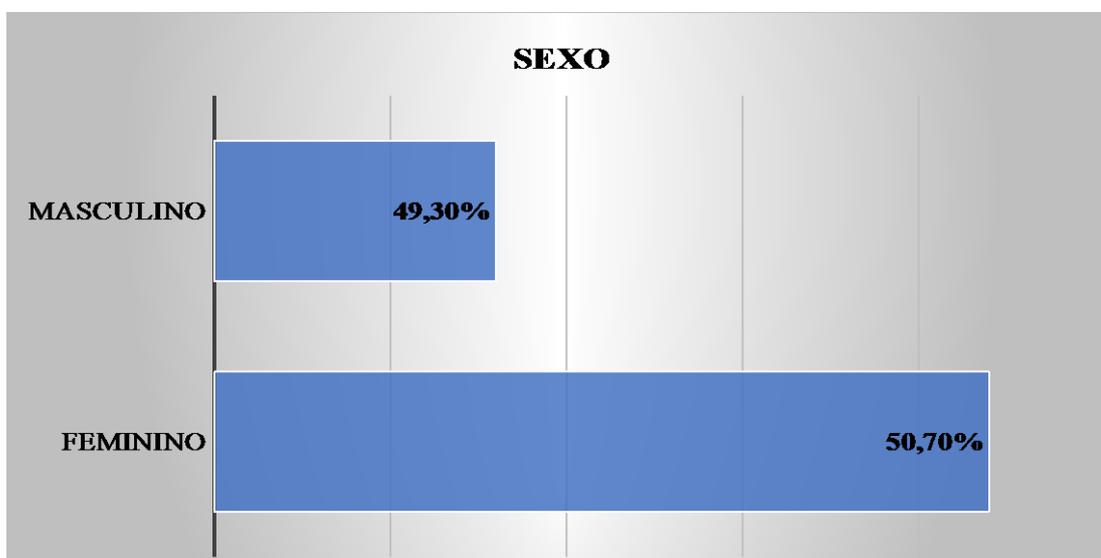
**Fonte:** Elaborado pela autora (2021)

Sobre os questionários foram aplicados com 69 moradores da comunidade Pataxó, os principais resultados para questionamentos preliminares foram: as faixas etárias dos entrevistados variaram entre 18 e 60 anos acima; caracterizando 4,3% de 18 a 25 anos de idade, do mesmo modo, de 21,7% entre 25 a 40 anos de idade, entre 40 a 60 anos em 39,3% e acima de 60 anos com 34,7%. Figura 25, observa-se essa distribuição.

**Figura 25** - Variação das faixas etárias que participaram nas entrevistas

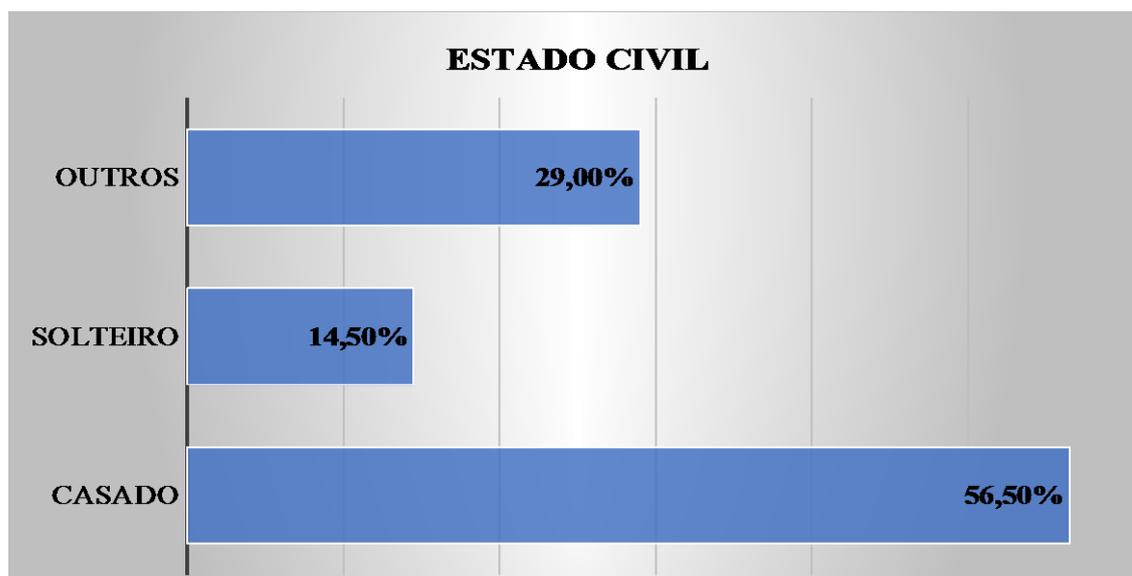
Fonte: Elaborado pela autora (2021)

Em relação ao sexo dos entrevistados, 50,7% eram do Sexo feminino e 49,3% do Sexo masculino (Figura 26).

**Figura 26** - Sexo dos entrevistados

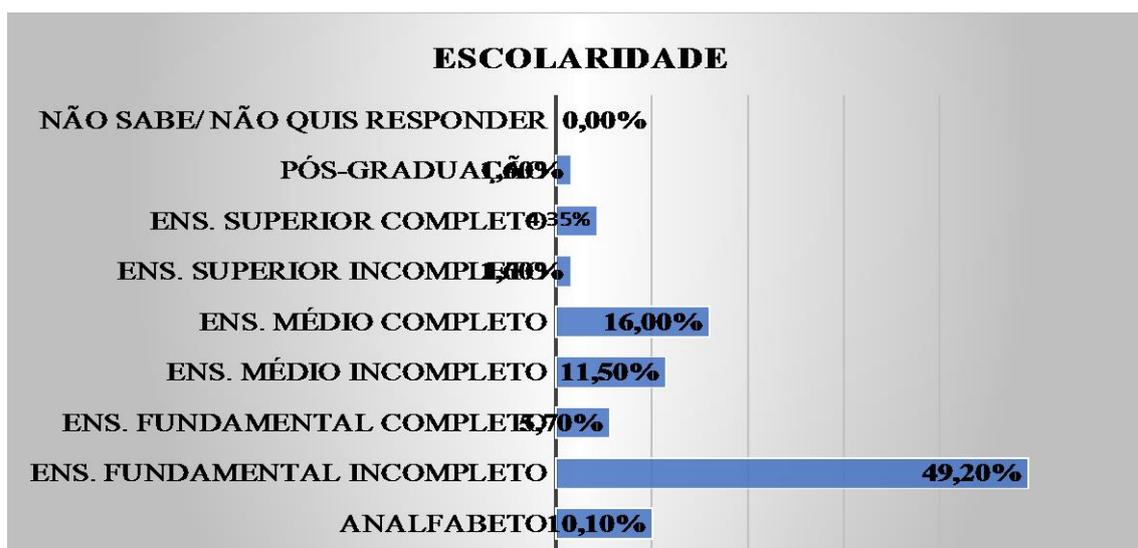
Fonte: Elaborado pela autora (2021)

Em relação ao estado civil, 56,5% indicaram serem casados, 14,5% solteiros e 29% responderam estarem em outra situação conjugal (Figura 27).

**Figura 27** - Estado Civil dos entrevistados

Fonte: Elaborado pela autora (2021)

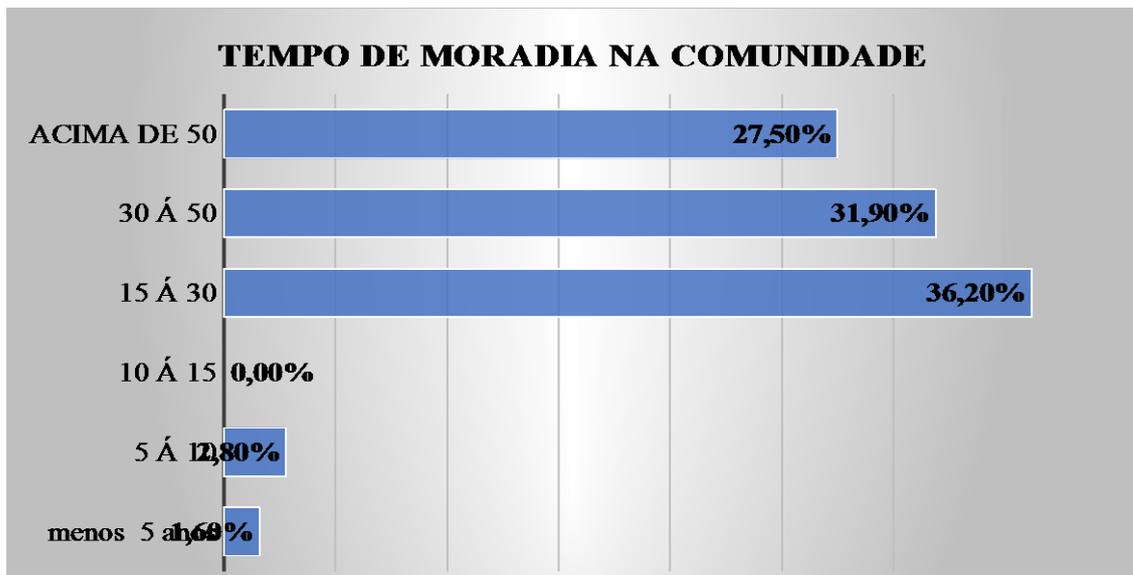
A respeito do nível de escolaridade dos residentes, 10,10% alegaram não saber ler e nem escrever, 49,2% consideram não ter concluído o ensino fundamental, 5,7% concluíram o ensino fundamental, 11,5% não concluíram o ensino médio e 16% concluíram o ensino médio; 1,6% ingressaram na universidade, mas não concluíram o curso, 4,3% finalizaram o ensino superior e apenas 1,6 tiveram a oportunidade de acessar um curso de pós-graduação (Figura 28).

**Figura 28** - Escolaridade dos entrevistados

Fonte: Elaborado pela autora (2021)

Quanto ao tempo de moradia destacaram-se: menos de 5 e acima de 50 anos, representando 1,6 % menos de 5 anos, entre 5 a 10 anos 2,8%, entre 15 a 30 anos 36,2%, o número de residentes entre 30 a 50 anos representou 31,9% e acima de 50 anos 27,5 % (Figura 29).

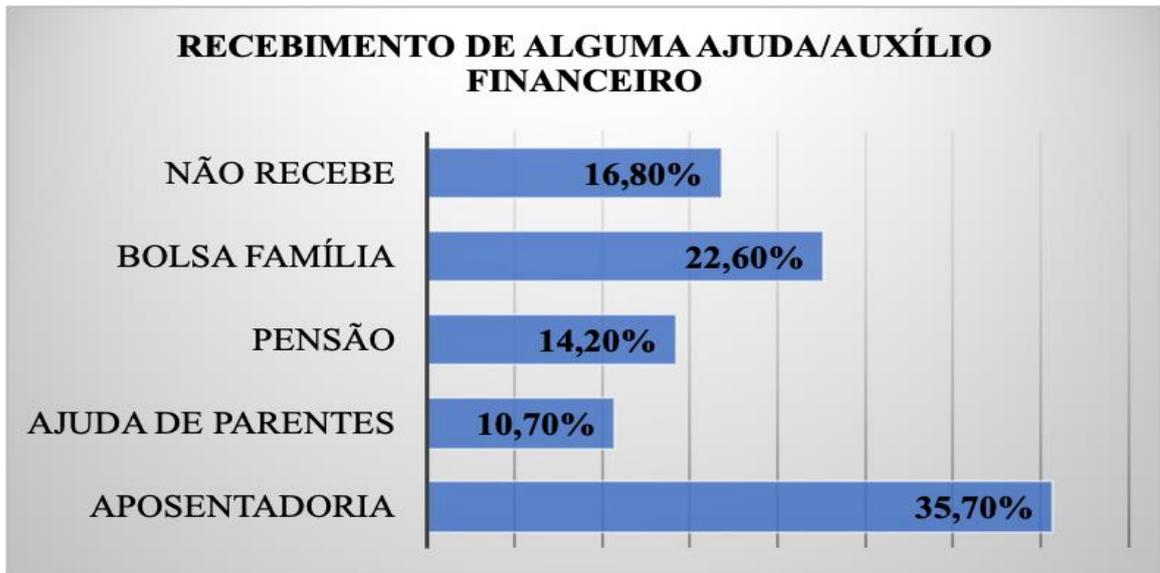
**Figura 29** - Tempo de moradia dos entrevistados na comunidade



**Fonte:** Elaborado pela autora (2021)

Alguns moradores da comunidade recebem benefícios do Governo: 35,7% são oriundos de aposentadoria, 22,6% do programa bolsa-família. Outro tipo de ajuda tem-se 14,2% pensão, 10,7% contam com ajuda de parentes e 16,8% não recebem nenhum tipo de benefício Figura 30. Os Pescadores possuem a carteira de pescador com RGP (Registro Geral de Atividade Pesqueira), no qual, pagam mensalmente uma taxa na colônia. No fim do ano, organizam os procedimentos documentais para o INSS (Instituto Nacional do Seguro Social) com objetivo do recebimento de um benefício equivalente a três salários-mínimos (LIMA *et al.*, 2020).

**Figura 30** - Listagem com os tipos de ajudas/auxílios financeiros recebidos na comunidade



**Fonte:** Elaboração da autora (2021)

Quanto as atividades econômicas mais empregadas na comunidade obtiveram-se os seguintes resultados: Agricultura familiar 19,3%, 31,8% a pesca, 12,5% a carcinicultura, 4,5% a pecuária e 1,10% agricultura irrigada.

A agricultura já é uma prática comum no semiárido, com o uso das vazantes dos açudes para a prática da agricultura de subsistência. A pesca e a carcinicultura também têm um destaque na economia da comunidade com a pesca do camarão, 5,8% responderam que são assalariados exercendo outras atividades, enquanto 25% dos entrevistados não têm nenhuma atividade remunerada.

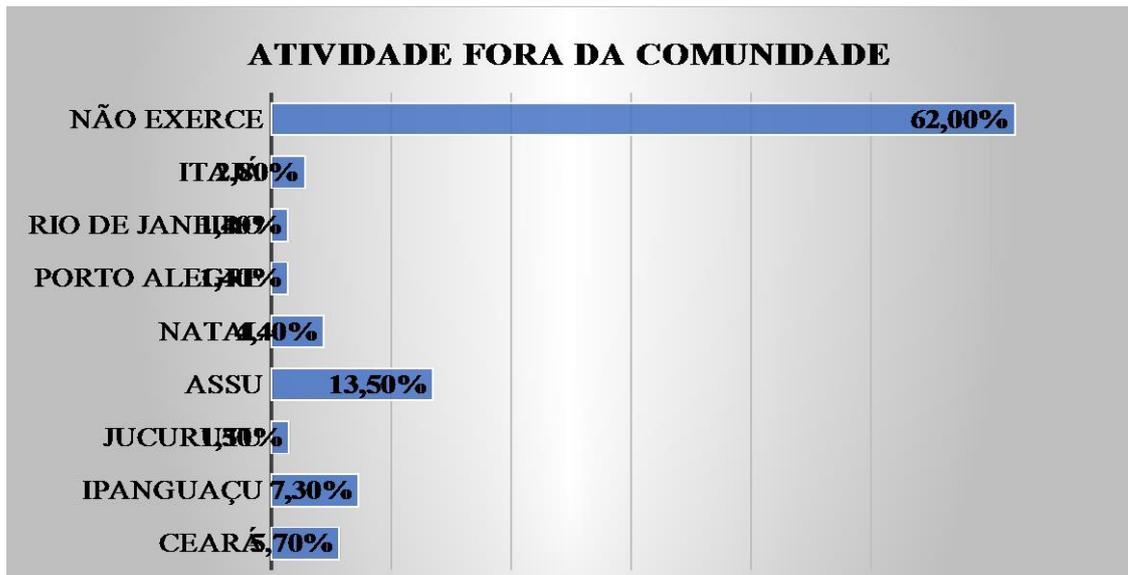
No total, obteve-se 88 respostas entre os 69 entrevistados, o que ocorre é que muitos moradores exercem mais de uma atividade como por exemplo a pesca e a agricultura familiar e ou pecuária. Quando perguntados qual valor em reais da renda familiar, eles não quiseram responder pois, temiam que essas respostas fossem levadas ao governo e com isso, serem prejudicados em relação aos benefícios, mesmo quando explicado que seriam um trabalho acadêmico e eles não seriam identificados. Para toda essa situação econômica da comunidade, todas as representações podem ser observadas de forma melhor detalhada no Figura 31.

**Figura 31** - Atividades econômicas existentes na comunidade

**Fonte:** Elaborado pela autora (2021)

Como percebe-se que a maioria dos entrevistados, 62% exercem atividades econômicas na própria comunidade, em exceção de 38% dos entrevistados que saíram da comunidade para a outras cidades em busca de empregos em cidades da região onde a bacia está inserida, como é o caso de Assú, Ipanguaçu, Itajá e outras localidades com distância máxima de 200km dentro do Estado. Assim sendo, houve a constatação que outros estados também estão inseridos, como é o caso do Ceará com 5,7% que trabalham no Ceará e um entrevistado que trabalha no Rio de Janeiro numa empresa embarcado e sempre retorna nas folgas para a comunidade. Esse levantamento foi importante para conhecer o retorno econômico desses trabalhadores para a região e quantas pessoas precisam sair da comunidade para exercer trabalhos fora da comunidade (Figura 32)

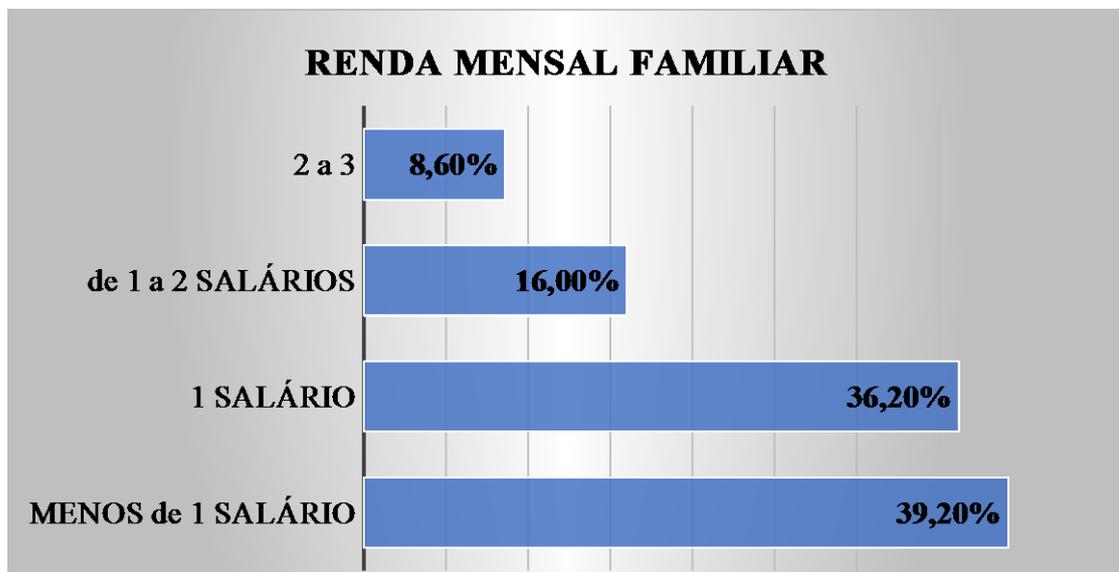
**Figura 32** - Registro de atividades econômicas executadas fora da comunidade



Fonte: Elaborado pela autora (2021)

Acerca da renda dos moradores: 39,2% têm renda menor que o salário-mínimo, 36,2% relataram que possuem renda de um salário-mínimo, 16% estão entre um a dois salários mínimos, e 8,6% recebem entre dois a três salários mínimos. A maioria dos moradores são pescadores e agricultores e exercem dupla profissão (Figura 33).

**Figura 33** - Renda mensal das famílias entrevistadas



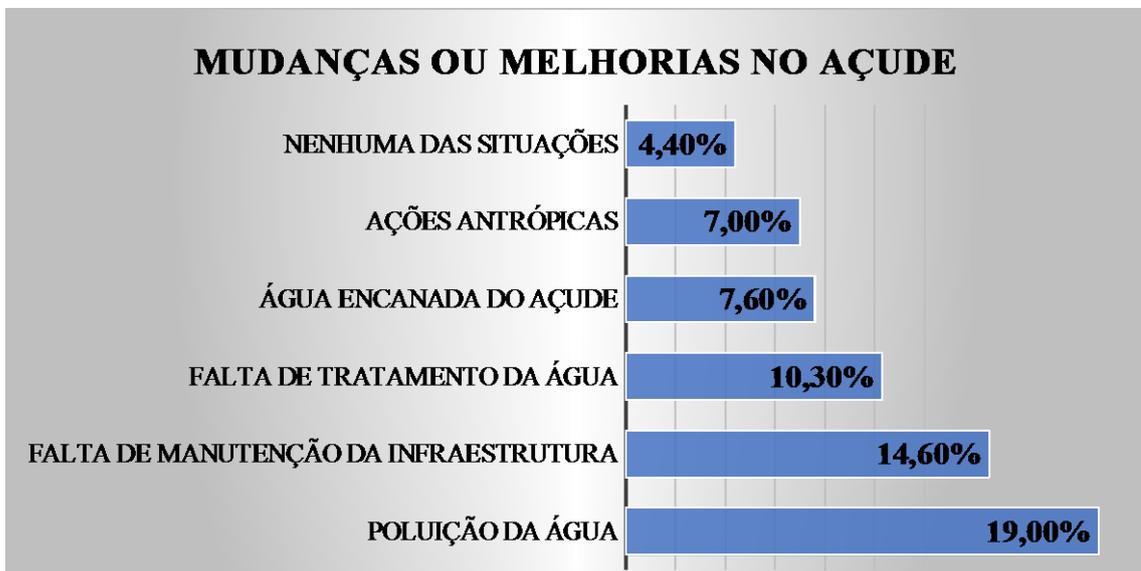
Fonte: Elaborado pela autora (2021)

#### 4.4.2 Aspectos ambientais da comunidade de Pataxó

Os entrevistados demonstraram ter um maior conhecimento e sensibilidade em relação aos problemas relacionados com a qualidade de água e ao meio ambiente. Quando

indagados sobre as possíveis mudanças ou melhorias diante dos problemas ambientais em relação ao reservatório, dos 69 entrevistados, houve a citação de 184 possíveis mudanças e melhorias ambientais identificadas por eles ao longo do tempo. Assim sendo, as cinco mudanças mais citadas foram: Presença da poluição das águas com 19%, Falta de manutenção da infraestrutura em 14,6%. Apesar de haver água encanada do reservatório e direcionada aos domicílios, o líquido não recebe nenhum tratamento, tal situação, reflete o valor de 17,9%. Com existência de ações antrópicas significativas tem-se 7,0%. Aos que não identificam nenhuma melhoria/ou mudança somam-se 4,4% (Figura 34).

**Figura 34** - Identificação das principais mudanças/melhorias no reservatório na visão dos entrevistados ao longo do tempo



**Fonte:** Elaborado pela autora (2021)

As demais porcentagens estiveram distribuídas em outras razões citadas pelos entrevistados, dos quais, podem ser citadas: presença de assoreamento, eutrofização, perda de riquezas e variedades, diminuição da renda na pesca devido a poluição, falta de lazer, falta de fiscalização, construção de pocilga.

Sobre a preocupação dos moradores a respeito do tratamento, ou melhor, a falta do tratamento da água encanada, ocorre pelo seguinte motivo: o abastecimento da comunidade é feito através de um motor bomba, por meio de encaenação diretamente do açude para as residências e mais dois motores bombas diretamente para irrigação. Tal estrutura está sob responsabilidade da prefeitura e os moradores não pagam pelo serviço. É importante salientar que como há significativa lacuna para essa situação, os riscos aos desenvolvimentos de doenças de veiculação hídrica são altos.

**Figura 35** - Bomba de captação de água para o consumo humano



**Fonte:** Elaborado pela autora (2021)

Quando questionados se participam das decisões para o desenvolvimento da comunidade: 82,7% disseram que não participam e apenas 17,3% dizem participar das decisões (Figura 36).

**Figura 36** - Participação comunitária nas decisões locais



**Fonte:** Elaborado pela autora (2021)

Em relação a existência de serviços básicos para atender adequadamente aos moradores da comunidade, houve a seguinte representação: 92,7% disseram que sim (água encanada, fossa séptica, coleta de resíduos domiciliares e posto de saúde) e 7,3% relataram que não tinha conhecimento (Figura 37).

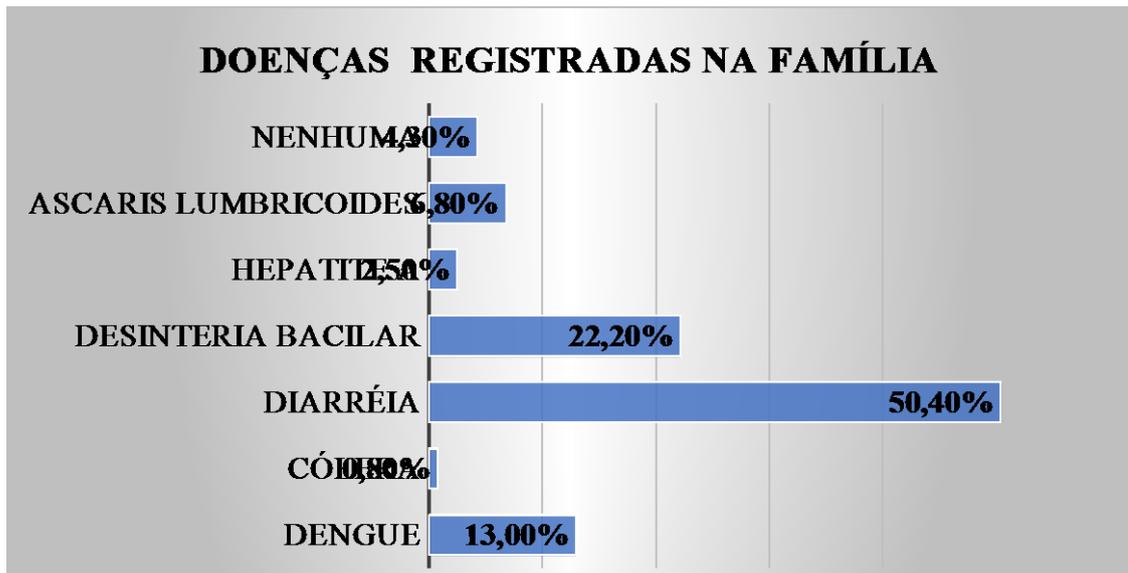
**Figura 37** - Existência de serviços básicos na comunidade

**Fonte:** Elaborado pela autora (2021)

Quando interrogados sobre as doenças apresentadas nos membros da família que, por ventura, estejam relacionadas com águas contaminadas, sejam por ingerir ou manuseio, dos 69 entrevistados, houve o resultado de 117 respostas para as doenças que já foram apresentadas na família destacando-se: Dengue com 13%, Cólera 0,8%, Diarreia 50,4%, Disenteria Bacilar 22,2%, Hepatite A 2,5%, Lombriga: 6,8% e 7,3% declararam não terem apresentado nenhuma doença e relação a água.

Dados da Organização Mundial da Saúde (OMS) alertam sobre o alto índice de mortes no mundo ocasionada por fatores relacionados a uma má qualidade de água consumida ao longo da vida. (OMS,2012). Ainda segundo a OMS, investimentos na melhoria do abastecimento de água, saneamento e higiene em todos os países poderiam prevenir uma série de agravos, com destaque para a diarreia.

Dessa forma, enquanto a população estiver exposta a problemas simples de serem combatidos, como o tratamento de água para o abastecimento humano, a contaminação e proliferação de doenças continuará custando danos irreparáveis a saúde das comunidades rurais.

**Figura 38** - Doenças identificadas nas famílias da comunidade

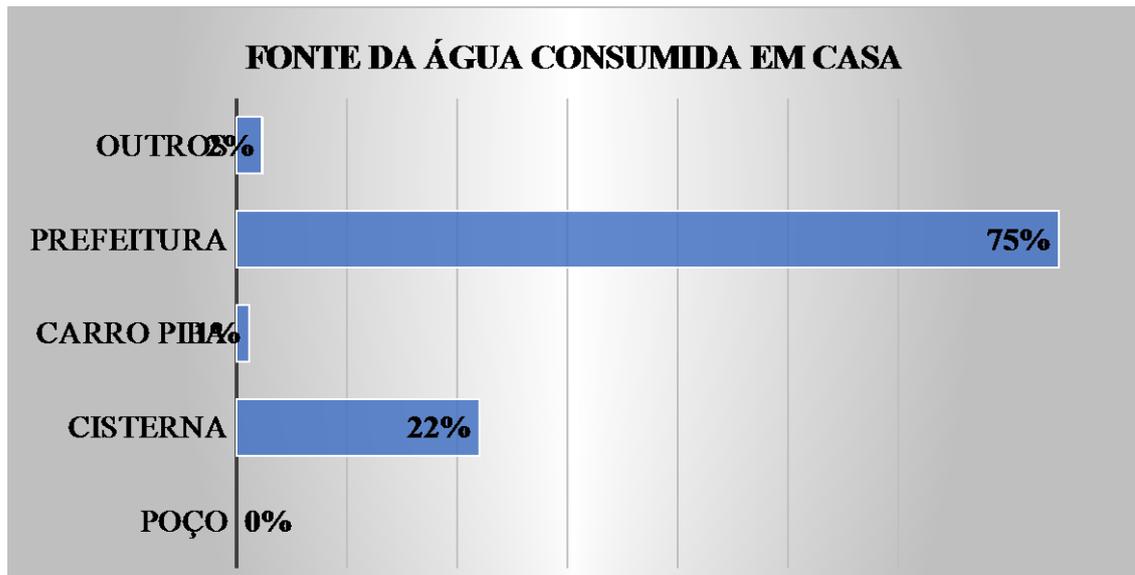
**Fonte:** Elaborado pela autora (2021)

Dando sequência as perguntas aos entrevistados, indagou-se sobre a fonte da água consumida em casa, das 69 entrevistas, alcançaram-se o registro de 86 respostas, tais como: Poço com 0%, Cisterna: 22%, Carro pipa: 1,1%, Prefeitura: 74,6%, e outros: 2,3% (Figura 39). Alguns moradores utilizam mais de uma fonte para consumo.

As cisternas da comunidade são do antigo “programa Cisterna” criado em 2012 durante o governo de Lula e Dilma. O programa foi uma iniciativa popular da região do semiárido. O programa cisterna ajudou a evitar uma catástrofe social, como acontecia na região em períodos anteriores quando havia forte migração, aumento da mortalidade infantil e empobrecimento generalizado (ONU 2017).

Em 2013, o Programa de Cisternas virou Lei e passou a reconhecer oficialmente as tecnologias sociais de acesso a água como beneficiárias de políticas públicas. Em 2014, o Brasil alcançou a marca de um milhão de cisternas construídas, que beneficiaram mais de 5 milhões de pessoas diretamente e em 2017 o programa 2017 ONU concedeu o prêmio internacional por conta dos efeitos positivos e em larga escala para a população da região do Semiárido nordestino e por sua sustentabilidade ambiental.

A fonte mais utilizada foi a mencionada anteriormente, através de motor-bomba que são distribuídas pela prefeitura.

**Figura 39** - Fontes da água de consumo humano residencial

**Fonte:** Elaborado pela autora (2021)

Quando questionados sobre de que forma tratavam a água que consumiam para beber, dos 69 entrevistados, houve o registro de 76 respostas diante de possíveis tratamentos realizados no domicílio para tratar a água antes de beber: 79% afirmaram consumir água engarrafada e 15,7% reaproveitam a água da chuva (armazenada e consumida em período chuvoso) o remanescente dos moradores, apontaram fazer o tratamento da água tais como: Filtração em 4% e outros: 1,3%, nenhum respondeu que fervia a água para beber (Figura 40).

**Figura 40** - Alternativas usadas para tratar água antes de consumir

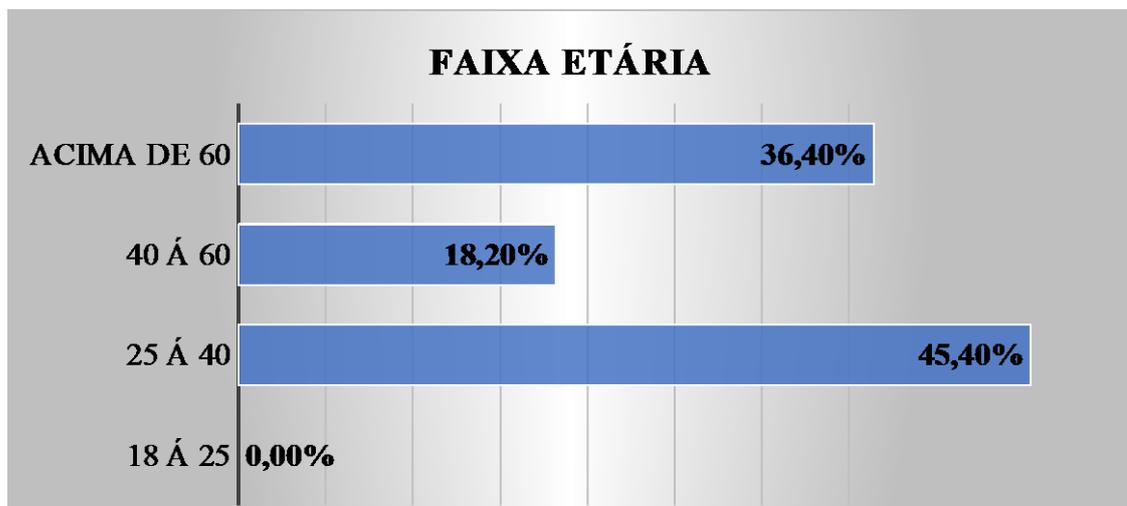


Fonte: Elaborado pela autora (2021)

#### 4.4.3 Aspectos socioeconômicos da comunidade de São Miguel

Quanto a comunidade de São Miguel, foram aplicados 11 questionários com os moradores, tendo as seguintes faixas etárias: iniciando dos 25 anos para acima de 60; os resultados caracterizam a seguinte situação de 45,4% para 25 a 40 anos de idade e 18,2% entre 40 a 60 anos de idade, 36,4% e acima de 60 anos. A Figura 41 mostra a divisão dos entrevistados.

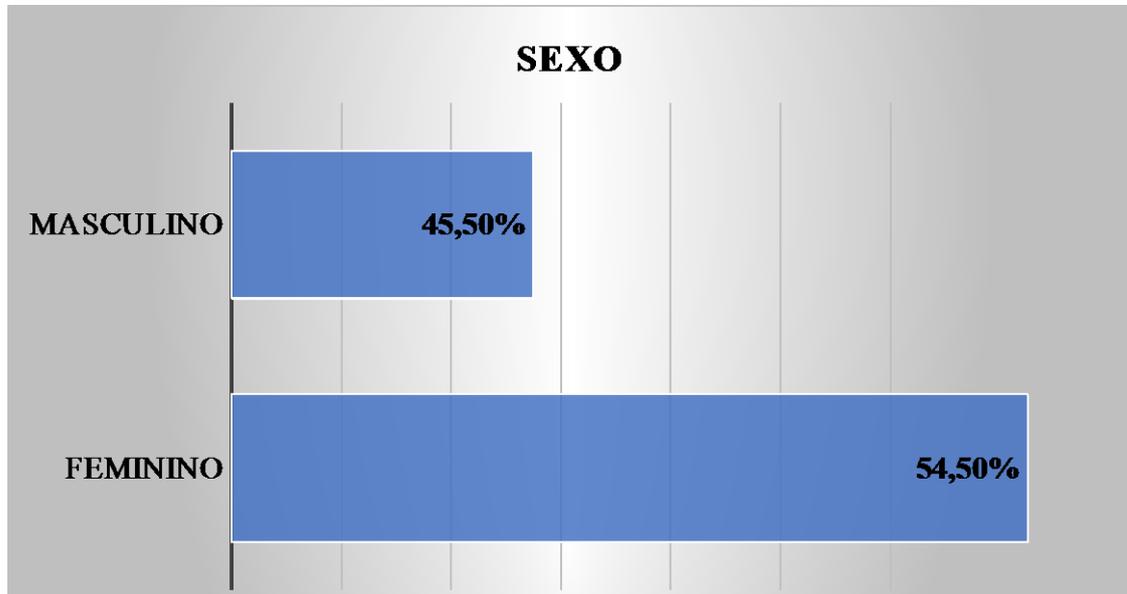
**Figura 41** - Faixa etária dos entrevistados



Fonte: Elaborado pela autora (2021)

Em relação ao sexo dos entrevistados: 54,5% deles são do Sexo feminino e 45,5% do Sexo masculino (Figura 42).

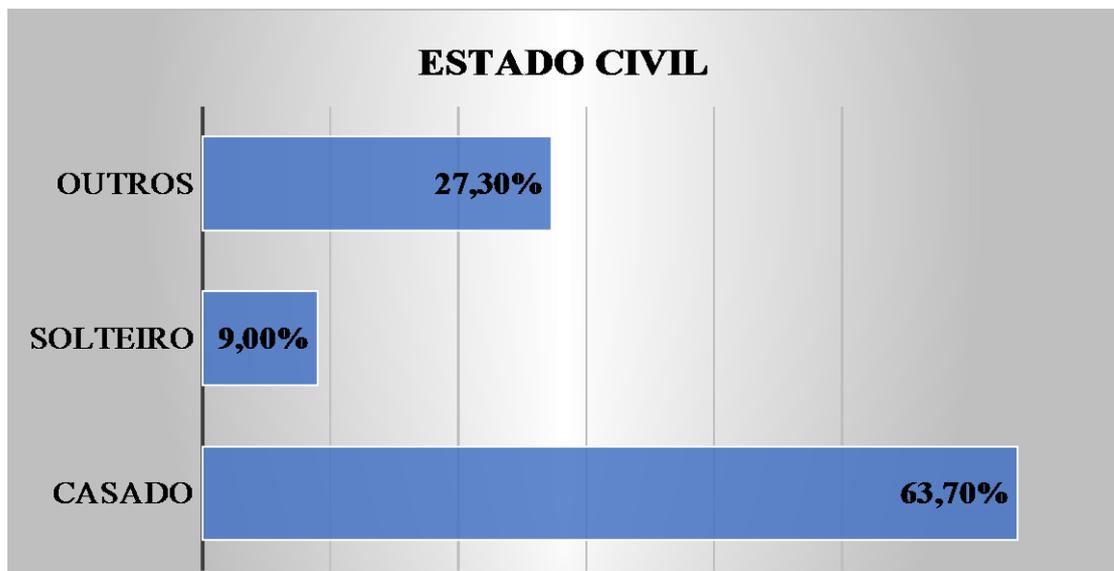
**Figura 42** - Sexo dos entrevistados



**Fonte:** Elaborado pela autora (2021)

Em alusão ao estado civil dos entrevistados: 63,7% alegaram serem casados, 9 % solteiro e 27,3% responderam outros (Figura 43).

**Figura 43** - Estado civil dos entrevistados

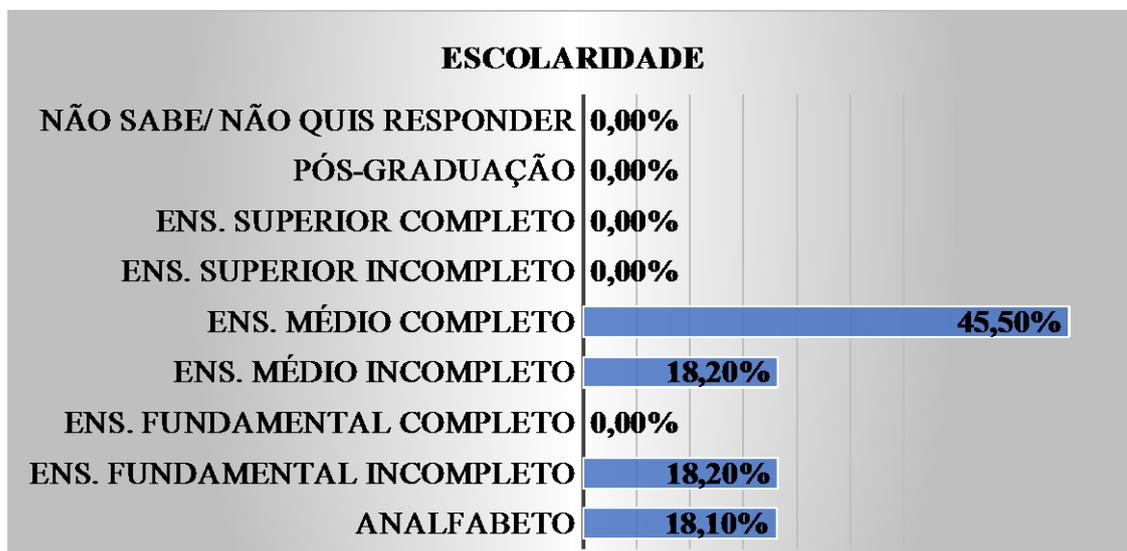


**Fonte:** Elaborado pela autora (2021)

A respeito do nível de escolaridade dos residentes: 18,10% não sabem ler e nem escrever, 18,2% não concluíram o ensino fundamental, semelhantemente 18,2% não concluíram o ensino médio e 45,5 % concluíram o ensino médio. Não houve nenhum

entrevistado que estivesse ingressado ou concluído alguma graduação. Portanto, percebe-se o baixo nível de escolaridade da comunidade (Figura 44).

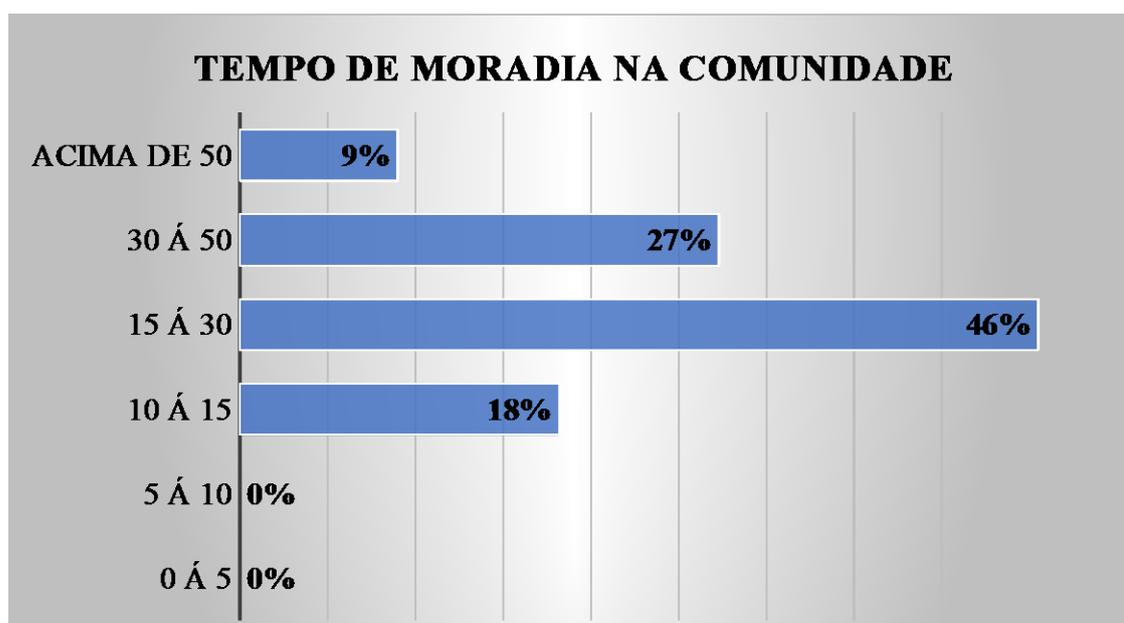
**Figura 44** - Relação do nível de escolaridade dos entrevistados



Fonte: Elaborado pela autora (2021)

Na pergunta em direção ao tempo de moradia: constatou-se variação de 10 anos para cima, representando 18,2 %, entre 10 a 15 anos de moradia com 45,5%, entre 15 a 30 anos de 27,3% entre 30 a 50 na-os e 9% acima de 50 de moradia (Figura 45).

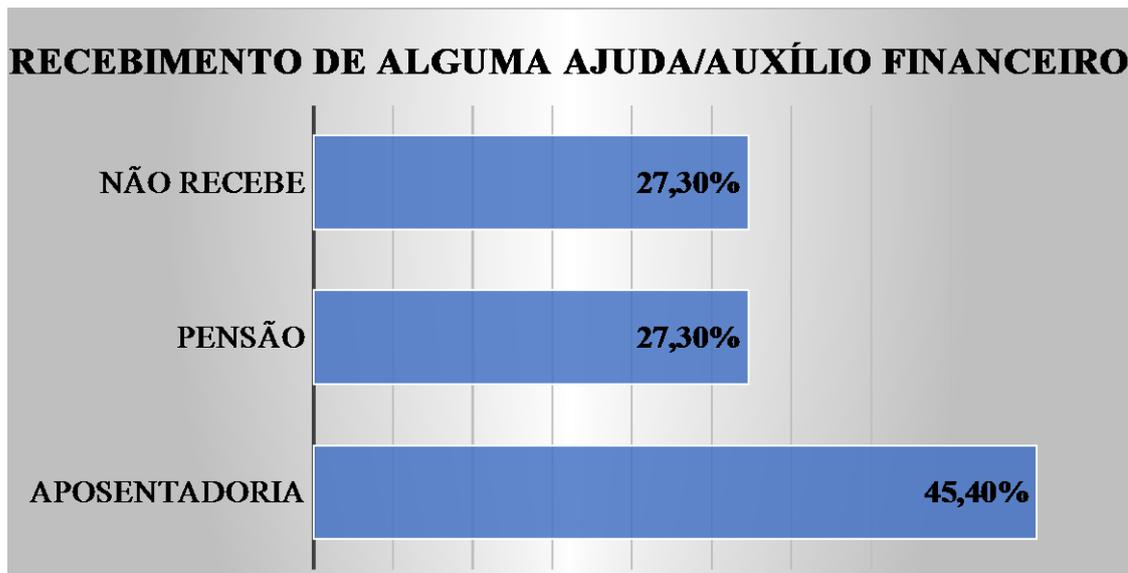
**Figura 45** - Anos em tempos de moradia dos entrevistados



Fonte: Elaborado pela autora (2021)

Alguns moradores da comunidade recebem benefícios do governo: 45,40% advém de aposentadoria; 27,3% recebem pensão como auxílio por morte na família ou auxílio doença. 27,30% não recebem nenhum tipo de benefício/auxílio como da pesca ou bolsa família (Figura 46).

**Figura 46** - Recebimento de alguma ajuda ou auxílio financeiros dos entrevistados



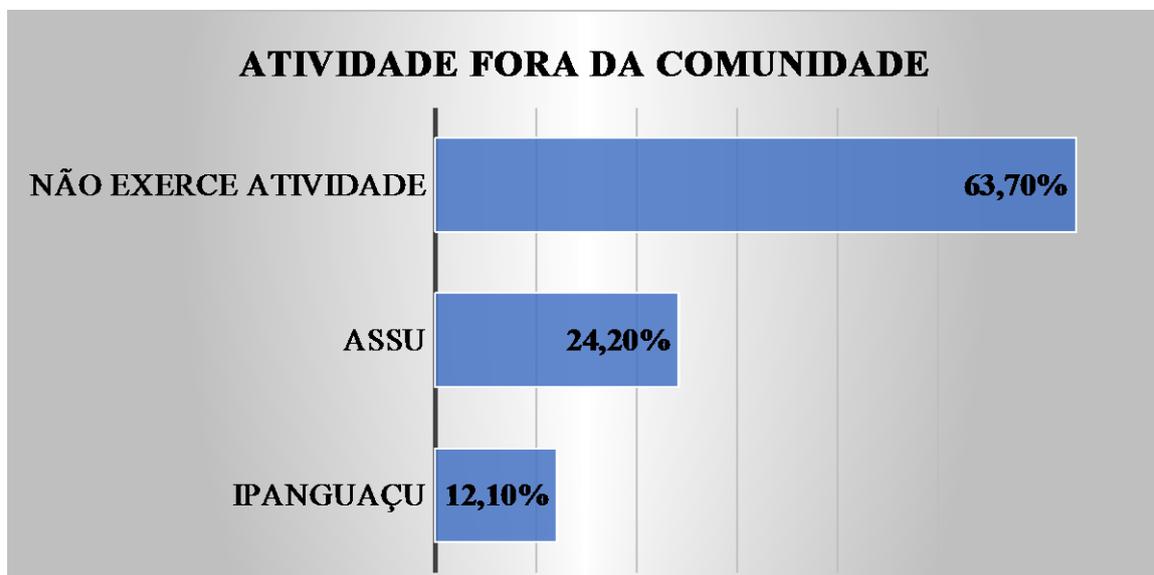
**Fonte:** Elaborado pela autora (2021)

Quanto as atividades econômicas mais empregadas na obtiveram-se os seguintes resultados: Agricultura familiar com 35%, 20% na pesca e 25% responderam que são assalariados, enquanto 10% exercem outras atividades e 10% dos entrevistados não tem nenhuma atividade remunerada. Das 11 entrevistas aplicadas, para essa questão foram alcançadas 20 respostas, onde os respondentes indicaram que executam mais de uma atividade na comunidade. Nenhum pesquisado quis responder quanto ao valor total da renda família, com medo de perder benefícios do governo (Figura 47).

**Figura 47** - Registro das atividades econômicas executadas na comunidade

Fonte: Elaborado pela autora (2021)

Quando houve o momento de investigar se os entrevistados buscam outras localidades para executar atividades, há a seguinte situação: os 11 entrevistados apontaram os referidos lugares: Ipanguaçu em 12,1%; Assu para 24,20% e 63,7% não exercem atividade fora da comunidade (Figura 48). Nesse caso, são cidades pertencentes geograficamente a bacia hidrográfica estudada. Na região do vale do Assu há várias empresas de pescados e fruticultura irrigada.

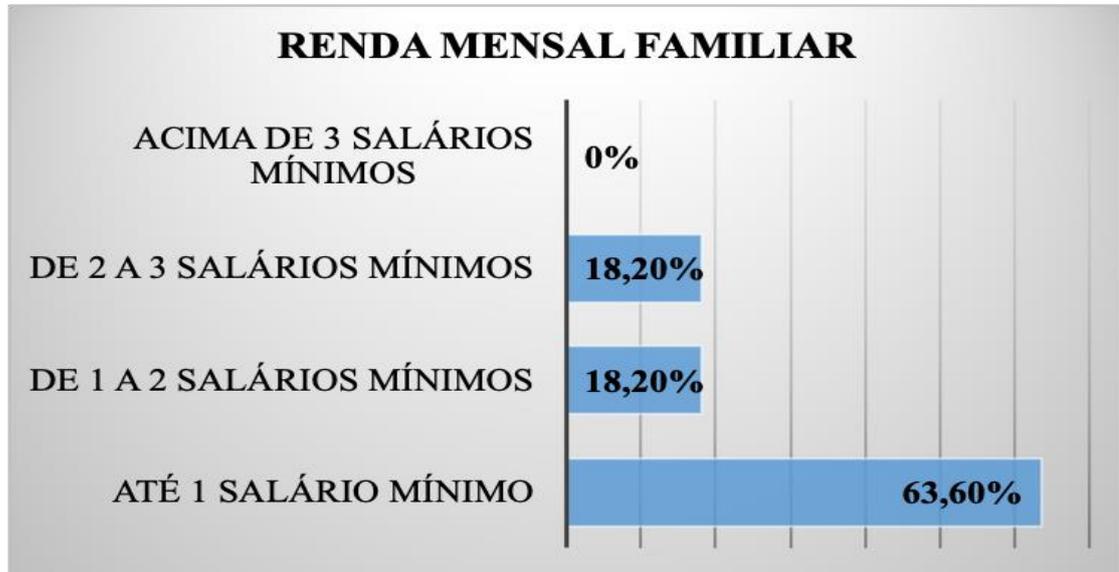
**Figura 48** - Registro das atividades econômicas executadas na comunidade

Fonte: Elaborado pela autora (2021)

A renda mensal das famílias foram: até um salário-mínimo 63,6% de 1 a 2 salários-mínimos: 18,2% de 2 a 3 salários-mínimos: 18,2%. Não foi registrado nenhum familiar com renda acima de 3 salários-mínimos. Entende-se que a renda família é a soma dos

ganhos, sendo os benéficos mais o rendimento do trabalho de todos os membros da família (Figura 49).

**Figura 49** - Renda mensal familiar dos entrevistados

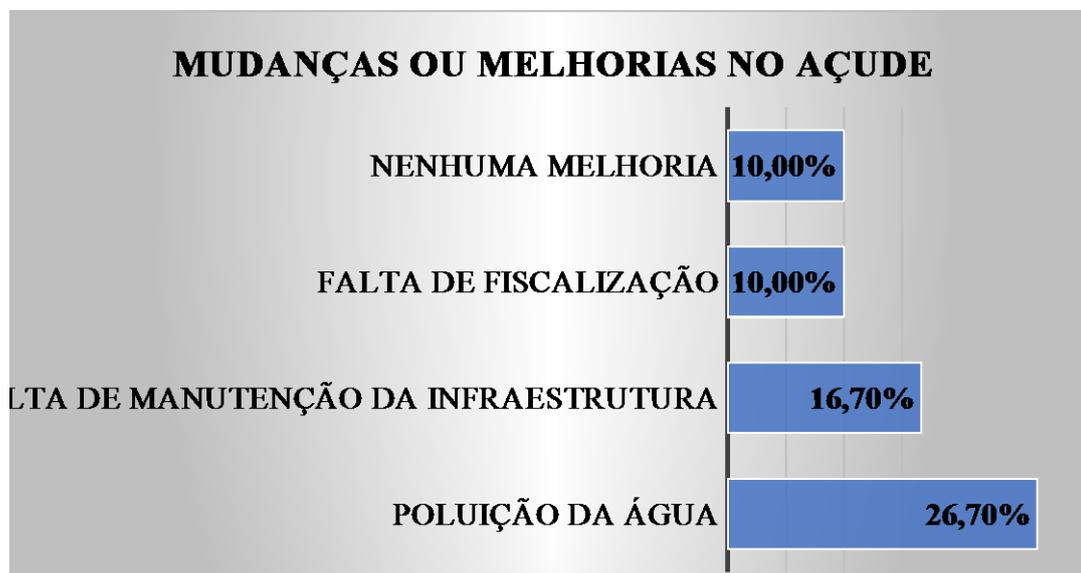


**Fonte:** Elaborado pela autora (2021)

#### 4.4.2.1 Aspectos ambientais da comunidade de São Miguel

Quanto as mudanças e melhorias observadas ao longo do tempo no açude pelos moradores, dos 11 entrevistados, para esta pergunta, houve o acúmulo de mais de uma resposta, no que diz respeito, a identificação de mudanças e melhorias. Das quatro mais citadas, foram: Poluição da água em 26,7%, Falta de manutenção da infraestrutura com 16,7%, Falta de fiscalização para 10%, nenhuma melhoria 10%; totalizando um total de 63,4%. Salienta-se que os restantes 36,6% estão distribuídos em outras respostas dos entrevistados, tais, como, assoreamento, ação antrópica, fim da seca, construções irregulares e poluidoras as margens, falta de tratamento, entre outras. Conforme a Figura 50 que consta a distribuição dos resultados.

**Figura 50** - Relato da identificação das mudanças ou melhorias no reservatório da Comunidade



Fonte: Elaborado pela autora (2021)

Quando indagados se participam das decisões para o desenvolvimento da comunidade: 100% disseram que não participam de nenhum processo decisório, fato este, um motivo de preocupação pois a parte mais interessada que são pessoas ficam de fora desse percurso (Figura 51)

**Figura 51** - Participação nas decisões comunitárias



Fonte: Elaborado pela autora (2021)

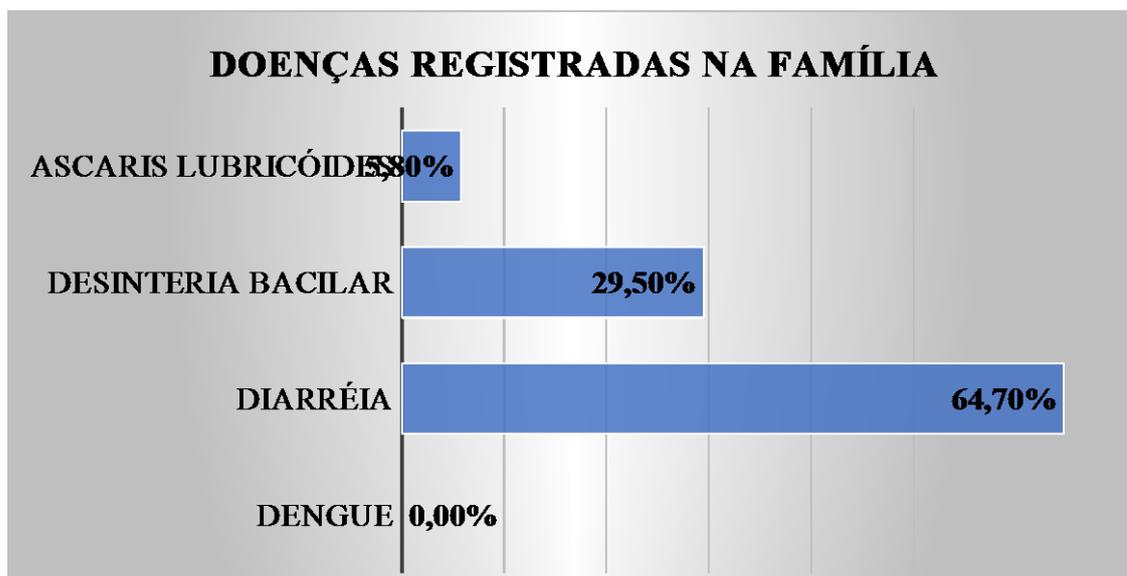
Também houve unanimidade quanto as respostas dos serviços básicos existentes na comunidade: 100% refletem que sim, ou seja, há existência de água encanada, esgoto, foça séptica, posto de saúde e coleta domiciliar (Figura 52)

**Figura 52** - Disposição de serviços básicos na comunidade



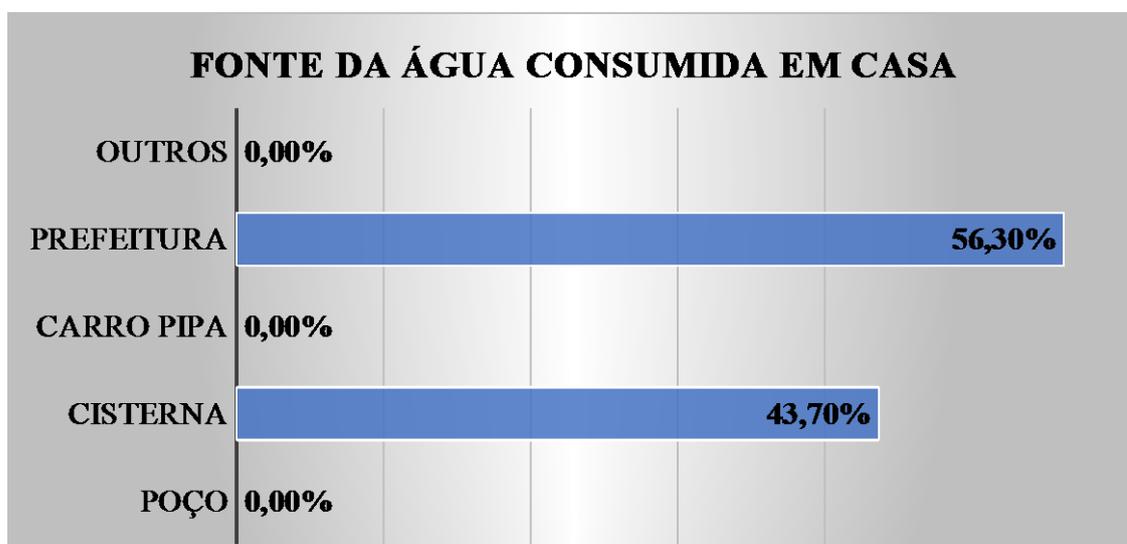
**Fonte:** Elaborado pela autora (2021).

Quando interrogados sobre possível existência de doenças apresentadas nos membros da família, que estejam relacionadas com águas contaminadas, sejam elas por ingerir ou manuseio, dos 11 entrevistados, houve registros de 17 respostas para as doenças já apresentadas: Diarreia com 64,7%, Disenteria Bacilar em 29,5%, Hepatite A em 2,5%, *Ascaris lumbricoides*: 5,8%. Nenhuma resposta para dengue e cólera. Observa-se que o número para diarreia e disenteria bacilar foram muito altas, assim como na comunidade do pataxó. Das 11 entrevistas aplicadas para essa questão foram alcançadas mais de uma resposta (Figura 53).

**Figura 53** - Doenças características registradas nas famílias da comunidade

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Dando sequência as perguntas aos entrevistados, indagou-se a eles sobre a fonte da água consumida em casa, dos 11 entrevistados, houve o registro de 16 respostas, alguns moradores utilizam mais de uma fonte para consumo: Com cisterna- 43,7% e Prefeitura: 56,3%. Não existem poços na comunidade e não houve registro para carros pipas. Alguns moradores utilizam mais de uma fonte para consumo. As cisternas são do antigo projeto do governo federal, eles a utilizam para armazenar água. A fonte mais utilizada foi a mencionada anteriormente, através de motor-bomba diretamente do reservatório de responsabilidade da prefeitura (Figura 54).

**Figura 54** - Fontes da água consumida nas residências da comunidade

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Quando questionados sobre de que forma tratavam a água que consomem para beber, dos 11 entrevistados, houve o alcance de 12 respostas diante de possíveis tratamentos realizados no domicílio 33,4% afirmaram consumir água engarrafada e 66,60% reaproveitam a água da chuva (armazenada e consumida em período chuvoso) (Figura 55). Nenhum dos moradores apontara fazer o tratamento da água tais como: Filtragem, fervida ou de outras formas. Porém, sabe-se que isso é muito importante para evitar o desenvolvimento de possíveis doenças, frente a fragilidade da distribuição de água cem por cento segura distribuída por governantes.

**Figura 55** - Formas empregadas no domicílio para tratar água antes do consumo doméstico



Fonte: Elaborado pela autora (2021).

A sociedade é responsável direta ou indiretamente por muitas das alterações existentes no meio ambiente em que vivem. As regiões cuja existência de rios é predominantemente forte, sendo que, essas mudanças tendem a causar impactos cada vez mais significativos. Ambas as comunidades pesquisadas indicam que necessitam de melhorias do ponto de vista socioeconômico e um fato que causa notória preocupação está eles mesmos identificarem que o reservatório de Pataxó já apresenta a presença de uma série de impactos e eles já não identificam melhorias no recurso. Outras perspectivas que necessita ser citada está em que a grande maioria dos entrevistados não participam das principais tomadas de decisão nas comunidades, fato este, que impossibilitam com as sugestões e necessidades sejam repassadas aos gestores locais.

Um debate é necessário ser colocado: a forma como o indivíduo percebe a natureza pode influenciar positivamente ou negativamente suas ações. A percepção ambiental provém do conhecimento obtido através de suas culturas, dos grupos socioeconômicos, das

desigualdades e realidades que influenciam diretamente a forma como a natureza é percebida pelo homem (SILVA *et al.*, 2019).

De acordo com as entrevistas é possível observar que ambas as comunidades possuem relação direta com o reservatório, contudo, essa ligação ainda precisa ser ajustada através de novas políticas públicas governamentais para que justamente possam ser fortalecidas e que todos compreendam a importância ambiental e social que ele tem a contribuir. Em relação as condicionantes socioeconômicas identificadas observam-se que a grande maioria dos questionados fazem parte de um grupo familiar que carece de muitos pontos, onde grande parte as pessoas acabam tendo que se descolar para outras cidades e áreas vizinhas em busca de melhores condições de vida e quando isso não é possível acabam tendo que buscar maneiras de sobreviver utilizando os próprios recursos ambientais existentes dentro das comunidades.

## 5 CONCLUSÃO

- Concluiu que a temperatura, pH, turbidez, nitrato, fósforo total, sólidos totais e coliformes totais estão em conformidades necessárias com os limites máximos exigidos pela resolução do CONAMA para a água doce classe II. Os parâmetros de qualidade da água monitorados apresentaram, em sua grande maioria para conformidade com o que é determinado pela Resolução CONAMA nº 357/2005, de classe II, pode-se destacar inconformidades que não são pontuais para o Oxigênio Dissolvido-OD e Demanda Bioquímica de Oxigênio-DBO. Dos Metais pesados, o único identificado foi o Níquel com valores acima do permitido.
- Com base nas análises microbiológicas realizadas neste trabalho, os resultados demonstraram que a água do reservatório se encontra dentro dos padrões de potabilidade para consumo humano, estabelecidos pela Portaria vigente nº 2914/11 do MS, uma vez que, é considerada água potável quando se tem ausência de coliformes totais e termotolerantes em 100 ml de amostras. O fato de não ter sido encontrado presença de microrganismos na água do reservatório, não descarta a necessidade de um monitoramento contínuo por meio de análises laboratoriais que comprovam sua qualidade, garantindo a segurança da saúde da população em torno do reservatório.
- Notou-se que o rio Pataxó atendeu em praticamente todos os parâmetros físico-químicos e biológicos investigados, quando comparados com a resolução CONAMA nº 357/2005.

Como o marco temporal abrangeu o período chuvoso e de estiagem na região, tal condição também foi observada, porém, conclui-se que apenas no período chuvoso é que houve uma pequena oscilação, mesmo assim atendeu ao exigido.

- Foi possível concluir com o estudo que o monitoramento de qualidade dos mananciais superficiais situados principalmente em regiões de rigorosa semiaridez, devem ser cada vez mais necessárias e constantes, abrangendo assim em todos os períodos da sazonalidade climática, por exemplo.
- O índice de qualidade das águas-IQA apresentou valores otimistas que resultaram em condições entre ÓTIMO e BOM.
- Foi possível concluir com o levantamento acerca do perfil socioeconômico e ambiental das comunidades de Pataxó e São Miguel, que houve uma participação satisfatória dos entrevistados, principalmente, por não se oporem em deixar de responder nenhuma pergunta.
- Identificou-se muitas mudanças que ainda precisam ser melhoradas, tais como, maiores participações nas decisões comunitárias, adoção de estratégias para melhorar a qualidade das águas dos reservatórios, intensificar o acompanhamento familiar no tocante a acompanhar a qualidade da água de consumo humano existente nas comunidades, programas relacionados com as questões econômicas também precisam ser inseridos para beneficiar as pessoas.

## REFERÊNCIAS

- ALVARES, Clayton Alcarde *et al.* Koppen's Climate Classification Map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**. [s.l]. [s.n], p. 711-728. dez. 2013.
- ANA - Agência nacional de águas. Panorama da Qualidade das Águas Superficiais do Brasil. **Cadernos de recursos hídricos**. Brasília, DF - v. 1, 2005.
- ANA - Agência nacional de águas. **Geo Brasil: Recursos Hídricos – Resumo Executivo**: Componente da Série de Relatórios sobre o Estado e Perspectivas do Meio Ambiente no Brasil. 2007.
- ANA - Agência nacional de águas. **Índice de qualidades das águas. Portal da qualidade das águas**. Brasil, 2009.
- ANA - Agência nacional de águas. **Caderno de Recursos Hídricos**. Panorama da qualidade das águas subterrâneas no Brasil. Brasília, 2010, 124p.
- ANA - Agência nacional de águas. **Atlas Brasil**: abastecimento urbano de água. Brasília: ANA, 2010<sup>a</sup>
- ANA - Agência nacional de águas. **Panorama da qualidade das águas superficiais do Brasil**. Brasília: ANA, 2012b. 264p.: il.
- ANA - Agência nacional de águas. Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Piranhas-Açu. **Estudo Hidrológico da Bacia e Disponibilidade Hídrica (qualidade e quantidade)**. Relatório Parcial (RP-02). Brasília: ANA, 2012a.293p.: il.
- ANA - Agência nacional de águas. **Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do rio Piranhas-Açu (Relatório)**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, Agência Nacional de Águas, 2014.
- ANA - Agência nacional de águas. **Plano de recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio Piancó-Piranhas-Açu**. Brasília: Agência Nacional de Águas, 2016.
- ANA - Agência Nacional das Águas. **Geo Brasil: Recursos Hídricos – Resumo Executivo**: Componente da Série de Relatórios sobre o Estado e Perspectivas do Meio Ambiente no Brasil. 2007. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br> Acesso em: 08 Abril de 2020.
- ANA - Agência nacional de águas. **Resolução Conjunta ANA/IGARN nº 1.202/2015**. Estabelece regras de restrição de uso da água para as captações localizadas no Açude Armando Ribeiro Gonçalves, no Rio Açu, no Açude Pataxó, no Canal do Pataxó e no Rio Pataxó.
- ANJINHO, P.S.; NEVES, G.L.; BARBOSA, M.A.G.A.; MAUAD, F.F. Análise da qualidade das águas e do estado trófico de cursos hídricos afluentes ao reservatório do Lobo, Itirapina, São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.13, n.0, p.364-376, 2020.

APHA - Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 23ª Edição 2017. 9-224p.

ARAÚJO, A. B.; SALES, J. C.; FONTENELLE, R. O. S.; ALVES, F. R. L.; AGUIAR, F. L. L. Qualidade microbiológica e avaliação do estado trófico de amostras de água do açude Forquilha – CE. **Enciclopédia Biosfera**, Centro científico conhecer, Goiânia, v. 10, n. 18, p. 3368, 2014.

ARAÚJO, Cristina de Sousa Felizola; SOUSA, Antonio Nóbrega de. Estudo do processo de desertificação na caatinga: uma proposta de educação ambiental. **Revista Ciência & Educação**, v. 17, n. 4, p. 975-986, 2011.

ARAÚJO, I. M. M. de; NASCIEMENTO, M. M. B; OLIVEIRA, A. G. R da C. Recursos hídricos e saúde humana: impactos industriais e estratégias de manejo e proteção ambiental no município de Goiana/PE. **Revista Internacional Interdisciplinar Interthesis**. V.13, n 3, set/dez, 2016.

ARAÚJO, N. H. de L. *et al.* Impactos ambientais dentro da microbacia do rio jacu: um estudo de caso da área em torno do rio principal –jacu, no município de Goianinha-RN. **Revista da Casa da Geografia de Sobral**, Sobral/CE, v. 21, n. 2, Dossiê: Estudos da Geografia Física do Nordeste brasileiro, p. 1070-1090, set. 2019.

ASSUNÇÃO, F. N. A.; BURSZTYN, M. A. A. **Conflitos pelo uso dos recursos hídricos in Conflitos e uso sustentável dos recursos naturais**. Org. por THEODORO, S. H., Garamond/CDS, Rio de Janeiro, 2001.

BAIRD, Colin; CANN, Michael. **Química Ambiental**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011  
BARBOSA, J.E. L; MEDEIROS, E.S. F; BRASIL; CORDEIRO, R. DA S; CRISPIM, M.C. B; G.H.G. DA SILVA. *Aquatic syste.H.Gms in semi-arid Brazil: limnology and management. Acta Limnol. Bras. vol.24 no.1 Rio Claro Jan./Mar. 2012. Epub Sep 04, 2012.*

BATISTA, D.F.B.; CABRAL, J.B.P.C. Modelos matemáticos para avaliação do índice de qualidade de água. **Revista ACTA Geográfica**, Boa Vista, v.11, n.25, pp. 111-136, 2017.

BATISTA, J. L. O.; SANTOS, R. L. Análise da dinâmica do uso e ocupação da terra em pequenos municípios baianos do semi-árido brasileiro: o caso de Teofilândia 1. **Revista de Geografia Norte Grande**, v. 49, p. 139–155, 2011.

BECKER, H. **Controle analítico de águas**. Versão 4. Universidade Federal do Ceará. 2010.

BELTRAME, A. V. **Diagnóstico do meio ambiente físico de bacias hidrográficas**: modelo de aplicação. Florianópolis: UFSC, 1994. 112 p.

BEZERRA, R.B. **Variabilidade espacial do balanço hídrico climatológico da região Norte do Brasil**. Dissertação (Mestrado), Curso de Meteorologia. Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2004.

BOTALOVA, O.; SCHWARZBAUER, J. **Geochemical characterization of organic pollutants in effluents discharged from various industrial sources to riverine systems.** Water, air e soil pollution. P.1-22, 2011.

BRAGA, G. G. *et al.* Influence of extended drought on water quality in tropical reservoirs in a semiarid region. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 27, n. 1, p. 15–23, mar. 2015.

BRASIL, Fundação Nacional de Saúde. Manual prático de análise de água. Fundação Nacional de Saúde, 4. ed. Brasília: Funasa, 150 p, 2013.

BRAGA, E.A.S.; AQUINO, M.D.; ROCHA, C.M.S.; MENDES, L.S.A.S.; SALGUEIRO, A.R.G.N.L. Classificação da água subterrânea com base nos sólidos totais dissolvidos estimado. **Águas Subterrâneas**. Seção Estudos de caso e Notas Técnicas, 2021.

BRASIL, Lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. **Diário Oficial da União**. 9 de jan. 1997.

BRASIL, Lei 6.938 de 31 de agosto de 1981. Disponível em: <http://www.sigam.ambiente.sp.gov.br> Acesso em: 16 de abril de 2020.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio). **Ciranda das Águas**. Brasília, 2011.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. [CONAMA]. **Resolução nº 1/86**, art. 1º. 1986. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. [CONAMA] **Resolução nº 420, 28 de dezembro de 2009**. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. [CONAMA] **Resolução nº 430, de maio de 2011**. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. [CONAMA] **Resolução nº 454, 01 de novembro de 2012**. Estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos referenciais para o gerenciamento do material a ser dragado em águas sob jurisdição nacional.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. [CONAMA] **Resolução nº. 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília, **Diário Oficial [da] União**, n. 53, 18 mar. 2005, p. 58-63.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Portaria nº 518**, de 25 de março de 2004. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água

para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 2004

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Portaria n° 2.914**, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 14 dez. 2011. Seção 1, p. 39-42.

BRASIL. Ministério da Saúde. Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano. Brasília: Ministério da Saúde, 2006.

BRIGANTE, J.; ESPÍNDOLA, E. L. G. Limnologia fluvial: um estudo no rio Mogiguaçu. São Carlos: **Revista RIMA**, 278 p, 2003.

CALIJURI, M. C; BUBEL, A. P. M. Conceituação de microbacias. In: LIMA, W. de P; ZAKIA, M. J. B. (Org). As florestas plantadas e a água: hidrográfica como unidade de planejamento. São Carlos: **Revista RIMA**, 2006. p. 226.

CAMBARDELLA, C. A.; MOORMAN, T. B.; NOVAK, J. M.; PARKIN, T. B.; KARLEN, D. L.; TURCO, R. F.; KONOPKA, A. E. Field scale variability of soil properties in central Iowa soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.58, n.5, p.1501-1511, 1994.

CAMPANHA, M. B; *et al.* Variabilidade espacial e temporal de parâmetros físico-químicos nos rios Turvo, Preto e Grande no Estado de São Paulo, Brasil. **Revista Química Nova**, v. 33, n. 9.p. 1831-1836, 2010.

CAMPANHA, Mônica Matoso; ARAÚJO, Francisca Soares de. **Árvores e arbustos do sistema agrossilvipastoril Caprinos e Ovinos, CE**. Sobral: Embrapa Caprinos e Ovinos, 2010.

CARMO FILHO, F.; ESPINOLA SOBRINHO, J.; MAIA NETO, J. M. Dados meteorológicos de Mossoró (janeiro de 1988 a dezembro de 1990). Mossoró, ESAM, **Coleção Mossoroenses**, série C, V. 639, v. 2. 1991.

CARVALHO, A. R.; SCHLITTLER, F. H. M.; TORNISIELO, V. L. Relações da atividade agropecuária com parâmetros físico-químicos da água. **Revista Química Nova**, v.23, n.5, p.618-622, 2000.

CARVALHO, A.W.; SILVA, E. Utilização de sistemas de informação geográfica para mapeamento de áreas de preservação permanente – microbacia rio Peterstrasse, Brusque/SC. **Anais do SNPDP**. Volume 2, Número 2. Florianópolis: Programa de Pós-Graduação em Planejamento e Governança Pública – PPGPGP, 2014.

CARVALHO, I. C. M. **Educação ambiental: a formação do sujeito ecológico**. 1ª.ed. São Paulo: Cortez, 2004. 98 p.

CARVALHO, O.; RODRIGUES, F. do. Recursos Hídricos e Desenvolvimento Sustentável (escala de necessidades humanas e manejo ambiental). **GEographya, Revista da Pós-Graduação da UFF**. p. 111-126. Niterói: RJ, 2004.

CETESB - Companhia de tecnologia de saneamento ambiental, São Paulo. **Variáveis de qualidade de água**. São Paulo, 2009. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/aguas-superficiais/35-publicacoes/-relatorios> acesso em: 22 abril. 2020.

CETESB, **Companhia de tecnologia de saneamento ambiental, São Paulo (2012). Relatório da qualidade das águas interiores do estado de São Paulo 2012/CETESB**. São Paulo: CETESB. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/aguas-superficiais/35-publicacoes/-relatorios>. Acesso em: 20 abril. 2020.

CHAYM, C.D.; BARROSO, W.D.M.A.; MELO, J.M.G.N.; BENAYON, P.A.; MOREIRA, A.F. Produção de Conhecimento em Ciência, Tecnologia & Inovação: uma avaliação dos doutores formados pela Rede Nordeste de Biotecnologia. **Revista Gestão em Análise**, v. 7, n. 2, 2018. <http://dx.doi.org/10.12662/2359-618xregea.v7i2.p133-150.2018>

CHRISTOFOLETTI, A. Análise morfométrica das bacias hidrográficas. *Notícia Geomorfologia*, v.18, n.9, p.35-64,1969.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2.ed. São Paulo: Edgar Blüsher, 1980.  
CLARK, I.; HARPER, W. **Practical Geostatistics 2000**, Ecosse North America Llc, USA, 342, 2000.

COELHO, I. C.L; *et al.* Análise do abastecimento de água e sua relação com indicadores sociais e de saúde: um estudo de caso no agreste pernambucano. **Congresso ABES FENASAN**. P. 1-9, 2017. Disponível em: <https://www.tratamentodeagua.com.br/wp-content/uploads/2017/11/I-216.pdf>. Acesso em: 27 set. 2020

COELHO, V. H. R. *et al.* Dinâmica do uso e ocupação do solo em uma bacia hidrográfica do semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 1, p. 64–72, 2013.

COSTA, D; KEMPKA, A; SKORONSKI, E. A Contaminação de Mananciais de Abastecimento pelo Nitrato: O Panorama do Problema no E, suas Consequências e as Soluções Potenciais. **Rede – Revista Eletrônica do PRODEMA**, Fortaleza, v. 10, n. 2, p. 49-61, jul. 2016.

COTTA, R.M.M; BATISTA, K.C.S; REIS, R.S; DE SOUZA, G.A; DIAS, G; DE CASTRO, F.A.F; ALFENAS, R.C.G. Perfil sócio sanitário e estilo de vida de hipertensos e/ou diabéticos, usuários do Programa de Saúde da Família no município de Teixeira, MG. **Revista Ciênc. Saúde coletiva**; 14(4): 1251-1260, 2009.

COUTINHO, M.L.; CECÍLIO, R.A.; XAVIER, A.C.; ZANETTI, S.S.; GARCIA, G.O. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio da Prata, Castelo, ES. **Revista Irriga**, Botucatu, v.16, n.4, p.369-381, 2011

CRUZ, P.; REIS, L.; BARROS, A.; NEVES, J.; CAMARA, F. Estudo comparativo da qualidade físico-química da água no período chuvoso e seco na confluência dos rios Poti e Parnaíba em Teresina/PI. In: Congresso de pesquisa e inovação da rede norte nordeste de educação tecnológica, 2., 2007, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: CONNEPI, 2007.

DEUS, RAFAEL MATTOS; BAKONYI, SONIA MARIA CIPRIANO DE. O IMPACTO DA AGRICULTURA SOBRE O MEIO AMBIENTE. **Rev. Elet. Em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**. V (7), nº 7, p. 1306-1315, MAR-AGO, 2012

DNOCS. Departamento Nacional Contra a Seca. **Açude Pataxó**. 2019. Disponível em: <https://www.dnocs.gov.br>. Acesso em: 10 maio. 2020.

DNOCS. **Departamento Nacional de Obras Contra a Seca**. Disponível em: [http://www.dnocs.gov.br/~dnocs/doc/canais/perimetros\\_irrigados/rn/baixo\\_acu.htm](http://www.dnocs.gov.br/~dnocs/doc/canais/perimetros_irrigados/rn/baixo_acu.htm). Acesso em: 03 de novembro de 2019.

DUPASA, R.; DELMASC, M.; DORIOZD, J. M.; GARNIERE, J.; MOATARF, F.; GASCUEL-ODOUXA, C. (2015). **Assessing the impact of agricultural pressures on N and P loads and eutrophication risk Ecological Indicators**, v. 48, p. 396-407.

ELLIS, E. C.; RAMANKUTTY, N. Putting people in the map: anthropogenic biomes of the world. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 6, n. 8, p. 439-447, 2008.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa em Aves e Suínos. **Manejo de dejetos de suínos**. Concórdia, 1998. 31p. (Boletim Informativo de Pesquisa, 11)

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3. ed. Brasília. 2013. 353 p

EMPARN. **Monitoramento Pluviométrico do RN**. Disponível em: <http://187.61.173.26/monitoramento/>. Acesso em: 3 novembro. 2017.

EMPARN, Empresa de Pesquisa Agropecuária do RN - EMPARN Gerência de Meteorologia. **Climatologia Rio Grande do Norte 2019**. Disponível em: [http://189.124.201.150/climaRN/medias\\_historicas\\_municipios\\_RN.htm](http://189.124.201.150/climaRN/medias_historicas_municipios_RN.htm), acesso em: 15 de outubro de 2019.

EMPARN. **Monitoramento Pluviométrico do RN**. Disponível em: <http://www.emparn.rn.gov.br>. Acesso em: 10, dezembro de 2020.

ESTEVEES, F. A. **Fundamentos da limnologia**. Rio de Janeiro. Editora Inter ciência. FINEP. 3a. Edição 826p. 2011.

ESTEVEES, R.A., & ROCHA, J.R.S.L. Monitoramento imunológico do rio São Francisco–RJ como ferramenta de gestão ambiental para as empresas que o utilizam como fonte de recursos hídricos. **Electronic Journal of Management, Education and Environmental Technology (REGET)**, v. 19, n. 2, p. 392-401, 2015

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Towards a water and food secure future: critical perspectives for policy-makers**. Rome: FAO, 2015. 76p

FOGAÇA, T. K; CUBAS, M. G; TAVEIRA, B. D. de A. **Conservação dos recursos naturais e sustentabilidade: um enfoque geográfico**. Curitiba: editora Intersaberes, 2017.

FONSECA, J. V.B. **Avaliação do uso e ocupação do solo na área de preservação permanente do açude Pataxó/RN**. Trabalho de conclusão em engenharia ambiental. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, RN 2019.

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 Debate**, Rio de Janeiro, v. 43, n. especial 3, p. 20-34, dez 2019.

FREITAS, F. W. S; GUEDES, J. A.; COSTA, F. R. Qualidade ambiental do reservatório passagem, Alto Oeste Potiguar. **Revista Geotemas**. Pau dos Ferros, v.5, n.2, p.31-41, jul./dez. 2015.

FREITAS, Janierk Pereira *et al.* **Gestão de recursos hídricos na bacia hidrográfica do Rio Piranhas-açu no Estado da Paraíba**. 2012.

GARCIA, K. C. **Avaliação de Impactos Ambientais**. Editora Intersaberes, Curitiba, p.256, 2014.

GOMES, F.B.M. **Análise da qualidade ambiental do rio Acaraú no espaço intraurbano da cidade de Sobral-CE: efeitos, consequências e desafios**. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Estadual Vale do Acaraú, Sobral-CE, 2017.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário 2006**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro: IBGE, 2006

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2010: Resultado**. Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/resultados.html> Acesso em: abril de 2020.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Pecuária Municipal 2011**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro: IBGE, 2011

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. 2. ed. Rio de Janeiro. 2012. 271 p.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística **Manual Técnico de Pedologia**. 3. ed. Rio de Janeiro. 2012. 425 p.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Informações Ambientais**. 2018. Disponível em: <ftp://geoftp.ibge.gov.br> Acesso em: 10 maio. 2020.

JONG, J.; ROOY, P. T. J. C.; HOSPER, S. H. **Living with water: at the crossroads of change**. Water Science Technology. The Netherlands: Institute for Inland Water Management and Waste Water Treatment, v. 8, p. 393-400, 1995.

JORDÃO, E.P.; PESSOA, C.A. **Tratamento de esgotos domésticos**. 6. ed. Rio de Janeiro: Ed. ABES. 1050p, 2011.

LAROCHE, E.; PETIT, F.; FOURNIER, M.; PAWLAK, B. Transport of antibiotic-resistant Escherichiacoli in a public rural karst water supply. **Journal of Hydrology**, v. 392, p.12-21, 2010.

LEONETI, A. B; PRADO, E. L. do; OLIVEIRA, S. V. W. B. Saneamento básico no Brasil: considerações sobre investimentos e sustentabilidade para o século XXI. **Revista de Administração Pública**, Rio de Janeiro, 45(2):331-48, mar./abr. 2011.

LIMA, M. J. **Avaliação de metais e elementos-traço em águas e sedimentos das bacias hidrográficas dos rios Mogi-Guaçu e Prado, São Paulo**. Dissertação (Mestrado em Química). Comissão nacional de energia nuclear instituto de pesquisas energéticas e nucleares – IPEN. São Paulo, 210 p. 2001.

LIMA, Y. K DE SOUZA; ALENCAR, J. G de. Percepção ambiental sobre o reservatório de Pataxó (Ipanguaçu/RN) **Revista Presença Geográfica**, vol. 07, núm. 01, Fundação Universidade Federal de Rondônia,2020.

LORENZON, A.S.; FRAGA, M.S.; MOREIRA, A.R.; ULIANA, E.M.; SILVA, D.D.D.; RIBEIRO, C.A.A.S.; BORGES, A.C. Influência das características morfometrias da bacia hidrográfica do rio Benevente nas enchentes no município de Alfredo Chaves-ES. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 10, n. 1, p. 196-206, jan./mar. 2015b.

LOUREIRO, C. F. B. Educação ambiental transformadora. In: Ministério do Meio Ambiente. **Identidade da educação ambiental brasileira**. Brasília: p. 65-84, 2004.

MACHADO, W. C. P. **Indicadores da Qualidade da Água na Bacia Hidrográfica do Rio Pato Branco**. Curso de Pós-Graduação em Geologia, Área de Concentração Geologia Ambiental, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

MAGALHÃES FILHO, F. J. C; PAULO, P. L. Abastecimento de água, esgotamento doméstico e aspectos de saúde em comunidades Quilombolas no Estado de Mato Grosso do Sul. **Interações**, Campo Grande, MS, v. 18, n. 2, p. 103-116, abr./jun. 2017.

MAPA–Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa N°62, de 26 de agosto de 2003. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br> Acesso em: 27 de maio de 2019

MARTINS, F.B. *et al.* **Zoneamento Ambiental da sub – bacia hidrográfica do Arroio Cadena, Santa Maria (RS)**. Estudo de caso. *Cerne*, Lavras, v.11, n.3, p.315-322, jul./set. 2005.

MATTOS, S.H. L; PEREZ FILHO, A. Complexidade e estabilidade em sistemas geomorfológicos: uma introdução ao tema. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, Rio de Janeiro, v.5, n.1, p.11-18, 2004.

MEDEIROS, A. C.; LIMA, M. O.; GUIMARAES, R. M. Avaliação da qualidade da água de consumo por comunidades ribeirinhas em áreas de exposição a poluentes urbanos e industriais nos municípios de Abaetetuba e Barcarena no estado do Pará, Brasil. **Revista Ciência e Saúde Coletiva**, v. 21, n. 3, p. 695-708, 2016.

MEDEIROS, C. E. B. F. DE S. **Os impactos do uso e ocupação e evento de seca extrema na qualidade da água e do solo de um manancial tropical semiárido**. [s.l.] Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2016.

MEDEIROS, P. C. **Geomorfologia: fundamentos e métodos para estudo do relevo**. Curitiba: Intersaberes, 2016.

MELO NETO, J. O.; GUIMARÃES, D. V.; GONZAGA, M. I. S. Estimativa e análise temporal do uso e ocupação do solo no entorno do refúgio de vida silvestre Mata do Junco com base em processamento digital de imagens. **Revista Scientia Plena**, v. 8, n. 4, p. 1–5, 2012.

MELO, R. O. *et al.* Susceptibilidade à compactação e correlação entre as propriedades físicas de um neossolo sob vegetação de Caatinga. **Revista Caatinga**, v. 21, n. 5, p. 12–17, 2008.

MERTEN, G. H.; MINELLA, J. P. Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura. **Revista Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**. Porto Alegre, v.3, n.4, out/dez 2002

MERTEN, G. H. MINELLA, J. P. G. REICHERT, J. M. MORO, M. Implicações do uso e manejo do solo e das variações climáticas sobre os recursos hídricos. In: Klauberg Filho, O.; Mafra, A. L.; Gatiboni, L. C. (Orgs.). **Tópicos em Ciência do Solo** (Topics in Soil Science). Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v.7, 2011.403p

MILHOME, M. A. L.; HOLANDA, J. W. B.; DE ARAÚJO NETO, J. R.; DO NASCIMENTO, R. F. Diagnosis of Contamination of Soil by Toxic Metals from Urban Solid Waste and Influence of Organic Matter. **Rev. Virtual Quim.** Vol 10, No. 1, 59-72, 20017.

MINAS GERAIS. Lei nº 13.199 de 29 de janeiro de 1999. Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e dá outras providências. **Diário do Executivo** – Minas Gerais. 30 de jan. 1999. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=5309>. Acesso em: 02 outubro. 2019.

NETO, M.P.R. Estudo da qualidade de águas de poços no Iguape-CE. Dissertação (Mestrado), Engenharia Civil, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, 2014.

NOBRE, A. C. N. S; DE SOUZA, S.D.G; HENRIQUES, D.S; DE SOUSA, M.L.M. Disponibilidade hídrica no alto/médio curso da bacia hidrográfica do rio Apodi/Mossoró-RN. **Revista Homem, Espaço e Tempo**, nº 14, volume 1, p. 110-125, 2020.

NOVO, E. M. L de M. Sensoriamento Remoto Aplicado à Ecologia Aquática. In: ROLAND, F.; CESAR, D; MARINHO, M. (Orgs) Lições de Limnologia. São Carlos: **Revista RIMA**, p 418-432, 2005.

OLIVEIRA, C. N.; Campos, V. P.; Medeiros, Y. D. P., 2010. Avaliação e Identificação de Parâmetros Importantes para a Qualidade de Corpos D'água no Semiárido Baiano. Estudo De Caso: Bacia Hidrográfica Do Rio Salitre. **Química Nova**, Vol. 33, No. 5, p. 1059-1066, 2010.

OLIVEIRA, J. N. P. DE. **A influência da poluição difusa e do regime hidrológico peculiar do semiárido na qualidade da água de um reservatório tropical**. [s.l.] UFRN, 2012.

OLIVEIRA, M.T de; BARBOSA, E.M; BARBOSA, M, de F.N. Gestão ambiental e conservação dos recursos Hídricos: aspectos relevantes para a Governança das águas na bacia hidrográfica do Rio piranhas-açu, no rio grande do Norte, In **Meio ambiente, sustentabilidade e agroecologia**. Org. Tayronne de Almeida Rodrigues, João Leandro Neto, Dennyura Oliveira Galvão. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. DOI 10.22533/at.ed.217191604

OLIVEIRA, P. P. **Degradação ambiental do açude de Pataxó, em Ipanguaçu/RN, a partir da memória local**. Monografia (Bacharelado em Gestão Ambiental) - Departamento de Gestão Ambiental. Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, 2014.

OLIVEIRA, U.C. **Avaliação do Uso e Ocupação de Áreas de Preservação Permanente no meio curso do rio Acaraú e suas implicações na qualidade da água**. Dissertação (Mestrado) - Geografia do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2014.

OLIVEIRA-FILHO, P. C.; DUTRA, A. M.; CERUTI, F.C. Qualidade das águas superficiais e o uso da terra: estudo de caso pontual em bacia hidrográfica do oeste do Paraná. **Revista Floresta e Ambiente**, Seropédica, v.19, v.1, jan./mar. 2012.

OLSZEWSKI, N.; FERNANDES FILHO, E. I.; COSTA, L. M. da; SCHAEFER, C. E. G. R.; SOUZA, E. de; COSTA, O. V. Morfologia e aspectos hidrológicos da bacia hidrográfica do rio Preto, divisa dos estados do Rio de Janeiro e de Minas Gerais. **Revista Árvore**, v. 35, p. 485-492, 2011.

PANTANO, G.; GROSSELI, G.M.; MOZETO, A.A.; FADINI, P.S. Sustentabilidade no uso do fósforo: uma questão de segurança hídrica e alimentar. **Química Nova**, v.39, n.6, p.732-740, 2016.

PARETA K. PARETA, U. Quantitative Morphometric Analysis of a Watershed of YamunaBasin, Indiausing ASTER (DEM) Dataand GIS. **International Journal of Geomatic sand Geosciences**, V. 2, N. 1, 2011.

PAULA, L. T. Mapa mental e experiência: um olhar sobre as possibilidades. In: ENCONTRO NACIONAL DE GEÓGRAFOS, 16., 2010, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: AGB, 2010. p. 01-11.

PAULA, L.M. **Avaliação da qualidade da água e autodepuração do Rio Jordão, Araguari (MG)**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, 2011.

- PEREIRA, J. A. R *et al.* **Avaliação da situação do atendimento com abastecimento de água e sua relação com os indicadores sociais e de saúde em capitais do Brasil.** Rio de Janeiro: 28º CBESA, 2015.
- PERES, R. B.; SILVA, R.S. da. Interfaces da gestão ambiental urbana e gestão regional: análise da relação entre planos diretores municipais e planos de bacia hidrográfica. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 5, n. 2, p.13-25, 2013.
- PESSOA, E. V. **Estudo do “Standing-Crop” da Água do estuário do rio Cocó (Ceará Brasil), como indicador das modificações físico-químicas do meio.** Dissertação (Mestrado) -Desenvolvimento e Meio ambiente– Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio ambiente, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2002.
- PIZA, M. V. de T. **uma ferramenta para a gestão dos usos múltiplos da água numa bacia hidrográfica visando o desenvolvimento regional sustentável.** Dissertação (Mestrado) Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu, 2014. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br>, acesso em: 09 de março de 2020.
- PORTO, M.F. Complexidade, processos de vulnerabilização e justiça ambiental: um ensaio de epistemologia política. **Revista Crítica de Ciências Sociais**; 93, 2012.
- POTE, D.H.; REED, B.A.; DANIEL, T.C.; NICHOLS, D.J.; MOORE, P.A.; EDWARDS, D.R. Water-quality effects of infiltration rate and manure application rate for soils receiving swine manure. **Journal Soil and Water Conservation**, v. 56, n. 1, p. 32-37, 2001.
- PRINA, B.Z.; MONGUILHOTT, M. Análise das transformações da paisagem de áreas próximas ao rio Jaguari aplicando técnicas de sensoriamento remoto em imagens do satélite TM Landsat-5. **In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO**, 15. (SBSR), Curitiba. Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR. São José dos Campos: INPE. p. 3812-3818, 2011.
- QUEIROZ, M. M. F. *et al.* Influência do uso do solo na qualidade da água de uma microbacia hidrográfica rural. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.5, n.4, p. 200-210, 2010.
- RAHMAN, S. Environmental impacts of technological change in Banglades agriculture: farmers’ perceptions, determinants, and effects on resource allocation decisions. **Revista Agricultural Economics**, v. 33, n. 1, p. 107–116, jul. 2005.
- RAMALHO, Maria Francisca de Jesus Lírio. Considerações sobre o ambiente de rios represados: o caso do rio Piranhas-Açu no Rio Grande do Norte. **Revista Sociedade e Território**, v. 21, n. 1 e 2, p. 183-196, 2012.
- REBOUÇAS, A.C. **Água na região Nordeste: desperdício e escassez.** Instituto de estudos avançados, São José dos Campos, v. 11, n. 29, p. 127-154, 1997.
- RIBEIRO JUNIOR, P. J.; DIGGLE, P. J. GeoR: a package for geostatistical analysis. **Revista News**, London, v. 1, n. 2, p. 15-18, 2001.

RIBEIRO, E. V. [et al.]. Metais pesados e qualidade da água do rio São Francisco no segmento entre Três Marias e Pirapora - MG: Índice de Contaminação. **Geonomos**, 20(1), 49-63, 2012.

RICKLEFS, R. E. **A economia da natureza**. Tradução: Pedro Paulo de Lima-e-Silva. Revisora técnica e coordenadora da tradução: Cecília Beno. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2010.

ROCHA, C. H. B.; FREITAS, F. A.; SILVA, T. M. Alterações em variáveis limnológicas de manancial de Juiz de Fora devido ao uso da terra. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.4, p.431-436, 2014.

RODRIGUES, M. J.; BARROS, L. S. S. Análises físico-química e bacteriológicas da água da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), Cruz das Almas – Bahia. **Arquivos de Pesquisa Animal**, v.1, n.1, p.31-38, 2012.

SACHS, I. O desenvolvimento sustentável: do conceito à ação. De Estocolmo a Johannesburgo. In: DOWBOR, L.; TAGNIN, R. A. (Coord.). **Administrando a água como se fosse importante**: gestão ambiental e sustentabilidade. São Paulo: SENAC, 2005. p. 17-25.

SÁNCHEZ, L.H. **Avaliação de impactos ambientais**: conceitos e métodos. São Paulo: Oficina de Textos; 2008. p. 24.

SANTANA, D. P. **Manejo integrado de bacias hidrográficas**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2003.

SANTOS, A. R. **Caracterização morfológica, hidrológica e ambiental da bacia hidrográfica do rio Turvo Sujo, microrregião de Viçosa, MG**. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.

SANTOS, A.G. **Qualidade da água na bacia hidrográfica do alto Ivaí**. Trabalho de Conclusão do curso de Engenharia Ambiental, do Departamento Acadêmico de Ambiental (DAAMB), Campo Mourão, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). 41p, Campos Mourão 2019.

SANTOS, J. R. U. dos; MARCHIORO, E. Análise empírica da fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do rio Duas Bocas, Espírito Santo, Brasil. **Revista do Departamento de Geografia Universidade de São Paulo**. V. 39, p. 72-87, 2020.

SANTOS, Jarbas R. dos. **Aspectos físico-químicos e metais pesados na água e sedimento do Rio Verruga no município de Vitória da Conquista – Ba**. 2007. Dissertação (Mestrado) – Área de Concentração – Química Analítica. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. p. 38 e 62. Jequié – BA, 2007.

SANTOS, T. E. B dos. *et al.* Avaliação da qualidade física da água para fins de irrigação no córrego do Ipê, Ilha Solteira-SP. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 36., 2007, Bonito. **Resumos...** Bonito: CONBEA, 2007.

SARMA, P. K. Geospatial study on morphometric characterization of Umtrew River basin of Meghalaya, India. **International Journal of Water Resources and Environmental Engineering**. Vol. 5(8), pp. 489-498, August, 2013.

SCHUMM, S. A. Evolution of drainage systems and slopes in badlands of Perth Amboy. **Geological Society of America Bulletin**, v. 67, n. 5, p. 597-646, 1956.

SEMARH - Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos; IDEMA Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte. **Perfil do Seu Município**: Ipangaçu. 2008. Disponível em: <http://www.idema.rn.gov.br/>. Acesso em: 12 març. 2020.

SILVA, L. M. *et al.* Ocorrência de um surto de Hepatite A em três bairros do município de Vitória (ES) e sua relação com a qualidade da água de consumo humano. **Ciência e Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 6, p. 2163-2167, 2009.

SILVEIRA, A.L.L da. Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica. **In: TUCCI, C.E.M. (Org.) Hidrologia: ciência e aplicação**. 4. Ed. Porto Alegre: UFRGS/ABRH, 2012. p.35-51.

SILVEIRA, M. L.; ARAÚJO, M. F. F.; AMORIM, A. S.; DANTAS, C. M. Qualidade de água e saúde: percepção de professores da rede pública de ensino do sertão potiguar. In: Maria de Fátima Freire de Melo Ximenes; Raquel Franco de Souza. (Org.). **Meio Ambiente e Saúde Humana: Práticas, Vivências e Saberes**. 1ed. Natal: EDUFRRN, 2013. v.1, p. 103-123.

SIMIONI, J.P.D.; ROVANI, F.M.; IENSSE, A.C.; WOLLMANN, C.A. Caracterização da precipitação pluviométrica na bacia hidrográfica do rio Ibicuí, RS. **Revista do Departamento de Geografia –USP**, Volume 28, p.112-133, 2014.

SMITH, V.H.; SCHINDLER, D.W. **Eutrophication science: where do we go from here?** **Trends in Ecology and Evolution**, 2009, vol. 24, no.4, p. 201-207.

SOARES, ANA CAROLINA CORDEIRO; CARMO, ROSE FERRAZ; BEVILACQUA, PAULA DIAS. Saberes sociais e a construção da preferência pela água de consumo humano. **Revista Ciência &Saúde Coletiva**, 2017, 22: 3215-3223.

SOARES, M. R. G. J; SOUZA, J. L. M. Análise morfométrica da bacia hidrográfica do rio Pequeno em São José dos Pinhais (PR). **Revista de Geografia**, v.21, p.19-36, 2012.

SOARES, S. de A. Gestão de Recursos Hídricos. Curitiba: **Cadernos Intersaberes**, 2015.

SONI, S. **Assessment of morphometric characteristics of Chakrar watershed in Madhya Pradesh India using geospatialtechnique**. *App Water Sci*. v.7, p.1-14, 2016.

SOSINSKI, L. W. **A gestão dos usos múltiplos da água. Infobibos**: informações tecnológicas, 2010. Disponível em: [http://www.infobibos.com/Artigos/2010\\_1/agua](http://www.infobibos.com/Artigos/2010_1/agua), acesso em: 04 abril de 2020

SOUSA, F. A. de; RODRIGUES, S. C. **Aspectos morfométricos da alta bacia do rio dos Bois em Iporá-GO**. Mercator, Fortaleza. 11, n. 25, p. 141-151, mai./ago. 2012

SOUZA, J. R de, de MORAES, M. E. B., SONODA, S. L., SANTOS, H. C. R. G. A importância da qualidade da água e os seus múltiplos usos: caso Rio Almada, sul da Bahia, Brasil. **REDE-Revista Eletrônica do PRODEMA**, 8(01). 2014.

SOUZA, M. M.; GASTALDINI, M. C. C. Avaliação da qualidade da água em bacias hidrográficas com diferentes impactos antrópicos. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 19, n. 3, p. 263-274, 2014.

SOUZA, Y.K.L.; GUEDES, J.A. Percepção ambiental sobre o reservatório de Pataxó (Ipanguaçu/RN). **Revista Presença Geográfica**. V. 07, n. 1, 2020.

STRAHLER, A.N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. New Halen: Transactions: **American Geophysical Union**, v. 38, p. 913-920, 1957.

SUASSUNA, J. **A pequena e média açudagem no semiárido nordestino: uso da água na Produção de alimentos**. Fundação Joaquim Nabuco. Març 2019 Disponível em: <http://www.fundaj.gov.br/docs/text/textrop.html> Acesso em: 10 set. 2018.

TARGA, M. dos S; *et al.* Urbanização e escoamento superficial na bacia hidrográfica do Igarapé Tucunduba, Belém, PA, Brasil. **Revista Ambiente e Água**. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.905>

TAVARES, J. L.; CEBALLOS, B. S. O.; ALBUQUERQUE, F.; GOIS, R. S. S. Interferência de Fatores Hidrológicos na Qualidade da Água de uma Represado Trópico Semiárido (Sapé-Pb -Brasil). **Anais do XXVI Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental**, 1998.

TAVEIRA, B. D. de A. **Hidrogeografia e gestão de bacias**. Curitiba: Intersaberes, 2018.

THEODORO, H. D.; NASCIMENTO, N. O.; HELLER, L. Análise comparativa da gestão institucional de recursos hídricos via estudo de casos internacionais. **Revista de Gestão de Água da América Latina –REGA**, v.13, n. 2, p.110-128 (2016).

TOLEDO Jr, A. P. **Informe preliminar sobre os estudos para a obtenção de um índice para a avaliação do estado trófico de reservatórios de regiões quentes tropicais**. São Paulo: CETESB, 12. 1990

TOLEDO, A. P.D., TALARICO, M., CHINEZ, S. J., AGUDO, E. G., & de **Saneamento Ambiental, C. D. T. Aplicação de modelos simplificados para avaliação do processo da eutrofização em lagos reservatórios tropicais**. In Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 12(pp. 1-34). Cetesb. 1983.

TONELLO, K. C.; DIAS, H. C. T.; SOUZA, A. L. RIBEIRO, C. A. A. S.; LEITE, F. P. Morfometria da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhões- MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v.30, n.5, p.849-857, set./out. 2006.

TRUJILLO, ALBEIRO MEJIA. Epidemiologia: história, tipos e métodos. **Revista Simbiótica**. Universidade Federal do Espírito Santo. Núcleo de Estudos e Pesquisas Indiciárias. Departamento de Ciências Sociais-ES-Brasil. vol. 3, n. 1, jan. -jun., 2016.

TUCCI, C. E. M. **Modelos hidrológicos**. 2ª ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, p. 678, 2005.

TUCCI, C. E. M.; HESPANHOL, I.; NETTO, O. M. C. **A gestão da água no Brasil: uma primeira avaliação da situação atual e das perspectivas para 2025**. South America Technical Advise Committee of the Global Water Partnership. 2000.

TUNDISI, J. G. **Água no século XXI: enfrentando a escassez**. São Carlos: Rima, 2003. 247p.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. **A Água**. 2ª Ed. São Paulo: Publifolha, 2009. 120 p

TUNDISI, J. G.; TUNDISI-MATSUMURA, T. **The Lobo-Broa Ecosystem Research**. In: Limnology in Brazil, Brazilian Academy of Sciences, 1995. p. 219-244.

UTERMÖHL, H. **Zur vervollkommung der quantativen phytoplankton-methodik. Mitteilungen Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie**, v. 9, n. 2, p. 1-38, 1958.

VILLAR, L. M. *et al.* **A percepção ambiental entre os habitantes da região noroeste do estado do Rio de Janeiro**. Escola Anna Nery, v. 12, n. 3, p. 537-543, 2008.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia Aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975

VON SPERLING, Marcos. **Tratamento e Destinação de Efluentes Líquidos da Agroindústria**. Módulo 6.2. Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior. Brasília, 1996.

WAIKAR, M. L.; NILAWAR, A, P. Morphometric Analysis of a Drainage Basin Using Geographical Information System: A Case study. **Int. J. of Multidisciplinary and Current research**, 2014.

YAMAGUCHI, M. U. *et al.* Qualidade microbiológica da água para consumo humano em instituição de ensino de Maringá-PR. **Revista O mundo da saúde**, v. 37, n. 3, p. 312-320, abr./jun.2013.

ZOCCAL, J. C. **Cadernos de Estudos em Conservação do Solo e Água**. Presidente Prudente, SP. CODASP. v. 1, n.1, mai. 2007.