

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA –
IFPB, CAMPUS JOÃO PESSOA

JAMILA ALCOFORADO MENDONÇA DE LIMA

**MAPEAMENTO DA INCIDÊNCIA DE FLÚOR EM ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO
ESTADO DA PARAÍBA**

JOÃO PESSOA - PB
2020

JAMILA ALCOFORADO MENDONÇA DE LIMA

**MAPEAMENTO DA INCIDÊNCIA DE FLÚOR EM ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO
ESTADO DA PARAÍBA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Superior de Tecnologia em Gestão de Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba como requisito à obtenção do título de Tecnóloga em Gestão de Ambiental.

Orientadora: Prof. Dra. Keliana Dantas Santos

JOÃO PESSOA - PB
2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
– CIP Biblioteca Nilo Peçanha – IFPB, *Campus*
João Pessoa

L732 Lima, Jamila Alcoforado Mendonça de.
Mapeamento da incidência de flúor em águas
subterrâneas no estado da Paraíba/ Jamila Alcoforado
Mendonça de Lima. –2021.
60 f. : il.

TCC (Tecnologia em Gestão Ambiental) – Instituto
Federal da Paraíba – IFPB / Coordenação de Tecnologia
em Gestão Ambiental.
Orientadora: Prof^ª. Dra. Keliana Dantas Santos.

1. Recursos hídricos. 2. Gestão ambiental. 3.
Fluorose. 4. Qualidade da água. I. Título.

CDU 556.18(813.3)

JAMILA ALCOFORADO MENDONÇA DE LIMA

MAPEAMENTO DA INCIDÊNCIA DE FLÚOR EM ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO ESTADO DA PARAÍBA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Superior de Tecnologia em Gestão de Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba como requisito à obtenção do título de Tecnóloga em Gestão de Ambiental.

Orientadora: Prof. Dra. Keliana Dantas Santos

Aprovada em 10 de fevereiro de 2021.

Nota de aprovação: 98

Banca Examinadora:

Profa. Dra. Keliana Dantas Santos (IFPB - JP) Orientadora
Prof. Dr. Gesivaldo Jesus Alves de Figueiredo (IFPB - JP) Examinador
Prof. Me. Maria Deise das Dores Costa Duarte (IFPB - JP) Examinadora
(assinado eletronicamente)

Documento assinado eletronicamente por:

- Gesivaldo Jesus Alves de Figueiredo, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 19/02/2021 12:53:14.
- Maria Deise das Dores Costa Duarte, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 18/02/2021 18:02:49.
- Keliana Dantas Santos, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 18/02/2021 17:27:36.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 18/02/2021. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifpb.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 158110

Código de Autenticação: d6fc5f28cc



NOSSA MISSÃO: Ofertar a educação profissional, tecnológica e humanística em todos os seus níveis e modalidades por meio do Ensino, da Pesquisa e da Extensão, na perspectiva de contribuir na formação de cidadãos para atuarem no mundo do trabalho e na construção de uma sociedade inclusiva, justa, sustentável e democrática.

VALORES E PRINCÍPIOS: Ética, Desenvolvimento Humano, Inovação, Qualidade e Excelência, Transparência, Respeito, Compromisso Social e Ambiental.

João Pessoa - PB, 10 de fevereiro de 2021.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus pela saúde e disposição que me permitiram a realização deste trabalho.

A minha mãe, Josenice Alcoforado de Mendonça, por todo o apoio e investimento em minha educação, proporcionando o acontecimento deste momento em minha vida.

As minhas duas chefes de estágio, Zeleide Domiciano Cabral Monteiro e Silene Ximenes, chefes no setor de Saúde Ambiental no período em que estagiei na Fundação Nacional de Saúde/PB, pela inspiração, apoio e contribuição que contribuíram para o meu desenvolvimento pessoal e profissional.

A Rosimere de Farias Oliveira, chefe da Seção de Controle e Qualidade de Água (laboratório) durante o período em que estagiei na Fundação Nacional de Saúde/PB, pela transferência de conhecimento de anos de experiência em campo me passado, contribuindo para a concretização deste trabalho.

A todos da equipe do setor de Saúde Ambiental e da Seção de Controle e Qualidade da Água da Fundação Nacional de Saúde/PB pela contribuição no levantamento dos dados.

Aos meus colegas do curso em Gestão Ambiental com quem compartilhei grande parte desta caminhada e amigos pelas palavras de conforto e confiança prestadas a mim durante toda a execução deste trabalho.

RESUMO

A água subterrânea, além de ser um bem econômico, é fonte de extrema importância para a população que principalmente não tem acesso a rede de abastecimento público. As características das águas subterrâneas têm influência direta da tipologia do solo por onde percolam e do impacto das atividades antrópicas, em decorrência da interferência através do escoamento ou até mesmo pela infiltração de efluentes. A partir disso, a realização deste estudo se estabeleceu como uma das consequências da negligência da gestão dos recursos hídricos, juntamente a má qualidade da água. O objetivo foi mapear a incidência do parâmetro flúor acima do padrão permitido pela Portaria de Consolidação nº 5/2017 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2017), em todo o território do Estado da Paraíba, tendo como base os relatórios de análises de água realizados pelo laboratório da SACQA/SESAM da Fundação Nacional da Saúde – FUNASA/PB. O mapeamento foi realizado a partir dos resultados constantes nos relatórios, entre os anos de 2015 e 2019, onde analisou-se a distribuição espacial dos pontos com concentrações de íons fluoretos (F^-) a partir de $1,0 \text{ mg L}^{-1}$, indicando cada um a sua localização em um mapa temático. Do total de análises, foram constatadas 68 amostras com níveis superiores ao valor máximo permitido – VMP pela Portaria vigente em cinco das onze bacias hidrográficas localizadas dentro do Estado da Paraíba e 51 amostras com concentrações entre $1,0$ e $1,5 \text{ mg L}^{-1}$, o que segundo alguns autores já é considerado um valor preocupante para a saúde pública. Nesse contexto, foi verificado que a qualidade dos recursos hídricos subterrâneos em alguns municípios do Estado está comprometida e que de acordo com a revisão de literatura, a situação de alto risco da área de estudo pode-se atrelar à formação rochosa da região.

Palavras-chave: Recursos hídricos. Fluorose. Qualidade de água.

ABSTRACT

Groundwater, in addition to being an economic good, is an extremely important source for the population that mainly does not have access to the public supply network. The groundwater characteristics has a direct influence on the type of soil where they percolate and of impacts caused by the human activities, due to interference through runoff or even the infiltration of effluents. From this, the performance of this study was established as one of the consequences of negligencing the water management, together with the poor quality of the water. The objective was to map the fluoride incidence with parameter above the standard allowed by Consolidation Ordinance No. 5/2017 of the Ministry of Health (BRASIL, 2017), throughout the territory of the State of Paraíba, based on the reports of water analyzes carried out by the SACQA/SESAM laboratory of the National Health Foundation – FUNASA. The mapping was carried out from the results contained in the reports, in the periods 2015 to 2019, where the spatial distribution of the points with concentrations of fluoride ions (F⁻) from 1.0 mg L⁻¹ was analyzed, indicating each location on a thematic map. Of the total analyzes, 68 samples were found with levels above the maximum allowed value by the Ordinance in force in five of the eleven hydrographic basins located within the State of Paraíba and 51 samples with concentrations between 1.0 and 1.5 mg L⁻¹, which according to some authors is already considered a worrying value for public health. In this context, it was found that the quality of underground water resources in some of the state's counties is compromised and that, according to the literature review, the high risk situation in the study area may be linked to the region's rock formation.

Key-words: Water resources. Fluorosis. Water quality.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Organograma dos parâmetros de qualidade da água.	23
Figura 2 – Limites recomendados para a concentração do íon fluoreto em função da média das temperaturas máximas diárias.	28
Figura 3 – Mapa de solos do Estado da Paraíba.	31
Figura 4 – Localização da Região Nordeste e Estado da PB no mapa do Brasil	33
Figura 5 – Mesorregiões do Estado da Paraíba.	34
Figura 6 – Microrregiões do Estado da Paraíba.	36
Figura 7 – Bacias hidrográficas do Estado da Paraíba.	37
Figura 8 – Distribuição das amostras de águas subterrâneas e superficiais.	40
Figura 9 – Quantitativo das amostras de águas subterrâneas entre os anos de 2015-2019.	41
Figura 10 – Concentrações de flúor nas águas subterrâneas no Estado da Paraíba (2015-2019) - mg L^{-1}	42
Figura 11 – Amostras encontradas com teor de íon de fluoreto acima de $1,5 \text{ mg L}^{-1}$ nos municípios paraibanos, no período de 2015 a 2019.	42
Figura 12 – Mapeamento da fluoretação acima de $1,5 \text{ mg L}^{-1}$ no Estado da Paraíba, entre os anos de 2015 e 2019.	44
Figura 13 – Amostras encontradas com teores de íon de fluoreto entre $1,0$ e $1,5 \text{ mg L}^{-1}$ nos municípios paraibanos, no período de 2015 a 2019.	47
Figura 14 – Mapeamento da fluoretação entre $1,0$ e $1,5 \text{ mg L}^{-1}$ no Estado da Paraíba.	48

LISTA DE SIGLAS

AESA	Agência Executiva de Gestão das Águas;
ANA	Agência Nacional das Águas;
CAGEPA	Companhia de Água e Esgotos da Paraíba;
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais;
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde;
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística;
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia;
MS	Ministério da Saúde;
OMS	Organização Mundial da Saúde;
PC	Portaria de Consolidação;
PERH-PB	Plano Estadual de Recursos Hídricos da Paraíba;
PL	Projeto de Lei;
PNADCA	Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua Anual;
PNRH	Política Nacional de Recursos Hídricos;
PNSB	Pesquisa Nacional de Saneamento Básico;
RNQA	Rede Nacional de Monitoramento da Qualidade da Água;
SAA	Sistema de abastecimento de Água;
SAC	Solução Alternativa Coletiva;
SACQA	Seção de Controle e Qualidade da Água;
SAI	Solução Alternativa Individual;
SESAM	Setor de Saúde Ambiental;
SIAGAS	Sistema de Informações de Águas Subterrâneas;
SIRGAS	Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas;
SISAGUA	Sistema de Informação da Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano;
SUDEMA	Superintendência de Administração do Meio Ambiente do Estado da Paraíba;
SUEST	Superintendência Estadual da FUNASA;
UNICEF	Fundo das Nações Unidas para a Infância;
VMP	Valor Máximo Permitido.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 OBJETIVOS.....	13
2.1 OBJETIVO GERAL.....	13
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	14
3.1 A IMPORTÂNCIA DA GESTÃO HÍDRICA.....	15
3.1.1 Estado da Paraíba	20
3.2 O FLÚOR NO MEIO AMBIENTE.....	22
3.3 CONTEXTO GEOLÓGICO.....	29
3.3.1 Geologia do Estado da Paraíba.....	30
4 METODOLOGIA	33
4.1 ÁREA DE ESTUDO	33
4.2 MÉTODO E FERRAMENTA DE PESQUISA.....	37
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	52
REFERÊNCIAS.....	54

1 INTRODUÇÃO

A preocupação com a problemática da água é um tema que tem gerado cada vez mais discussão no decorrer dos anos. É preciso entender que a oferta e a qualidade deste recurso natural tendem a tornarem-se dificultosas com o passar do tempo. Um dos maiores motivos para isto ocorrer é devido a sua má utilização juntamente ao aumento de demanda hídrica pela população, o que acaba gerando impactos ambientais como, por exemplo, a escassez hídrica. Por este elemento estar presente de forma abundante em todo o mundo, torna-se de suma importância para todos os seres humanos.

Sabe-se que o abastecimento de água no Brasil ocorre de forma desigual, resultando na irregularidade de distribuição em algumas regiões do país. Não obstante, um dos maiores problemas brasileiros não se dá apenas pela não uniformidade de distribuição de água, como também pela qualidade que a mesma chega à casa de cada consumidor.

Em virtude do fornecimento da água potável em alguns municípios brasileiros ser direcionada apenas às áreas urbanas, as comunidades rurais acabam por consumir água proveniente de poços e fontes naturais, onde muitas vezes, a utilização desses sistemas alternativos de abastecimento, é administrada por eles próprios (COSTA *et al.*, 2013). Não obstante, a área rural é uma das áreas que são mais susceptíveis ao surgimento de doenças de veiculação hídrica, pois a principal forma de abastecimento de água da população local em sua maioria é através de poços antigos ou rasos (AMARAL *et al.*, 2003).

De acordo com a última Pesquisa Nacional de Saneamento Básico – PNSB realizada pelo IBGE e divulgada no ano de 2017, dos 5.570 municípios brasileiros 53 deles não possuem serviço de abastecimento de água por rede geral de distribuição. Desses 53, vinte e quatro municípios são pertencentes à Região Nordeste, mais especificamente ao Estado da Paraíba (IBGE, 2017).

A PNSB investiga as condições de saneamento básico brasileiro, que envolve o abastecimento de água, esgotamento sanitário, manejo de águas pluviais e manejo de resíduos sólidos, através de análises dos serviços prestados pelos órgãos públicos responsáveis como também as condições ambientais da região.

De acordo com o IBGE (2020), em sua Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua Anual - PNADCA, a distribuição de água regular diária (através de uma rede geral de abastecimento) em todo o Estado da Paraíba, diminuiu de 72,7% em 2018 para 68% no ano de 2019 (IBGE, 2020).

Esses dados apenas evidenciam que a distribuição de água em algumas regiões do país ocorre de forma desigual, principalmente em regiões de difícil acesso como áreas rurais interioranas, por exemplo. Sendo assim, a população dessas regiões acaba recorrendo a outras formas de obter esse recurso ambiental tão importante para a sua sobrevivência. A captação de água subterrânea é uma dessas formas.

A partir disto, é possível observar um significativo aumento em relação ao uso das águas subterrâneas. Nesse sentido, é importante que a gestão dos recursos hídricos compreenda além da necessidade de uma melhor distribuição, as consequências da utilização destas águas sem o devido tratamento, podendo gerar futuras enfermidades na sociedade.

Entre as diversas doenças de veiculação hídrica, uma delas está diretamente relacionada ao objeto de estudo deste trabalho, a fluorose. A ingestão contínua de água com excesso de íons fluoreto ocasiona o surgimento de uma doença chamada Fluorose. A fluorose pode acontecer em dois tipos: o mais comum que é a fluorose dentária, onde surgem manchas esbranquiçadas no esmalte dental ou até mesmo a deformação do próprio dente; e o outro tipo é a fluorose óssea, fase mais grave da doença onde pode ocorrer desde dores crônicas até deformidades nos ossos e articulações (BRASIL, 2012).

Considerando a problemática abordada neste trabalho, entende-se que é de extrema importância que se haja conhecimento e entendimento mais aprofundado sobre a causa do surgimento de íons fluoretos em águas subterrâneas destinadas ao abastecimento, ratificando assim, a importância de que estas águas são utilizadas para consumo pela sociedade.

Até o presente momento, não foi encontrado nenhum estudo sobre a averiguação do teor de flúor exclusivamente nas águas subterrâneas, que tenham vínculo com a Fundação Nacional de Saúde – FUNASA no Estado da Paraíba. Diante disso, o objetivo deste trabalho é mapear a incidência de flúor acima do

padrão permitido pela Portaria de Consolidação nº 5/2017 (BRASIL, 2017), tendo como base os relatórios de análises de água realizados pelo laboratório da Seção de Controle e Qualidade da Água – SACQA, que é vinculada ao setor de Serviço de Saúde Ambiental – SESAM, da Superintendência Estadual da FUNASA na Paraíba – SUEST/PB.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Mapear a existência de águas subterrâneas com índices elevados de flúor, entre os anos de 2015 e 2019, no Estado da Paraíba, a partir de análises de água realizadas pelo laboratório da FUNASA/PB.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Avaliar os resultados das análises de amostras de água trabalhadas pelo laboratório da SACQA/SESAM da FUNASA/PB, entre os anos de 2015 e 2019;
- ✓ Identificar os poços que obtiveram resultado de análise do parâmetro flúor (F^-) entre 1,0 e 1,5 mg L^{-1} e acima do valor permitido pela Portaria de Consolidação nº 5/2017 MS (BRASIL, 2017);
- ✓ Elaborar um mapa temático, a partir da identificação dos poços com elevada concentração de flúor.
- ✓ Correlacionar os pontos de incidência de F^- com a delimitação das bacias hidrográficas da área em estudo.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

A água, elemento em maior abundância no planeta Terra, com o passar do tempo, tem sido cada vez mais explorada pelo homem. Sabe-se que cerca de 70% da superfície terrestre é constituída por água, sendo esta, presente em mares e oceanos, calotas polares, lençóis subterrâneos, rios e lagos ou umidade do ar, porém, grande parte desse recurso não está disponível para consumo humano (BRASIL, 2005). Este recurso natural, de domínio público, é de suma importância para a manutenção da vida dos seres que habitam o planeta Terra. Além disso, isto permite afirmar que a água é fundamental no cumprimento do abastecimento público e privado, provendo a necessidade da população.

Desse modo, do total de água disponível no mundo, aproximadamente, 2,5% é de água doce, onde 69% encontra-se concentrada nas geleiras, 30% são águas subterrâneas (armazenadas em aquíferos) e 1% está nos rios. Além disso, nas regiões hidrográficas banhadas pelo Oceano Atlântico, que concentram 45,5% da população do país, está disponível apenas 2,7% dos recursos hídricos do Brasil (ANA, 2014).

Embora o Brasil possua um grande potencial hídrico (12% de toda água disponível no planeta), a população ainda sofre com problemas na saúde pública (ANA, 2013). Dessa forma, advindos, da má gestão hídrica, a disponibilidade de água em algumas regiões brasileiras, acaba por tornar-se desigual, resultando no surgimento de situações de escassez e enchentes.

No Brasil, a quantidade de poços subterrâneos cadastrados no Sistema de Informações de Águas Subterrâneas – SIAGAS da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM, em 2020, ultrapassou o total de 325 mil (ANA, 2020). Ainda assim, a ordem de projeção do quantitativo de poços tubulares existentes no país indica cerca de 2,4 milhões de poços, um aumento anual de aproximadamente 50% em relação à estimativa realizada em 2017 pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (ANA, 2020).

De acordo com dados do Sistema de Informação da Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano – SISAGUA, 63% dos Sistemas de Abastecimento Coletivo – SACs não possuem qualquer tipo de tratamento e ainda declara que a

região mais precária em tratamento de água no país são os municípios da Região Norte, fornecendo mais de 84% de água imprópria à população (BRASIL, 2015).

3.1 A IMPORTÂNCIA DA GESTÃO HÍDRICA

A Lei Nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997 que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos – PNRH e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos – SNGRH, nos traz o entendimento de que a água é um bem público e recurso natural limitado cuja prioridade deve ser destinado ao abastecimento humano e animal.

A Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017, em seu Anexo XX (antiga Portaria nº 2.914/2011), informa a respeito do controle e da vigilância da qualidade da água para consumo humano juntamente ao padrão de potabilidade recomendado.

De acordo com Ministério da Saúde (2006, p.37),

As características físicas, químicas e biológicas da água estão associadas a uma série de processos que ocorrem no corpo hídrico e em sua bacia de drenagem. Ao se abordar a questão da qualidade da água, é fundamental ter em mente que o meio líquido apresenta duas características marcantes, que condicionam de maneira absoluta a conformação desta qualidade: capacidade de dissolução e capacidade de transporte.

No que se refere às características da água, a PC nº 5/2017 em seu Anexo XX, apresenta os valores recomendados para os parâmetros de substâncias físicas, biológicas e químicas, orgânicas e inorgânicas, que representam risco à saúde. Alguns exemplos mais utilizados são: Amônia, *Escherichia coli*, Coliformes totais, Chumbo, Cianeto, Cobre, Cloreto, Dureza total, Ferro, Fluoreto, Manganês, Mercúrio, Nitrato, Nitrito, pH, Sódio e Turbidez. A partir da análise destes parâmetros é possível indicar a qualidade da água.

Dados do relatório do Programa de Monitoramento Conjunto (2017) da Organização Mundial da Saúde – OMS e do Fundo das Nações Unidas para a Infância – UNICEF, indicam que, aproximadamente, 2,1 bilhões de pessoas não têm acesso à água potável em suas casas e cerca de 40% deste quantitativo não têm

nenhum serviço básico para obter água potável, incluindo as pessoas que precisam se locomover por várias horas do dia para coletar água de fontes distantes de suas casas e/ou que bebem água com má qualidade oriundas de fontes superficiais, como córregos ou lagos (OMS; UNICEF, 2017).

Da mesma forma que isto ocorre em todo o mundo, é comum ocorrer que a falta de água para a população em diversas regiões do Brasil seja causada principalmente por sua má gestão e distribuição. São diversos os fatores que podem acarretar as falhas no abastecimento e no recebimento dos recursos hídricos nas localidades brasileiras, entre eles, vale destacar alguns exemplos como o sucateamento de obras públicas, o aumento da demanda por água, problemas em tubulações antigas e expansão urbana, sendo estes dois últimos os fatores mais comuns.

A disposição dos recursos hídricos no Brasil tem uma dinâmica diferente em relação aos outros países. Dessa forma, algumas regiões detentoras de maior população no país possuem uma quantidade hídrica reduzida, enquanto regiões mais afastadas e com menor população detêm de uma riqueza enorme de água (ANA, 2019).

Dados recentes indicam que, aproximadamente, 1,8 bilhões de pessoas no mundo utilizam fontes de água contaminada, e, a cada ano, 842 mil mortes estão relacionadas à falta de saneamento básico e, conseqüentemente, ao uso da água imprópria (ONU, 2017).

De acordo com a Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017 do Ministério da Saúde – MS (BRASIL, 2017), em seu Anexo XX, a água destinada para consumo humano deve estar em conformidade com padrão de potabilidade sem oferecer riscos à saúde. Além disso, em seu Artigo 5º, preconiza-se como esta destinação deve ocorrer, podendo ser através do fornecimento coletivo de água por meio de Sistema de Abastecimento de Água – SAA, Solução Alternativa Coletiva – SAC e/ou, abastecimento individual por meio de Solução Alternativa Individual – SAI.

A utilização dos recursos hídricos tem mudado com o passar do tempo. A população tem utilizado a água não apenas para suprir as suas necessidades pessoais diárias, como também para as atividades socioeconômicas. Os chamados

usos múltiplos da água têm facilitado as localidades que estão distantes das capitais e não possuem rede de abastecimento.

O desenvolvimento socioeconômico tem como atividades, além do próprio abastecimento humano (urbano e rural), a dessedentação animal, irrigação, industrial, mineração, lazer, geração de energia, entre outros (ANA, 2020).

Nas regiões que detém maior população, e conseqüentemente uma maior demanda, é possível que este recurso seja atingido pela poluição causada pelas atividades antrópicas, uma das conseqüências do processo de ocupação urbana (ANA, 2020).

O Nordeste Brasileiro é uma das regiões que mais detém água represada, o que contradiz a fala popular de muitos leigos que o motivo da escassez hídrica seja apenas referente à falta de água na região. A baixa pluviosidade que atinge o Nordeste de fato contribui para que a disponibilidade hídrica seja limitada para atender a população local, porém o que mais influencia a insuficiência de água é a sua má distribuição pelo território (SAKAMOTO, 2012, p. 12).

No que se refere à água para consumo humano, é possível obter-se através de diversas fontes. A captação de água pode ser obtida de duas formas: superficial e subterrânea. A diferença entre elas se dá pela profundidade em que são alcançadas, pois a captação superficial é realizada em rios, lagos ou represas enquanto que a captação subterrânea é feita em poços (rasos ou profundos) (IBGE, 2017).

De acordo com a ANA (2019):

A qualidade da água superficial e subterrânea é condicionada por variáveis naturais ligadas, por exemplo, ao regime de chuvas, escoamento superficial, geologia e cobertura vegetal, e por impactos antrópicos, como o lançamento de efluentes, provenientes de fontes pontuais e fontes difusas, o manejo dos solos, entre outros (ANA, 2019, p. 22).

No Brasil existem dois tipos de monitoramento da qualidade das águas: através da Rede Nacional de Monitoramento da Qualidade da Água – RNQA, criada e coordenada pela ANA; ou pelas próprias redes de monitoramento das UFs - Unidades da Federação, operadas de forma independente (ANA, 2019).

O manancial subterrâneo é uma fonte bem aproveitada, principalmente, pela população brasileira interiorana. O fato deste recurso ser bastante utilizado no Brasil, se dá pelo seu valor consideravelmente reduzido e a fácil perfuração e captação de água (OTENIO *et al*, 2007).

A água subterrânea, além de ser um bem econômico, é uma fonte de suma importância para a população que não tem acesso a uma rede de abastecimento público ou para aqueles em que a frequência de abastecimento é irregular (FREITAS; BRILHANTE; ALMEIDA, 2001). Além disso, é a principal fonte de abastecimento dos corpos hídricos superficiais (SPERLING, 2005).

Segundo a Agência Nacional de Águas – ANA (2020), além da garantia de abastecimento através de águas superficiais e dos reservatórios, estima-se que o Brasil dispõe de cerca de 14.650 m³/s de água subterrânea em todo o seu território. A água subterrânea além de ser um bem econômico é uma fonte de suma importância para populações que não tem acesso a uma rede de abastecimento pública ou o abastecimento tem frequência irregular (FREITAS; BRILHANTE; ALMEIDA, 2001).

Desse modo, os maiores benefícios do aproveitamento da água subterrânea são a qualidade, a facilidade de obtenção da mesma e a possibilidade de localização das obras hídricas próximas às áreas de consumo. Através das camadas do solo a água subterrânea permeia até o lençol freático, desenvolvendo uma ação de filtração, onde as suas características físicas são aceitáveis para os padrões de potabilidade de consumo humano (GAGLIANONE *et al.*, 1976 *apud* BARBOSA, 2011, p. 12).

Segundo BORGHETTI *et al.*, (2004), “regiões áridas têm a água subterrânea como o único recurso hídrico disponível para uso humano. Assim, vários núcleos urbanos no país utilizam mananciais subterrâneos para o abastecimento de forma exclusiva ou complementar”. Desta forma, parte da população desprovida de abastecimento adequado opta pela perfuração de poços para utilização diária.

Nesse sentido, é comum encontrar moradores que ainda utilizam água de aquíferos subterrâneos em suas próprias residências para as atividades diárias e para o seu consumo. Embora a perfuração de muitos deles seja irregular, o

quantitativo de poços é bastante significativa para os dias atuais. Dessa forma, as chances de se adquirir água com qualidade duvidosa são muito maiores.

A Resolução CONAMA Nº 396, de 3 de abril de 2008, que dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas, em seu capítulo II, divide as águas subterrâneas em 6 tipos de classes. A classificação é basicamente distribuída por atividades antrópicas, características naturais e possibilidade de tratamento do recurso hídrico (BRASIL, 2008).

De acordo com BORGHETTI *et al.*, (2004) “o crescente uso das águas se deve ao melhoramento das técnicas de construção de poços e dos métodos de bombeamento, permitindo a extração de água em volumes e profundidades cada vez maiores e possibilitando o suprimento de água a cidades, indústrias, etc”.

A partir disso, Foster (1993) e Silva (1999) observam que:

A água subterrânea pode ser captada no aquífero confinado ou artesiano, que se encontra entre duas camadas relativamente impermeáveis, o que dificulta a sua contaminação, ou ser captada no aquífero não confinado ou livre, que fica próximo à superfície, e está, portanto, mais suscetível à contaminação. Em função do baixo custo e facilidade de perfuração, a captação de água do aquífero livre, embora mais vulnerável à contaminação, é mais frequentemente utilizada no Brasil (*apud* SILVA; ARAUJO, 2003).

Atualmente, a utilização de poços se divide em três tipos; Poço artesiano que é caracterizado por jorrar água espontaneamente; Poço semiartesiano que, geralmente, precisa-se de uma bomba para que a água seja retirada; e Poço raso, caipira ou cisterna, que são construídos de forma rasa para captar a água superficial do lençol freático. Este último é sem dúvidas o tipo de poço com maior susceptibilidade à contaminação, além de variar em sua quantidade ao longo do tempo.

De acordo com a PNRH (Lei 9.433/97), em seu artigo nº 12: “Estão sujeitos à outorga pelo Poder Público os direitos dos seguintes usos de recursos hídricos: II – extração de água de aquífero subterrâneo para consumo final ou insumo de processo produtivo” (BRASIL, 1997). Para a realização da construção de um poço, é necessário informar aos órgãos responsáveis pela gestão dos recursos hídricos da localidade visando à obtenção da outorga.

Assim sendo, torna-se necessário o planejamento e execução de melhores infraestruturas hídricas nessas regiões, conseqüentemente, maiores investimentos para que o abastecimento de água atinja toda a população.

Para Sperling (2005), a qualidade da água é uma junção de dois fatores: características naturais e atividades antrópicas. Dessa forma, fenômenos como infiltração de água precipitada da chuva no solo, escoamento superficial, composição do solo, entre outros, podem levar consigo partículas poluidoras do meio ambiente para as águas subterrâneas. Atividades como o descarte incorreto de resíduos sólidos ou efluentes líquidos, utilização de defensivos agrícolas, entre outros, também cooperam para a má qualidade dos recursos hídricos (SPERLING, 2005).

Já para BRITO *et al* (2007), para definir e indicar a qualidade da água é preciso levar em consideração a sua constituição por meio do ciclo hidrológico na natureza e os seus efeitos causados no meio ambiente, principalmente para a saúde humana (BRITO, 2007).

Dessa forma, Otenio *et al.* (2007) nos diz que:

As doenças de veiculação hídrica constituem o grupo no qual o agente patogênico é ingerido junto com a água. A prevalência das doenças de veiculação hídrica, notadamente na América Latina, África e Ásia, constitui um forte indicativo da fragilidade dos sistemas públicos de saneamento (OTENIO *et al*, 2007, p. 86).

Não obstante, os parâmetros utilizados na identificação da qualidade da água transmitem exatamente as características da composição do recurso hídrico, visando obter conhecimento se há ou não risco para a saúde humana (SPERLING, 2007). Com isso, é essencial que haja o debate acerca da qualidade da água uma vez que esta complexidade socioambiental pode e deve envolver análises multidisciplinares no intuito de melhorar a saúde da população (AMARAL *et al*, 2003).

3.1.1 Estado da Paraíba

A Lei Estadual Nº 6.308, de 02 de julho de 1996 instituiu, no Estado da Paraíba, a Política Estadual de Recursos Hídricos e criou o Conselho Estadual de Recursos Hídricos – CERH-PB, com o objetivo de dar segmento aos critérios e

princípios estabelecidos pela Lei Nacional Nº 9.433/97. Posteriormente, a lei estadual recebeu o acréscimo de dispositivos e uma nova redação através da Lei Estadual Nº 8.446, de 28 de dezembro de 2007.

Essa política serviu de base para a tomada de decisões e planejamento em relação ao uso da água no Estado, como também a criação do Plano Estadual de Recursos Hídricos – PERH-PB. O PERH-PB foi elaborado no ano de 2006, porém só após cinco anos teve a sua aprovação publicada através da Resolução Nº 13, de 13 de junho de 2011 (publicada no D.O.E em 30/06/2011) (PARAÍBA, 2011).

O objetivo do PERH-PB é “fundamentar e orientar a implementação dos demais instrumentos de gestão dos recursos hídricos previstos na Lei Nacional Nº 9.433/97 em consonância com a Legislação Estadual, Lei 6.308/96” (PARAÍBA, 2006).

Atualmente, o órgão gestor de recursos hídricos do Estado é a Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba – AESA-PB, criada pela Lei nº 7.779, de 7 de julho de 2005, com alterações e revogações introduzidas pela Lei nº 8.042, de 27 junho de 2006.

Em relação à distribuição de água no Estado, a empresa responsável por realizar o abastecimento de todas as 223 cidades é a Companhia de Água e Esgoto da Paraíba – CAGEPA, estabelecida através da Lei Estadual nº 3.459, de 31 de dezembro de 1966 (PARAÍBA, 1966).

O histórico de abastecimento de água do Estado da Paraíba iniciou-se em 24 de abril de 1926, a partir da criação da Repartição de Saneamento do Estado – SER. Trinta anos depois, em 23 de março de 1952, é criado o Departamento de Águas Rurais do Estado, visando atender as necessidades dos municípios menores. Até então, a distribuição de água nos municípios do Estado ocorria entre mais de uma entidade responsável (CAGEPA, 2020).

Em 4 de novembro de 1955, constituiu-se a Sociedade de Economia Mista – SANESA para administrar o Sistema de Abastecimento de Água do município de Campina Grande. Após onze anos, surgiram mais duas autarquias estaduais, a Saneamento de Campina Grande – SANECAP e a Companhia de Água e Esgotos da Paraíba – CAGEPA. Todas as empresas continuaram a funcionar paralelamente até o ano de 1972, quando ocorreu a união de todas as companhias que

funcionariam como CAGEPA, atendendo agora a todos os municípios do Estado. Atualmente, a CAGEPA é uma sociedade de economia mista por ações e de capital autorizado e possui seis gerências regionais (CAGEPA, 2020).

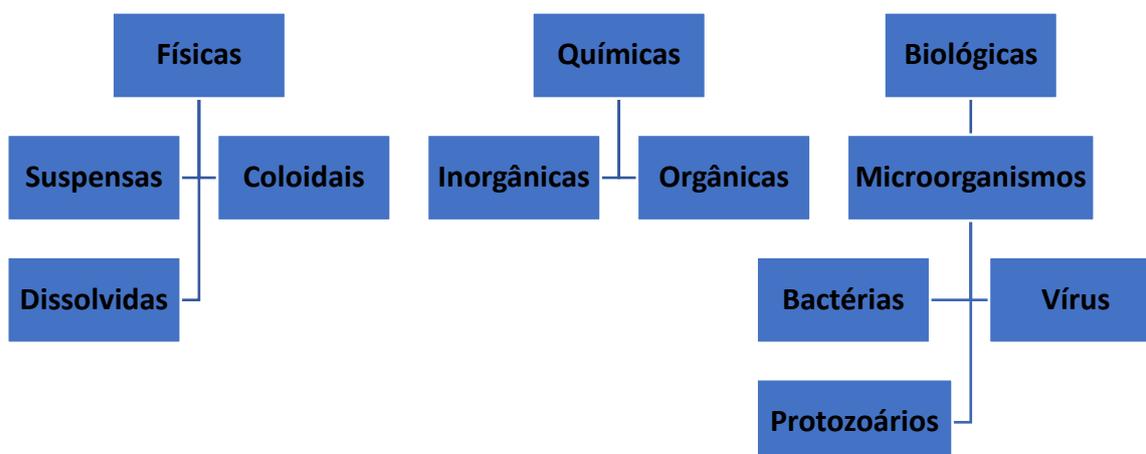
De acordo com informações do ATLAS Brasil – Abastecimento Urbano de Água, documento produzido pela ANA (2010), o Estado da Paraíba possui 16% de suas áreas urbanas abastecidas exclusivamente por poços subterrâneos. A Agência Executiva de Gestão das Águas – AESA, autarquia responsável pelo gerenciamento dos recursos hídricos subterrâneos e superficiais do Estado da Paraíba, informa que tem 3.676 poços subterrâneos cadastrados no seu sistema, sendo 95% destes artesianos de grande profundidade (AESA, 2016).

3.2 O FLÚOR NO MEIO AMBIENTE

A utilização das águas subterrâneas para o abastecimento humano é um ponto importante para ter-se mais atenção, sendo assim, deve-se analisar a questão da sua potabilidade. É necessário atentar-se para com as consequências da utilização dessas águas sem tratamento em relação à sua qualidade, pois há a possibilidade de gerar futuras enfermidades na população que a consome.

Na **Figura 1**, é possível observar a classificação dos parâmetros de potabilidade da água, de acordo com a Portaria de Consolidação nº 5/2017 e Resolução CONAMA nº 357/2005. Os parâmetros de qualidade são divididos em três tipos, físicos, químicos e biológicos e é aí que entra o objeto de estudo deste trabalho, que é o Flúor. O elemento está classificado como um parâmetro químico inorgânico.

Figura 1 – Organograma dos parâmetros de qualidade da água.



Fonte: PC nº 5/2017 e Resolução CONAMA nº 357/2005.

Pesquisas revelam que concentrações de flúor superiores a 1 mg L^{-1} na água podem ocasionar fluorose dentária, e teores acima de 4 mg L^{-1} , lesões ósseas (fluorose óssea). Isto ocorre, quando há a ingestão contínua de fluoretos na água para consumo em concentrações de $8 \text{ a } 16 \text{ mg dia}^{-1}$ (MARIMON, 2006).

Segundo Narvai (2000), no final do século XX, ao investigar a relação entre a cárie dentária e o flúor, Frederick McKay, foi o primeiro estudioso a perceber diferenças na aparência dos dentes de um grupo de crianças que tinham altos níveis de cárie. A indagação de Mc Kay foi que uma parte do grupo continha manchas nos dentes, enquanto outra parte não, sendo que a mesma população de crianças tinham cáries. Posteriormente, observou-se que a única diferença entre os grupos de crianças era a fonte de abastecimento de água e que as manchas nos dentes eram advindas do abastecimento por um poço profundo (NARVAI, 2000).

A partir daí iniciou-se estudos em busca da concentração ideal de flúor na água para abastecimento público. De acordo com Ramires & Buzalaf (2007), foi só em 1942 e após diversas pesquisas se estabeleceu que a concentração adequada de flúor na água seria de aproximadamente $1,0 \text{ mg L}^{-1}$, pois reduziria os índices de cáries e não afetaria a saúde pública causando fluorose (RAMIRES; BUZALAF, 2007). Depois de 40 anos em uma conferência sobre fluoretos, ficou acordado por instituições internacionais que os locais que possuírem sistemas de tratamento de

água terão como medida de saúde pública a fluoretação de suas águas (RAMIRES; BUZALAF, 2007).

No entanto, Narvai (2000) e Ramires & Buzalaf (2007), destacam que em 1953 o Brasil obteve a primeira cidade com flúor adicionado em suas águas para o abastecimento público. A cidade foi Baixo Guandu, no Estado do Espírito Santo e continha $0,15 \text{ mg L}^{-1}$ e após 14 anos de implantação obteve uma redução de 67% nas cáries dentárias de crianças da região (NARVAI, 2000; RAMIRES; BUZALAF, 2007). Já em relação a nível estadual, o primeiro estado do Brasil a fluoretar água para abastecimento público oficialmente e obrigatoriamente foi o Rio Grande do Sul – RS, através da Lei Nº 3.125, de 18 de julho de 1957 (BRASIL, 2012).

No Brasil, a fluoretação da água tornou-se obrigatória a partir da Lei Nº 6.050, de 24 de maio de 1974, regulamentada através do Decreto Nº 76.872, de 21 de dezembro de 1975 e pelas normas e padrões estabelecidos pela Portaria Nº 635/GM/MS, de 26 de dezembro de 1975, valendo para todo o território nacional em sistemas de abastecimento por estações de tratamento de água. Desde então, a recomendação de que a utilização de fluoretos para prevenir cáries foi bastante defendida e apoiada pelas áreas de saúde pública, odontológica e de saneamento (ROSSI; MOREIRA; BARROS, 2020, p. 2).

Rossi; Moreira; Barros (2020) nos informa que foi a partir da década de 2000 que as iniciativas de revogação da Lei Nº 6.050/1974 tomaram maior evidência. Segundo os autores, “O manifesto intitulado *Flúor na Água Não* iniciou um movimento pedindo o fim da fluoretação das águas e já contava com mais de mil pessoas até 2007” (ROSSI; MOREIRA; BARROS, 2020, p. 13).

A partir de pesquisas nos sítios eletrônicos oficiais da Câmara dos Deputados (<http://www.camara.leg.br>), é possível observar os atos legislativos brasileiros referentes à fluoretação nas águas para abastecimento público.

A Lei Nº 6.050/1974 possui três tentativas de revogação, sendo a primeira iniciada através do Projeto de Lei – PL Nº 510/2003 e arquivada no ano seguinte. A segunda tentativa foi pelo PL Nº 95/2007 que tramitou por dois anos e foi arquivada no ano de 2009. A terceira tentativa de revogação segue na câmara de deputados através do PL Nº 6.359/2013, onde atualmente encontra-se pronta para pauta na Comissão de Constituição e Justiça e de Cidadania – CCJC (BRASIL, 2013).

Em sua justificativa para a regulamentação do Projeto de Lei Nº 6.359/2013, o deputado responsável pela redação, Carlos Bezerra (PMDB-MT), destaca que a fluoretação da água é “economicamente injustificável” e “fruto de equívoco científico, além do risco de se adquirir a fluorose pela ingestão excessiva”. O redator ainda conclui que a melhor opção para utilização do flúor seria através do uso tópico (BRASIL, 2013).

Para Andrade (2015), além da ingestão de flúor concentrado na água, a população continua tendo acesso a diversas fontes de flúor sejam elas através de cremes dentais ou em alguns alimentos. Porém, este fato não invalida a problemática da cárie, que continua sendo a grande justificativa para a fluoretação das águas para abastecimento público (ANDRADE, 2015).

De acordo com Kozlowski; Pereira (2003), o aparecimento da fluorose datou em 1888, no México a partir de alterações nos esmaltes dentários. Posteriormente, em 1911, nos Estados Unidos, foram realizados estudos visando buscar a causa dessas deformidades e constatou-se que fora devido à presença do flúor na água para abastecimento público. (KOZLOWSKI; PEREIRA, 2003).

A doença que ocorre através da ingestão de F^- em quantidades excessivas e períodos prolongados (SANTIAGO; SILVA, 2009), causa deformações dentárias e ósseas e já foi identificada em populações rurais no Sudeste e Nordeste no Brasil em trabalhos como Marimon (2006), Martins; Forte; Sampaio (2012) e Adriano *et al* (2017).

Além de estudos que comprovam a correlação do alto índice de flúor com a incidência de doenças, a ingestão de água com excesso de flúor pode desenvolver dois tipos de toxicidades; aguda e crônica, onde a aguda corresponde ao consumo de alta dosagem de flúor de uma única vez, e a crônica corresponde ao aparecimento da fluorose, que resulta da ingestão acima do limite adequado por período prolongado, ocasionando, a princípio, manchas esbranquiçadas no esmalte dental podendo agravar-se a um grau deformante do elemento (BRASIL, 2012).

Percebe-se então, que a presença atípica deste componente químico em águas subterrâneas, poderá servir como indicador de qualidade para a determinação e enquadramento da água destinada ao consumo humano (SANTIAGO; SILVA, 2009).

Conforme Ezaki *et al* (2009) evidencia:

... A sua presença também pode estar associada a atividades humanas em indústrias como a de alumínio (criolita), de fertilizantes (fluorapatita, gesso e formulações NPK) (Conceição & Bonotto, 2005), produção de ácido fosfórico, utilização como fundente nas indústrias metalúrgica e cerâmica e até mesmo no setor nuclear, onde compostos fluorados são utilizados.

Segundo Marimon (2006), regiões de produção de tabaco ou lavouras que utilizam alta carga de fertilizantes NPK (Nitrogênio, Fósforo e Potássio), podem ser uma das causas para o surgimento do flúor em águas subterrâneas por apresentarem em sua formulação um componente chamado fluorapatita que pode conter concentração de F^- (MARIMON, 2006). Ainda de acordo com a autora, a degradação causada pelo homem e o processo natural de decomposição do solo, podem causar a concentração em excesso do íon fluoreto nas águas subterrâneas. Marimon (2006) ainda nos lembra de que o valor de concentração do F^- deve ser alterado de acordo com as condições climáticas e hábitos da população local, variando o valor preconizado pela Legislação (MARIMON, 2006).

De acordo com a FUNASA (2012, p. 13), “os fertilizantes contendo flúor, 0,58 – 2,43%, aparentemente não influenciam em sua concentração nos vegetais cultivados em solos fertilizados, embora a literatura relate mudanças abruptas na concentração de Flúor em vegetais”.

Alguns autores como Sampaio (1993), Santiago; Silva (2009), Marimon (2006), Souza (2011), Martins; Forte; Sampaio (2012), Ferreira (2016) e Adriano *et al* (2017) já manifestaram preocupação acerca deste tema, uma vez que a ocorrência deste parâmetro em águas naturais torna-se um dado preocupante para a população que se utiliza deste recurso hídrico, permitindo o surgimento de doenças degenerativas como a fluorose.

A Portaria de Consolidação nº 5/2017, em seu Anexo 7 do Anexo XX, observa-se o VMP indicado para as substâncias químicas que representam risco à saúde, onde o valor recomendado de concentração de íon de fluoreto é de até $1,5 \text{ mg L}^{-1}$ (BRASIL, 2017).

Segundo Netto *et al.* (2016), a presença do flúor em águas superficiais pode variar em concentrações de $0,01$ a $0,3 \text{ mg L}^{-1}$, enquanto que em águas subterrâneas

a variação está entre >1 até 25 mg L^{-1} . Corroborando com Marimon (2006), o autor ainda explica que a dissolução de fluorita e apatita podem resultar no surgimento do flúor na água (NETTO *et al.*, 2016; MARIMON, 2006).

De acordo com Adriano *et al.* (2017), alterações dentárias e esqueléticas são comuns quando o consumo de água com a presença de fluoreto em doses acima de $3,0 \text{ mg L}^{-1}$ ocorre diariamente. Dessa forma, os distúrbios podem ocasionar manchas esbranquiçadas, opacas ou escurecidas no esmalte do dente, afetando a função mastigatória e principalmente estética (ADRIANO *et al.*, 2017).

Ao analisar as causas do enriquecimento do fluoreto em águas subterrâneas da região central do Estado do Rio Grande do Sul, Marimon (2006) observou através de suas análises que a presença de teores de flúor de até 11 mg L^{-1} nas águas para consumo humano público da cidade, não eram decorrentes da utilização de fertilizantes fosfatados ricos em flúor e que são bastante utilizados na lavoura de tabaco da região. O estudo concluiu que a origem do flúor nas águas subterrâneas deve-se a relação à captação do flúor de rochas sedimentares mais antigas da bacia hidrográfica analisada (MARIMON, 2006).

Ainda nessa região, no município de Santa Tereza, no Rio Grande do Sul, os autores TOASSI; ABEGG (2005, p. 653) evidenciaram em seu estudo descritivo transversal que a prevalência de fluorose dentária em 259 escolares de 4 a 18 anos de idade foi de 63,7%.

Ferreira (2016) em seu estudo sobre a incidência do flúor nas águas rurais do município de Belém, na Paraíba, constatou que não havia relação direta entre os parâmetros de pH e flúor. Foram 23 amostras em sítios diferentes, onde 11 delas apresentaram valores de F^{-} acima do VMP pela portaria vigente de até $6,73 \text{ mg L}^{-1}$. Já nas análises de pH observou-se que todas as amostras estavam de acordo com a portaria vigente (FERREIRA, 2016). O problema questionado pelo autor sobre a correlação do pH e flúor não se confirmam, porém, constata-se que a relação de temperatura e flúor é sim um fator influenciador na região estudada (FERREIRA, 2016).

Dessa forma, a Portaria Nº 635/GM/MS, de 26 de dezembro de 1975 informa sobre os limites recomendados para a concentração do íon fluoreto em função da média das temperaturas máximas diárias (**Figura 2**).

Figura 2 – Limites recomendados para a concentração do íon fluoreto em função da média das temperaturas máximas diárias.

Média das temperaturas máximas diárias do ar °C	Limites recomendados para a concentração do íon fluoreto em mg L ⁻¹		
	Mínimo	Máximo	Ótimo
10,0 - 12,1	0,9	1,7	1,2
12,2 - 14,6	0,8	1,5	1,1
14,7 - 17,7	0,8	1,3	1,0
17,8 - 21,4	0,7	1,2	0,9
21,5 - 26,3	0,7	1,0	0,8
26,4 - 32,5	0,6	0,8	0,6

Fonte: PRT MS/GM 635/1975, Quadro I (BRASIL, 1975).

Entende-se que essa relação do flúor com os níveis de temperatura parte do pressuposto de que em regiões com temperaturas mais elevadas, o consumo de água será maior (SOUZA, 2011, p. 13).

De acordo com Santos (2016), áreas com pluviosidade baixa e temperaturas mais altas estão mais propensas à maior ingestão de água, logo, o consumo de recursos naturais contaminados com flúor pode-se tornar mais frequente, principalmente quando ocorrido constantemente (SANTOS, 2016).

Em uma pesquisa realizada por LICHT; MORITA; TARVAINEN (1996), na Região Sul do Brasil, no Estado do Paraná, foi apontado a relação da incidência do parâmetro do flúor elevado com a ocorrência de diversas minas de fluorita na região. Com base nas análises de solo realizadas pela empresa já extinta, Mineropar, cerca de 35% das 2.270 amostras chegaram a apresentar resultados maiores que 500 mg L⁻¹ e quase 10% maiores que 1000 mg L⁻¹. O maior valor obtido nas análises foi de 8.450 mg L⁻¹, o que contribuiu para a afirmação dos autores de que esses teores elevados em flúor estariam estritamente relacionados com a presença abundante de fluorita e os produtos solúveis de seu intemperismo (LICHT; MORITA; TARVAINEN, 1996, p. 66).

De acordo com a FUNASA (2012, p. 20), “os compostos de Flúor comumente utilizados são: Fluoreto de Cálcio ou Fluorita (CaF₂); Fluossilicato de Sódio (Na₂SiF₆); Fluoreto de sódio (NaF); Ácido Fluossilícico (H₂SiF₆)”.

3.3 CONTEXTO GEOLÓGICO

A ciência do solo tem sua relevante importância nos estudos e análises dos recursos ambientais. É através da caracterização dos tipos de solos que podemos investigar e avaliar as eventualidades advindas da ação da natureza e do homem.

O processo de formação do solo é composto por três fases principais cujas proporções podem variar, são elas: sólida (minerais e matéria orgânica); líquida (água) podendo somar-se a substâncias dissolvidas; e gasosa (gases como O_2 e N_2) (BAIRD, 1999). Outro fator que deve-se levar em consideração quando falamos em solo é o chamado intemperismo. O intemperismo do solo pode agir através da alteração do tamanho e formato das rochas (físico) ou da modificação da composição química do solo (químico) (LEPSCH, 2010).

Os minerais são compostos químicos inorgânicos formados naturalmente e que apresentam uma estrutura molecular bem definida.

De acordo com LICHT; MORITA; TARVAINEN (1996, p. 60), o flúor, elemento do grupo dos halogênios, pode ser encontrado na maioria das rochas como apatita, micas, anfibólios e turmalina na forma de íon fluoreto nos retículos minerais e na forma de fluorita (CaF_2), em alguns tipos de depósitos minerais. Ainda segundo os autores, o flúor é mais facilmente encontrado nos granitos, podendo chegar até 870 mg L^{-1} , do que em relação a outras rochas (LICHT; MORITA; TARVAINEN, 1996, p. 60).

É possível observar que na cadeia dos minerais alguns podem possuir o potencial de uma solubilidade maior em relação a outros. É o caso do mineral responsável pelo surgimento do flúor, a fluorita (NETO *et al*, 2016).

Conforme LICHT; MORITA; TARVAINEN (1996, p. 60) informa:

O flúor tende a se concentrar nos últimos estágios da cristalização magmática, alcançando um máximo durante a fase pegmatítica (p.ex. fluorita em pegmatitos ácidos) e nos pneumatolitos e hidrotermalitos em geral (p.ex. fluorita, topázio e zinnwaldita em graissens) (Rankama & Sahama, 1954). Ocorre como constituinte principal ou acessório em grande número de minerais, sendo os mais comuns a fluorita, a apatita, a zinnwaldita, a lepidolita, a itrifluorita, a ambligonita e o topázio. Desse, o mais abundante – a fluorita – é um mineral muito instável sob quaisquer condições de intemperismo, oxidantes ou redutoras, ácidas ou alcalinas, apresentando uma resistência muito baixa aos agentes naturais do intemperismo. Isso promove uma farta

liberação de flúor para o ambiente secundário, em regiões ricas nesse mineral.

Em linhas gerais, percebe-se que a presença de, principalmente, do composto fluorita está diretamente ligada à presença de flúor no solo.

3.3.1 Geologia do Estado da Paraíba

De acordo com MEDEIROS *et al.* (2016), “o Estado da Paraíba se caracteriza com um bom potencial mineral, principalmente, no que se refere a minerais industriais, responsáveis por abastecer de matérias primas indústrias como a de construção civil, cerâmica, cimenteira, entre outras”.

Alguns municípios do Estado possuem grande potencial de minerais de pegmatito e não metálicos, a exemplo do caulim, composto bastante explorado na região (OLIVEIRA, 2019, p. 27).

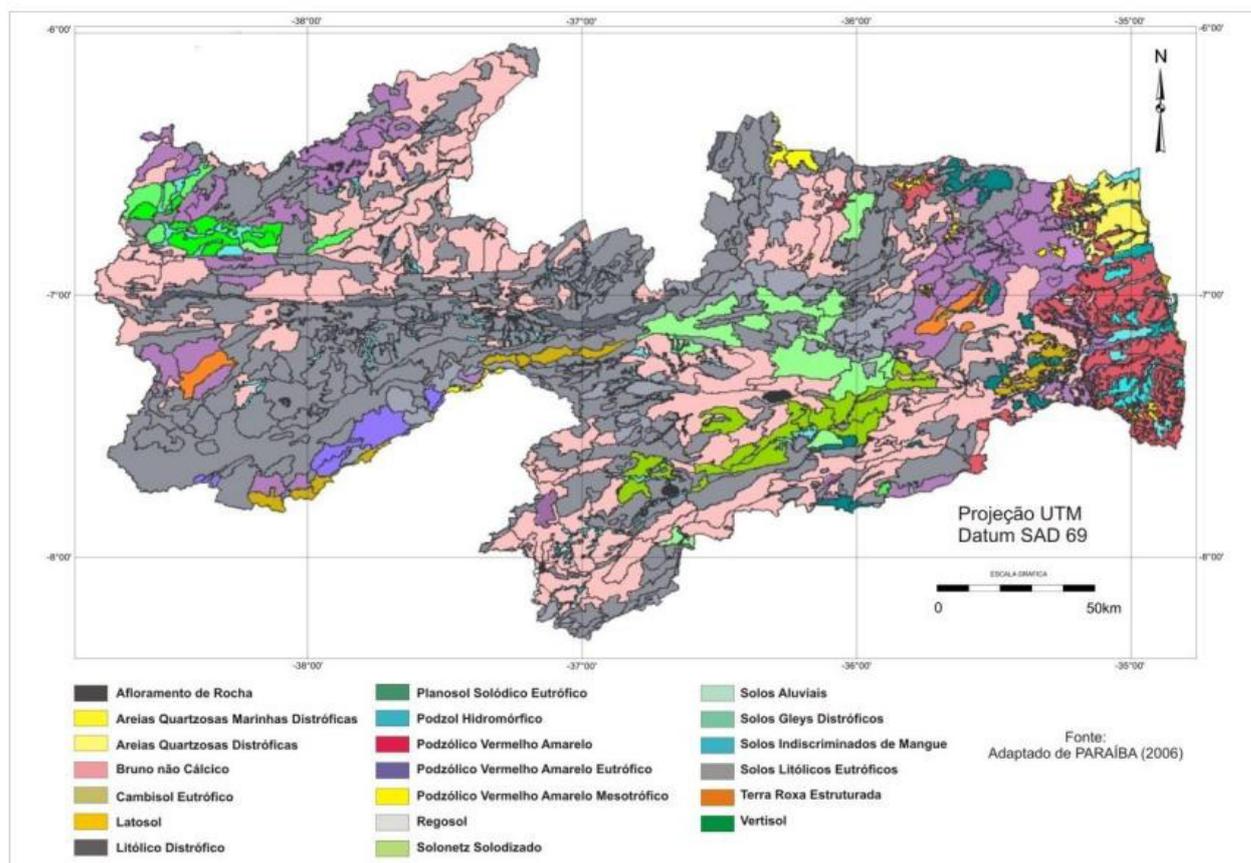
Corroborando com Oliveira (2019), a região do Seridó possui presença significativa do mineral fluorita, bastante utilizado para fins metalúrgico e cerâmico como a exemplo de um antigo depósito (mina) localizado no município de Salgadinho que atualmente está paralisada (SANTOS, Edilton José dos; FERREIRA, Cícero Alves; JÚNIOR, José Maria F. da Silva, 2002, p. 109). Devido à região possuir as mineralizações de fluorita como principal atividade econômica, uma preocupação acerca do impacto que essa atividade pode causar é referente ao processo de desertificação da região (OLIVEIRA, 2019).

Durante um período onde não havia facilidade para a circulação de mercadorias no Estado, o município de Campina Grande tornou-se um polo de comércio de minerais devido à grande produção de minerais, de cristal de rocha, barita, fluorita, scheelita, feldspato, caulim, berilo, mica, espodumênio, água marinha, afrisita etc, além dos chamados minerais “pretos”, tantalita / columbita e cassiterita (SANTOS *et al.*, 2002).

Segundo a AESA-PB (2006), “as rochas que ocorrem no território paraibano, constituem os seguintes sistemas aquíferos: Cristalino, Rio do Peixe, Paraíba-Pernambuco, Serra dos Martins, Aluvial e Elúvio-coluvial” (AESA, 2006).

Na **Figura 3** é possível observar o mapeamento dos tipos de solos presentes em toda a região do Estado da Paraíba.

Figura 3 – Mapa de solos do Estado da Paraíba.



Fonte: FRANCISCO *et al*, 2013.

Segundo os autores SANTOS, Edilton José dos; FERREIRA, Cícero Alves; JÚNIOR, José Maria F. da Silva, (2002, p. 19):

O substrato geológico paraibano é formado predominantemente por rochas precambrianas, as quais ocupam mais de 80% do seu território, sendo complementado por bacias sedimentares, rochas vulcânicas cretáceas, coberturas plataformais paleógenas/neógenas e formações superficiais quaternárias. A área precambriana engloba tratos da Província Borborema (Almeida *et al.*, 1977), um cinturão orogênico meso/neoproterozóico que se estende por grande parte do Nordeste, desde Sergipe até a parte oriental do Piauí.

No mapa geológico do Estado da Paraíba é possível observar a incidência de flúor nos solos próximos às microrregiões do Seridó Ocidental, Oriental Paraibano e

Cariri Ocidental, mais especificamente na Serra da Borborema (SANTOS, Edilton José dos; FERREIRA, Cícero Alves; JÚNIOR, José Maria F. da Silva, 2002, p. 233).

Sampaio (1993) em seu estudo sobre a prevalência de cárie e fluorose dentária em cidades do Estado Paraíba já havia correlacionado a presença de íons de fluoretos na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba com as ocorrências de fluorita (fluoreto de cálcio) na mesorregião de Borborema, mais especificamente nos municípios de Santa Luiza e Salgadinho (SAMPAIO, 1993).

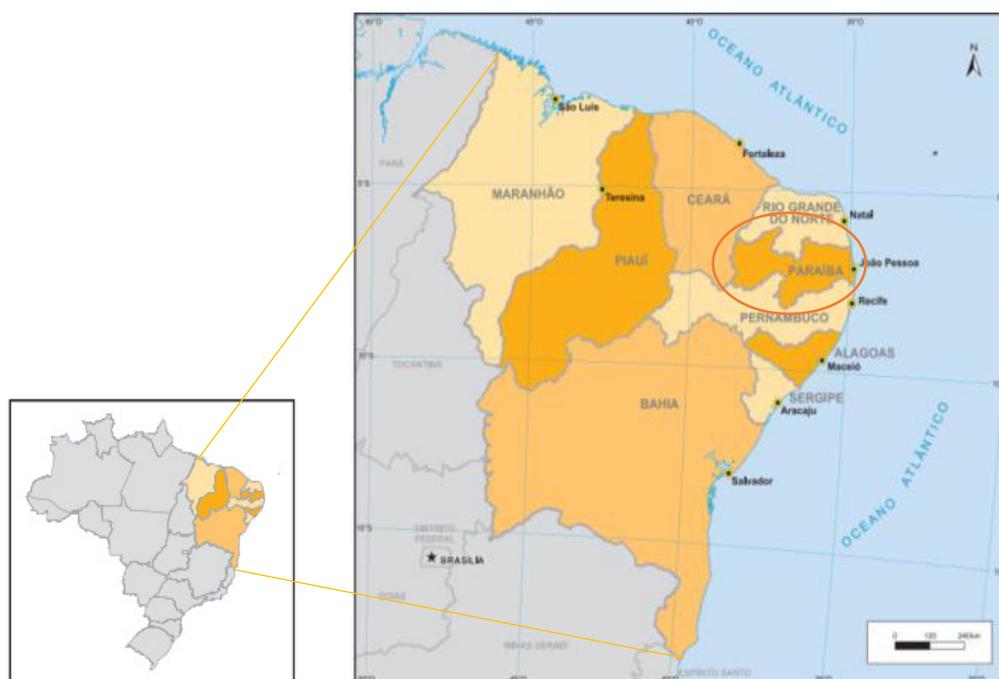
4 METODOLOGIA

Trata-se de um estudo de caráter transdisciplinar descritivo e exploratório, baseado em dados quanti-qualitativos. A descrição da metodologia deste trabalho foi dividida em duas partes: área de estudo e método e ferramentas de pesquisa.

4.1 ÁREA DE ESTUDO

O trabalho foi desenvolvido no Estado da Paraíba – PB, que faz parte dos 26 estados federados brasileiros e está localizado na Região Nordeste do País (**Figura 4**).

Figura 4 – Localização da Região Nordeste e Estado da PB no mapa do Brasil



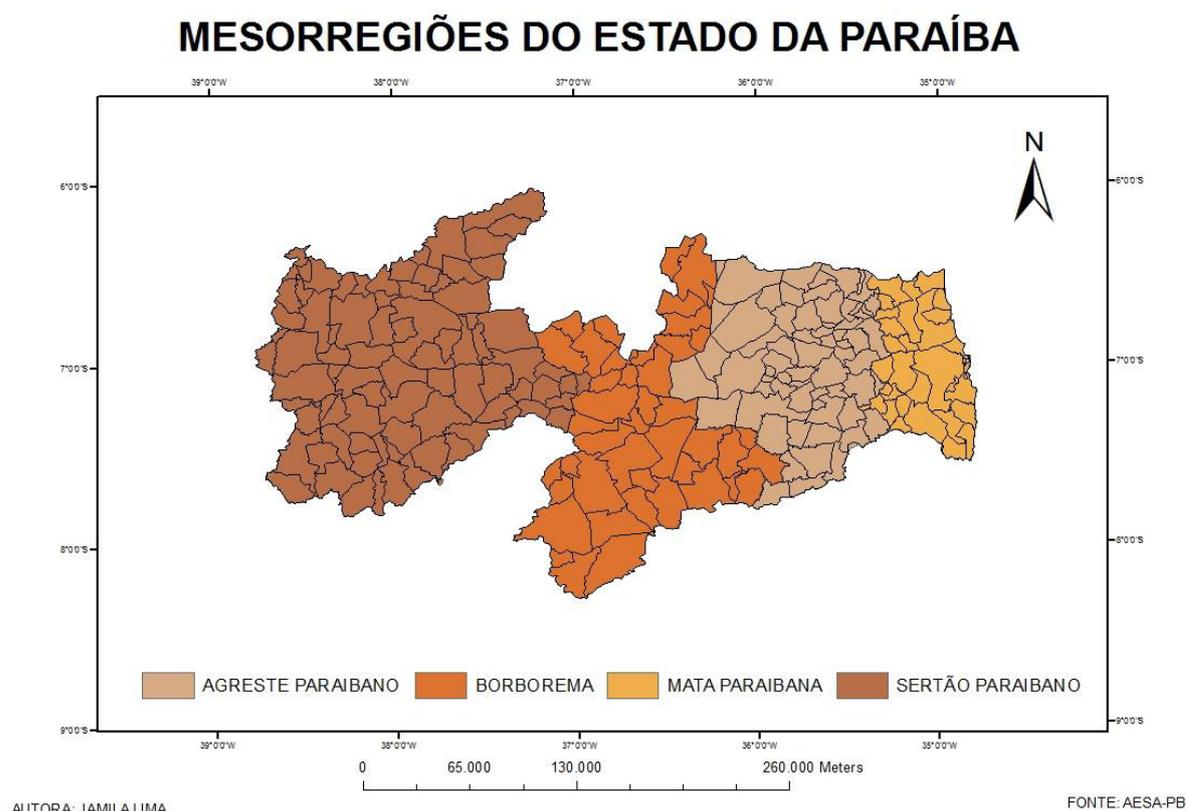
Fonte: Adaptado do IBGE, 2010.

Conforme a estimativa de população para o ano de 2020, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, a população esperada para o Estado é de 4.039.277 habitantes (IBGE, 2020).

O Estado possui uma área territorial de aproximadamente 56.468,435 km², delimitada pelas coordenadas 07°09' S 36°49' W, com atualmente 223 Municípios e

dividido em quatro mesorregiões de acordo com a classificação estabelecida pelo IBGE: Agreste Paraibano, Borborema, Mata Paraibana e Sertão Paraibano (**Figura 5**).

Figura 5 – Mesorregiões do Estado da Paraíba.



Fonte: Autoria Própria, 2020. Dados da AESA.

As mesorregiões do Estado auxiliam na caracterização da área em relação aos seus aspectos econômicos, sociais e políticos. Basicamente, cada mesorregião tem a sua própria característica que a difere das demais.

A mesorregião da Mata Paraibana é caracterizada por deter do clima tropical úmido devido à sua localização próxima ao litoral. Atualmente, é a região com maior população urbana do Estado (IBGE, 2019), abrangendo a Capital do Estado e do terceiro e quarto município de maior população. Com trinta municípios inseridos na sua delimitação, a mesorregião possui diversas culturas de cana-de-açúcar, café e cacau (IBGE, 2020).

A mesorregião do Agreste Paraibano possui o clima semiárido devido à sua localização de transição entre o Sertão e a Mata Paraibana. Abrange 66 municípios e entre eles, Campina Grande, segunda cidade com maior população no Estado. A economia nessa mesorregião detém além das culturas de cana-de-açúcar, algodão e sisal, a pecuária começa a ter espaço em direção ao sertão (IBGE, 2020).

A mesorregião da Borborema possui o clima tropical semiárido e por isso obtém índices pluviométricos mais baixos, logo, a ocorrência de chuvas na região é mais escassa. Com 44 municípios inseridos na região e alguns locais famosos, o seu relevo detém de algumas montanhas e vales, tendo destaques de picos como o conhecido Pico do Jabre, com quase 1.200 metros de altitude. O solo, por sua vez, não tem muita profundidade, dificultando a produção agrícola na região. É possível observar a área de extração mineral e pecuária de caprinos (IBGE, 2020).

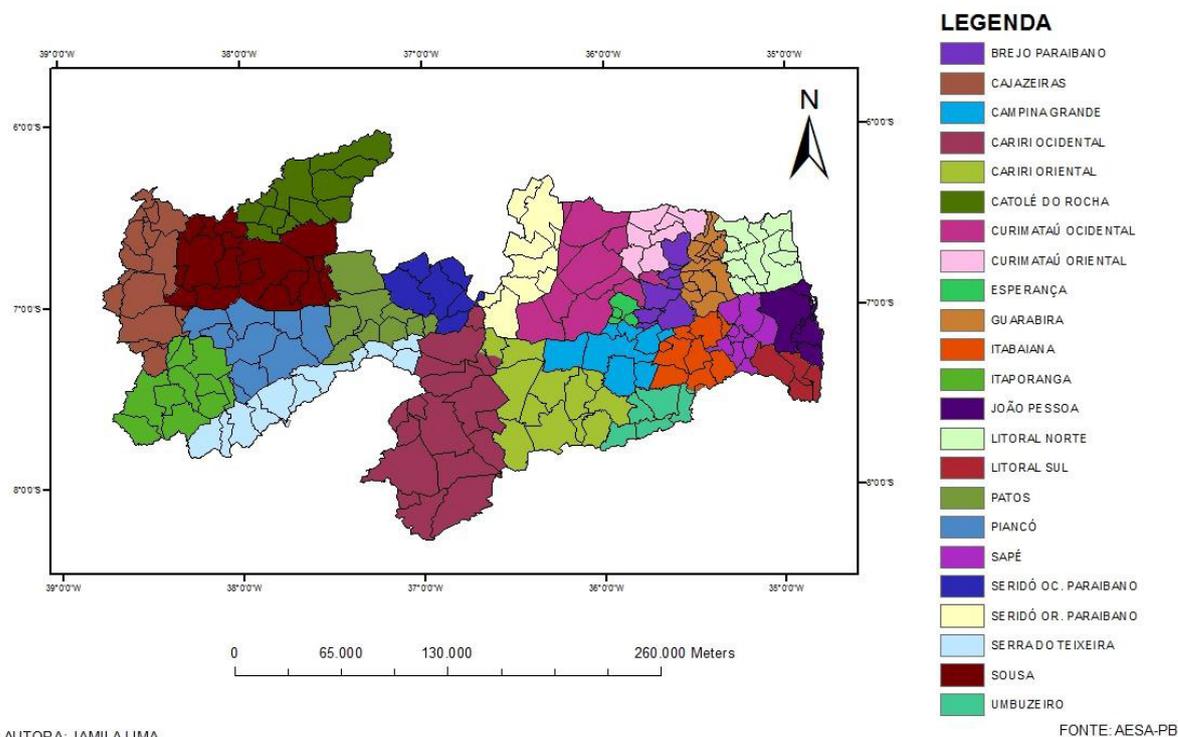
A mesorregião do Sertão Paraibano também possui clima semiárido, porém muitas vezes com períodos sem chuvas, provocando assim longas estiagens. Com 83 municípios, essa região abrange uma vegetação única chamada caatinga. O seu relevo é caracterizado por chapadas, planaltos, e serras (IBGE, 202).

Essas duas últimas mesorregiões também são conhecidas por deterem do fenômeno do Polígono das Secas, que é responsável pelos períodos críticos de prolongadas estiagens em grande parte do Nordeste brasileiro (CARVALHO *et al*, 2015).

Dentro destas quatro mesorregiões, há uma subdivisão em 23 microrregiões (**Figura 6**) com características que chamam a atenção, são elas: Brejo Paraibano, Cajazeiras, Campina Grande, Cariri Ocidental, Cariri Oriental, Catolé do Rocha, Curimataú Ocidental, Curimataú Oriental, Esperança, Guarabira, Itabaiana, Itaporanga, João Pessoa, Litoral Norte, Litoral Sul, Patos, Piancó, Sapé, Seridó Ocidental Paraibano, Seridó Oriental Paraibano, Serra do Teixeira, Sousa, Umbuzeiro (IBGE, 2010).

Figura 6 – Microrregiões do Estado da Paraíba.

MICRORREGIÕES DO ESTADO DA PARAÍBA



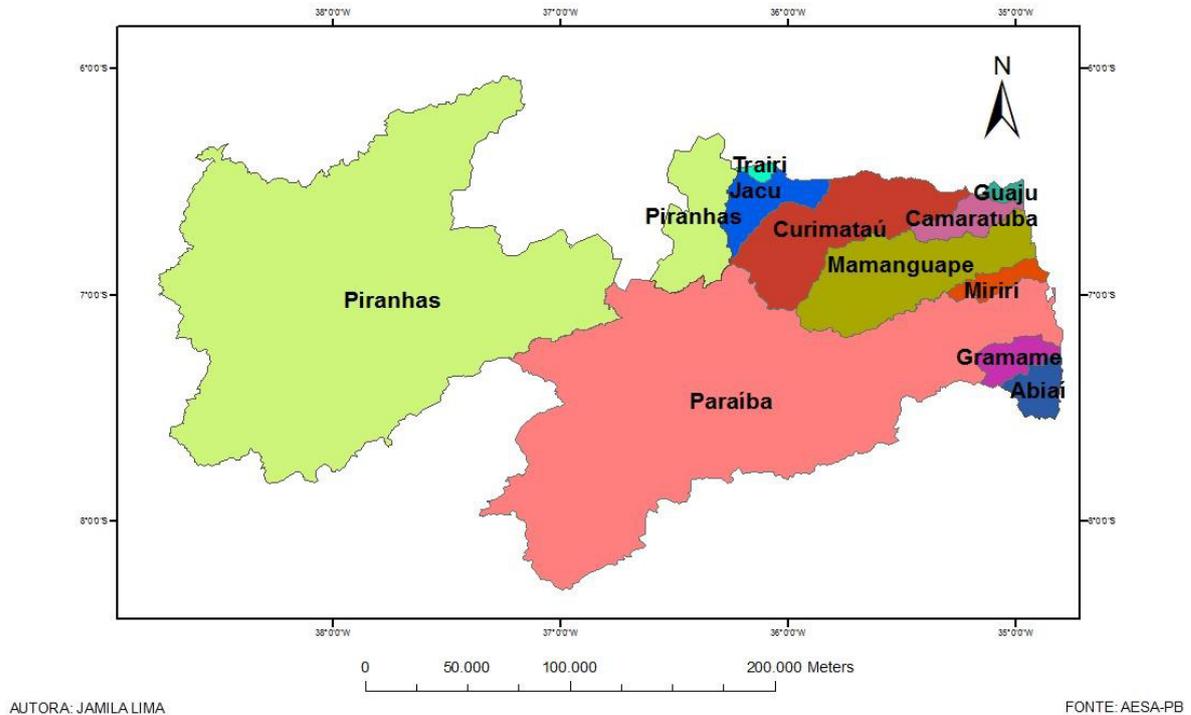
Fonte: Autoria Própria, 2020. Dados da AESA.

É importante destacar que algumas dessas microrregiões possuem formações rochosas que propiciam o surgimento do flúor em águas subterrâneas, a exemplo das regiões do Seridó Oriental e Ocidental Paraibano e Cariri Ocidental (SANTOS, Edilton José dos; FERREIRA, Cícero Alves; JÚNIOR, José Maria F. da Silva, 2002, p. 233).

O Estado da Paraíba faz divisa com os estados do Pernambuco, Rio Grande do Norte e Ceará e apresenta a influência de onze bacias hidrográficas, através dos seguintes rios: rio Piranhas, rio Paraíba, rio Jacu, rio Curimataú, rio Camaratuba, rio Guaju, rio Mamanguape, rio Gramame, rio Miriri, rio Trairi e rio Abiaí (**Figura 7**).

Figura 7 – Bacias hidrográficas do Estado da Paraíba

BACIAS HIDROGRÁFICAS DO ESTADO DA PARAÍBA



Fonte: Autoria Própria, 2020. Dados da AESA.

As bacias hidrográficas do Estado da Paraíba inserem-se na Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Oriental, da divisão de bacias hidrográficas brasileiras. De acordo com o Instituto Nacional de Meteorologia – INMET (2007), essa região hidrográfica apresenta uma precipitação média anual na de 1.052 mm, abaixo da média do país que é de 1.761 mm (INMET, 2007).

4.2 MÉTODO E FERRAMENTA DE PESQUISA

Todas as informações contidas aqui neste trabalho são dados oficiais oriundos da FUNASA/PB. A FUNASA é um órgão público vinculado ao Ministério da Saúde – MS que vem trabalhando desde a década de 90, com o objetivo de fornecer à população facilidade em obter água potável para consumo humano em localidades

de difícil acesso. A promoção da saúde pública exercida pela FUNASA tem algumas vertentes que visam alcançar a população mais vulnerável. Nesse contexto, as ações de saneamento e saúde ambiental se dão por meio do financiamento de sistemas de abastecimento de água.

Os dados utilizados neste trabalho foram obtidos por meio de relatórios de análise laboratorial físico-química da água, realizado pela equipe técnica responsável do laboratório da SACQA, da FUNASA na Paraíba. Com base nestes relatórios, realizou-se uma averiguação da existência de locais que continham análises de água de parâmetros com valores acima do padrão máximo permitido Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2017).

A partir da identificação do parâmetro Flúor como o parâmetro com maior incidência de valores anormais, adotou-se a investigação dos valores de resultados nas análises a partir de $1,0 \text{ mg L}^{-1}$ de flúor em todo o Estado da Paraíba. Este valor de referência foi estabelecido com base na pesquisa bibliográfica.

A justificativa da escolha das análises serem focadas apenas em águas subterrâneas se deu a partir da triagem dos dados, onde foi observado que mais de 80% dos relatórios analisados que estavam fora do padrão de normalidade eram de águas subterrâneas. Também levou-se em consideração o quantitativo de poços em comunidades onde o acesso à rede de abastecimento de água não era facilitado. A maioria dos locais analisados só obtém água potável através desses poços ou com ajuda de caminhões pipas.

Os dados analisados são amostras oriundas de poços do tipo semiartesiano profundo com frequência de análise laboratorial, em média, bimestral do período de janeiro de 2015 até dezembro de 2019.

As coletas realizadas pela equipe técnica responsável foram feitas *in loco*, condicionadas em recipientes de plásticos apropriados, em temperatura de aproximadamente 16°C , transportadas em caixas térmicas, conduzidas em veículo próprio da instituição e levadas ao laboratório sede de análise de água da FUNASA/PB. O laboratório está localizado no Município de João Pessoa, no bairro de Jaguaribe, no prédio da Superintendência Estadual da FUNASA na Paraíba.

Para a identificação da presença de flúor nas análises de água, utilizou-se o método de espectrofotometria, procedimento SPANDS 8029 (SMEWW) 4500F-B,D, adaptado do *Standard Methods of Water and Wastewater* (APHA, 1994).

Utilizou-se espectrofotômetro modelo HACH DR/2010, um equipamento de leitura direta, que utiliza um programa de curvas pré-determinadas dos parâmetros. O comprimento de onda deste equipamento compreende 400 – 900 nm, já o comprimento de onda do flúor é de 580 nm. Utilizou-se cubetas de vidro.

As análises das amostras de água foram feitas em duplicata e passaram pelo processo de filtração e diluição apropriada para posterior análise.

Com o auxílio do editor de planilhas eletrônicas, ordenou-se as análises por município, área (rural ou urbana), tipo de manancial e coordenadas geográficas. Em relação às coordenadas utilizadas para o mapeamento das análises, optou-se por adotar as coordenadas geográficas referentes às sedes municipais de cada município, pois as informações contidas nos relatórios não possuem detalhamento geográfico dos pontos coletados. Os dados foram disponibilizados pela Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba – AESA-PB.

Foram produzidos mapas temáticos em escala (1:100.000) através do software de Sistema de Informações Geográficas, ArcMap 10.5, para criar um mapa temático utilizando os referentes dados contidos nas planilhas, localizando os poços subterrâneos com a incidência do flúor acima do valor máximo permitido pela Portaria vigente, indicando assim os locais pertencentes de cada poço.

Os dados espaciais referentes aos poços foram especializados no sistema de referência SIRGAS 2000 e sistema de coordenadas geográficas.

A análise foi constituída com base em diversos artigos científicos que fomentam a temática do flúor na sociedade.

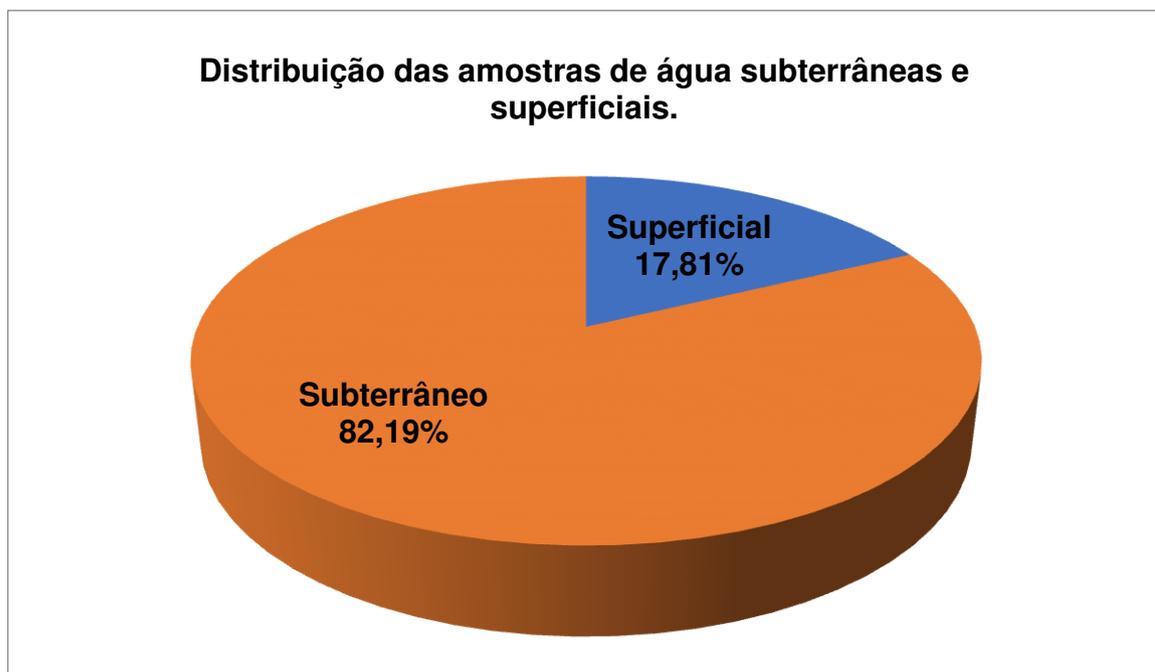
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram contabilizadas o total de 629 amostras de água analisadas pelo laboratório SACQA/FUNASA-PB entre os anos de 2015 e 2019 que continham o parâmetro flúor em suas análises.

Os resultados obtidos foram analisados de acordo com o quantitativo de amostras, ano em que foram realizadas as análises laboratoriais e localidade da coleta das amostras. As figuras 8 e 9 a seguir, tem o intuito de apresentar o quantitativo e a distribuição das amostras estudadas neste trabalho.

A **Figura 8** mostra a distribuição das amostras de águas (superficiais e subterrâneas) no período analisado em estudo. Foram observadas que 517 (cerca de 82,19%) são amostras de águas subterrâneas e 112 (cerca de 17,81%) são amostras de águas superficiais. Destas 112 águas superficiais, apenas duas amostras se mostraram com o parâmetro flúor acima do VMP preconizado pela Portaria em vigência. Sendo assim, optou-se por dar enfoque às análises das amostras em águas subterrâneas.

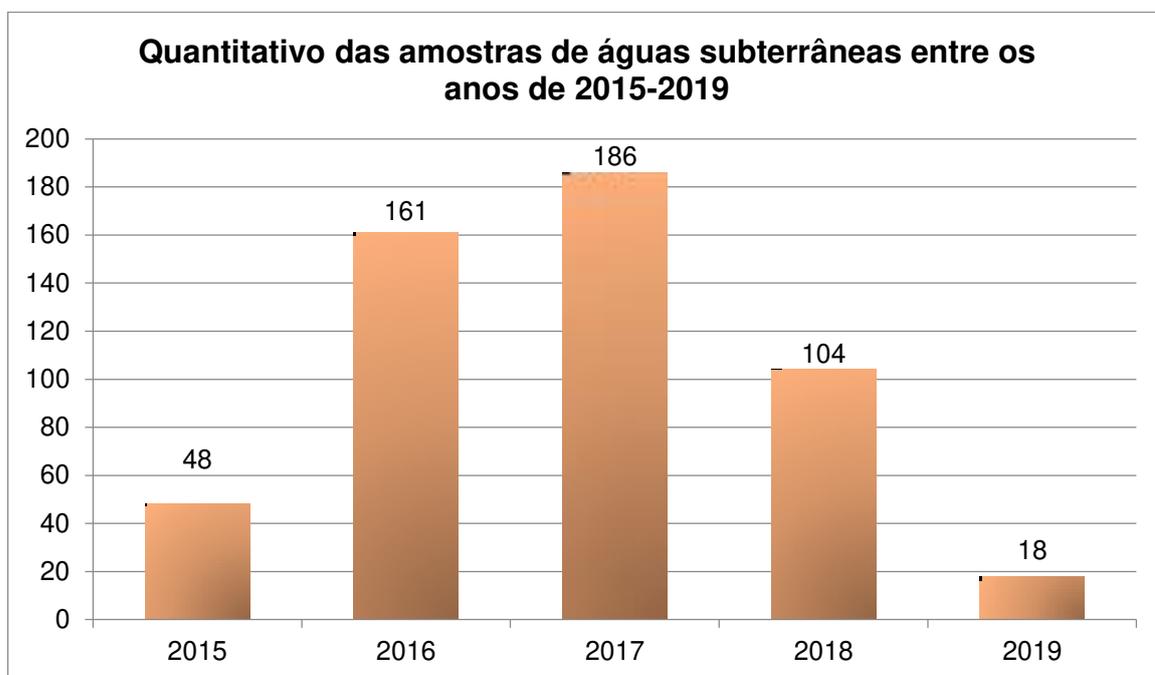
Figura 8 – Distribuição das amostras de águas subterrâneas e superficiais.



Fonte: Dados da pesquisa, 2020, João Pessoa-PB, Brasil.

A **Figura 9** mostra o quantitativo das amostras de águas subterrâneas analisadas pelo laboratório da FUNASA/PB em cada ano durante o período de 2015 até 2019. Observa-se que o ano de 2017 foi o ano em que o laboratório recebeu mais demanda em relação aos demais anos, obtendo 186 amostras (35,97%) do total de amostras. O ano de 2016 foi o segundo ano com maior demanda, contabilizando 161 amostras (31,15%), seguido do ano de 2018, este com 104 amostras (20,12%). Os anos de 2015 e 2019 foram os anos com menores demanda de análise pelo laboratório, obtendo 48 amostras (9,28%) e 18 amostras (3,48%), respectivamente.

Figura 9 – Quantitativo das amostras de águas subterrâneas entre os anos de 2015-2019.



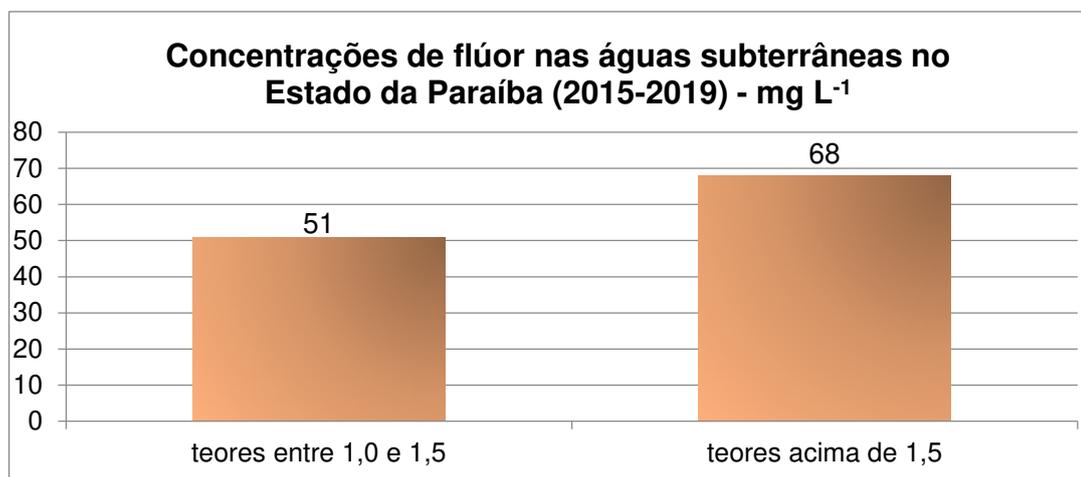
Fonte: Dados da pesquisa, 2020, João Pessoa-PB, Brasil.

Todas as amostras contabilizadas tiveram o parâmetro flúor analisado de acordo com a metodologia adotada pelo laboratório da FUNASA/PB. Notou-se que a ocorrência desse indicador era recorrente nas mesmas cidades entre os anos do estudo.

Sendo assim, a **Figura 10** expõe as concentrações de flúor nas águas subterrâneas, obtido a partir das amostras entre os anos de 2015 e 2019. É possível

observar que do total de 517 amostras subterrâneas, 51 apresentaram-se entre 1,0 e 1,5 mg L⁻¹, enquanto 68 são compostos por valores acima de 3,5 e 9,0 mg L⁻¹.

Figura 10 – Concentrações de flúor nas águas subterrâneas no Estado da Paraíba (2015-2019) - mg L⁻¹.



Fonte: Dados da pesquisa, 2020, João Pessoa-PB, Brasil.

A **Figura 11** faz referência à: Município, ano da análise, teor de flúor e quantitativo de amostras. Os valores contidos na coluna correspondente ao ano dizem respeito à quantidade de amostras acima de 1,5 mg L⁻¹ encontradas nos municípios, indicando assim os teores de íon de fluoreto de cada amostra analisada pela equipe técnica responsável da SACQA, no laboratório da FUNASA, SUEST-PB.

Figura 11 – Amostras encontradas com teor de íon de fluoreto acima de 1,5 mg L⁻¹ nos municípios paraibanos, no período de 2015 a 2019.

Município	2015	2016	2017	2018	2019
Alagoinha	-	2,47	1,72 1,73	-	-
Aparecida	-	1,65	-	1,70	-
Baraúna	-	1,61 4,70	-	-	-
Caiçara	-	-	-	1,65	-
Catolé do Rocha	-	-	-	2,06	-
Damião	-	-	3,94	-	-
Guarabira	-	-	-	-	3,1
Gurjão	-	-	1,61 1,76 2,90	1,56 1,67	-
Imaculada	-	-	2,12	-	-
Ingá	-	-	1,78	-	-

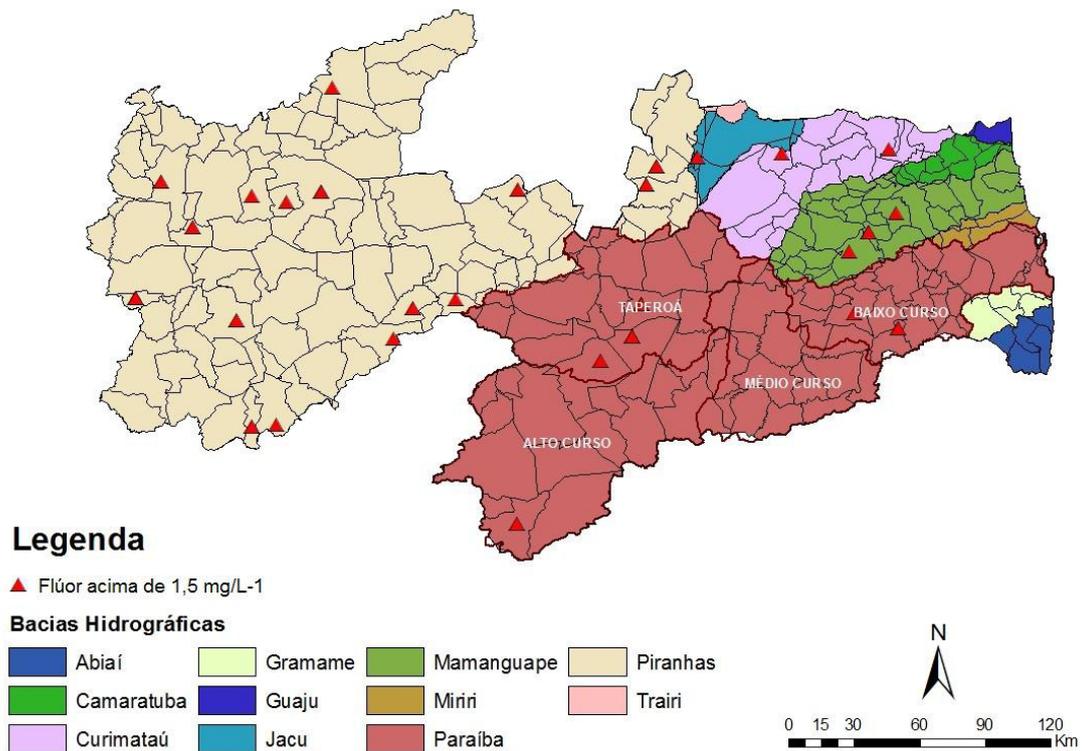
Itaporanga	-	1,76 2,24	-	-	-
Mãe D'água	-	-	2,38 3,92 1,64 1,78 1,78	-	-
Monte Horebe	-	-	2,04 2,28 2,78 2,84	1,80	-
Nazarezinho	-	1,83	-	-	-
Nova Palmeira	-	-	1,54 2,30 2,65	-	-
Pedra Lavrada	-	-	1,64 3,80	-	-
Pombal	-	1,68 2,25 3,20 3,30	-	-	-
Princesa Isabel	-	-	2,22	-	-
Remígio	-	-	1,56	-	-
S. José de Princesa	-	-	1,55 1,69	-	-
S. J. do Rio do Peixe	2,36 2,56 9,00	-	-	-	-
S. João do Cariri	-	-	1,55 1,60 1,79 1,89 2,42 2,54 3,26	-	-
S. S. do Umbuzeiro	-	-	1,80 3,40 1,99 2,32	-	-
Salgado de S. Félix	-	-	2,32 3,24 3,68	-	-
São Bento	-	-	-	1,99	-
Serra Branca	-	-	3,00 3,50	-	-
Teixeira	-	-	2,84	-	-
Várzea	-	-	2,32 2,54	-	-

Fonte: Dados da pesquisa, 2020, João Pessoa-PB, Brasil.

Observa-se que alguns dos teores de íon de fluoreto presentes nas 68 amostras chegam a ser até 6 vezes maiores do que o valor preconizado pela Portaria vigente de 1,5 mg L⁻¹.

Para melhor a visualização, o mapa da **Figura 12** apresenta os pontos de incidência acima do VMP pela Portaria N^o 5/2017 nas bacias hidrográficas localizadas dentro do Estado da Paraíba.

Figura 12 – Mapeamento da fluoretação acima de 1,5 mg L⁻¹ no Estado da Paraíba, entre os anos de 2015 e 2019



Fonte: Dados da pesquisa, 2020, João Pessoa/PB, Brasil.

Convém ressaltar que as análises de água foram realizadas em todas as regiões das onze bacias hidrográficas do Estado, entretanto, as bacias Abiaí, Gramame, Miriri, Camaratuba, Guaju e Trairi não apresentaram nenhum valor acima do permitido. As bacias hidrográficas do Abiaí e Gramame são responsáveis por 70% do abastecimento da Região Metropolitana de João Pessoa (capital do Estado), enquanto as demais servem de área para a construção de açudes públicos visando ao abastecimento das populações e rebanhos, irrigação, pesca, lazer e turismo regional (AESAs, 2018).

Observa-se que a incidência das amostras com teores de flúor acima de 1,5 mg L⁻¹ é localizada em cinco das onze bacias hidrográficas do Estado, são elas: Curimataú, Jacu, Mamanguape, Paraíba e Piranhas. Analisando a relação com as mesorregiões, as bacias Curimataú, Jacu, Mamanguape e a baixo curso do Paraíba estão inseridas na Região do Agreste Paraibano, o alto curso e Taperoá do Paraíba

e parte do Piranhas estão na Região de Borborema e outra grande parte da bacia do Piranhas dentro da Região do Sertão Paraibano.

Apesar da distribuição dos teores de flúor parecerem igualáveis, a Região do Sertão Paraibano obtém maior incidência devido à delimitação de sua área. Essa região detém do tipo de solo com grande potencial mineral, onde no passado já foi bastante explorado através das atividades mineralizadoras (MEDEIROS *et al.*, 2016).

A maior concentração de flúor encontrada foi de 9,0 mg L⁻¹, no Município de São João do Rio do Peixe, localizado na Mesorregião do Sertão Paraibano, mais especificamente na microrregião de Cajazeiras. Um dado alarmante, de valor seis vezes maior do que o valor estabelecido pela portaria vigente. De acordo com o IBGE (2019), a cidade possui cerca de 476,238 km², com uma estimativa de população para o ano de 2020 de aproximadamente 18.026 pessoas. As principais produções agrícolas são banana, cana de açúcar, milho, feijão e mandioca (IBGE, 2019).

O município já é mencionado na literatura por ser uma região endêmica de fluorose dental e deter de vários estudos e pesquisas a respeito da ocorrência de altos teores de flúor. Autores como ADRIANO *et al.* (2017), SOUZA (2011), QUEIROGA *et al.* (2017) já externaram as suas preocupações através de pesquisas e estudos na área.

Em relação à formação rochosa, a região conta com a presença de algumas substâncias minerais como a Biotita metagranitóide de textura *gnaisse* e *ortognaisse*, incluindo calcário cristalino e anfíbolito. Essas substâncias possuem grande potencial do mineral fluorita, principal fonte comercial de flúor (SANTOS, Edilton José dos; FERREIRA, Cícero Alves; JÚNIOR, José Maria F. da Silva, 2002).

A ocorrência de pesquisas de concentração de íons fluoretos (F⁻) em águas subterrâneas são, originalmente, oriundos da área da saúde, a exemplo de Adriano *et al* (2017), que já caracterizou a ligação da doença de fluorose óssea em indivíduos do sexo feminino e com mais de 60 anos no município de São João do Rio do Peixe (ADRIANO *et al*, 2017).

Porém, na literatura, já se observa diversos estudos acerca das águas subterrâneas com índices elevados de flúor em todo o Brasil, bem como Ferreira et

al (2016), Martins; Forte; Sampaio (2012), Marimon (2006), Santiago; Silva (2009), e Sampaio (1993).

A segunda maior concentração de flúor encontrada foi de $4,70 \text{ mg L}^{-1}$, no Município de Baraúna, localizado na Mesorregião de Borborema, na microrregião do Seridó Oriental Paraibano. De acordo com o IBGE (2019), a cidade possui cerca de $50,030 \text{ km}^2$, com uma população de aproximadamente 4.964 pessoas. As principais produções agrícolas são milho, feijão, castanha de caju, fava e mandioca (IBGE, 2019).

Em relação à formação rochosa desse município, a região conta com a forte presença de substâncias minerais utilizadas, principalmente, nas atividades de extração de granito. De acordo com SANTOS, Edilton José dos; FERREIRA, Cícero Alves; JÚNIOR, José Maria F. da Silva, (2002, p. 19), “o minério é lavrado in natura, sendo materiais fontes os *ortognaisses* e *migmatitos*”. Essas substâncias possuem presença significativa do mineral fluorita, principal fonte comercial de flúor.

Como se pode observar, ainda torna-se intrigante e dificultoso construir alguma relação entre a incidência do flúor nos municípios estudados, visto que na literatura não foram encontradas explicações aprofundadas acerca do tema. Algumas hipóteses a respeito da origem do flúor nas águas subterrâneas dessas regiões podem ser colocadas em proximidade tanto à sua formação rochosa, quanto a utilização de possíveis agrotóxicos nas produções agrícolas aqui mencionadas.

Com base em estudos como o de CESARINI (2001), BRITO (2016) e a Portaria Estadual nº 10/99, do Rio Grande do Sul (RIO GRANDE DO SUL, 1999), que apontam como recomendação ideal a concentração de F^- entre as faixas de $0,6 \text{ mg L}^{-1}$ e $1,0 \text{ mg L}^{-1}$ em águas direcionadas para o consumo humano, decidiu-se aumentar a abrangência da análise deste estudo observando as amostras que obtiveram resultados acima à essa faixa.

Sendo assim, observou-se a ocorrência do íon de fluoreto no Estado da Paraíba com níveis a partir de $1,0$ até $1,5 \text{ mg L}^{-1}$. Os resultados obtidos foram de 51 amostras que apresentaram níveis aproximados ao VMP (**Figura 13**).

Figura 13 – Amostras encontradas com teores de íon de fluoreto entre 1,0 e 1,5 mg L⁻¹ nos municípios paraibanos, no período de 2015 a 2019.

Município	2015	2016	2017	2018	2019
		1,14	1,24		
Alagoinha	-	1,40	1,27	-	-
		1,45	1,44		
		1,18	1,50		
Alhandra	-	1,02	-	-	-
Baraúna	-	-	-	-	-
Bonito de Santa Fé	-	-	1,02	-	-
Cacimbas	-	-	1,06	-	-
Guarabira	-	-	1,43	-	1,26
				1,33	
Gurjão	-	-	1,26	1,37	-
				1,42	
			1,00		
Monte Horebe	-	-	1,14	1,46	-
			1,36		
		1,00			
		1,05			
Nazarezinho	-	1,14	-	-	-
		1,16			
		1,22			
		1,39			
		1,50			
			1,04		
Nova Floresta	-	-	1,12	-	-
			1,14		
Nova Palmeira	-	-	1,38	-	-
Pedra Lavrada	-	-	1,02	-	-
			1,27		
		1,20			
Pombal	-	1,38	-	-	-
		1,46			
Santa Luzia	-	1,22	-	-	-
S. José de Princesa	-	1,03	-	-	-
S. João do Cariri	-	-	1,39	-	-
			1,42		
			1,11		
			1,28		
S. S. do Umbuzeiro	-	-	1,40	-	-
			1,43		
			1,43		
			1,02		
Salgado de S. Félix	-	-	1,26	-	-
Serra Branca	-	-	1,31	-	-
Várzea	-	-	1,07	-	-
			1,30		

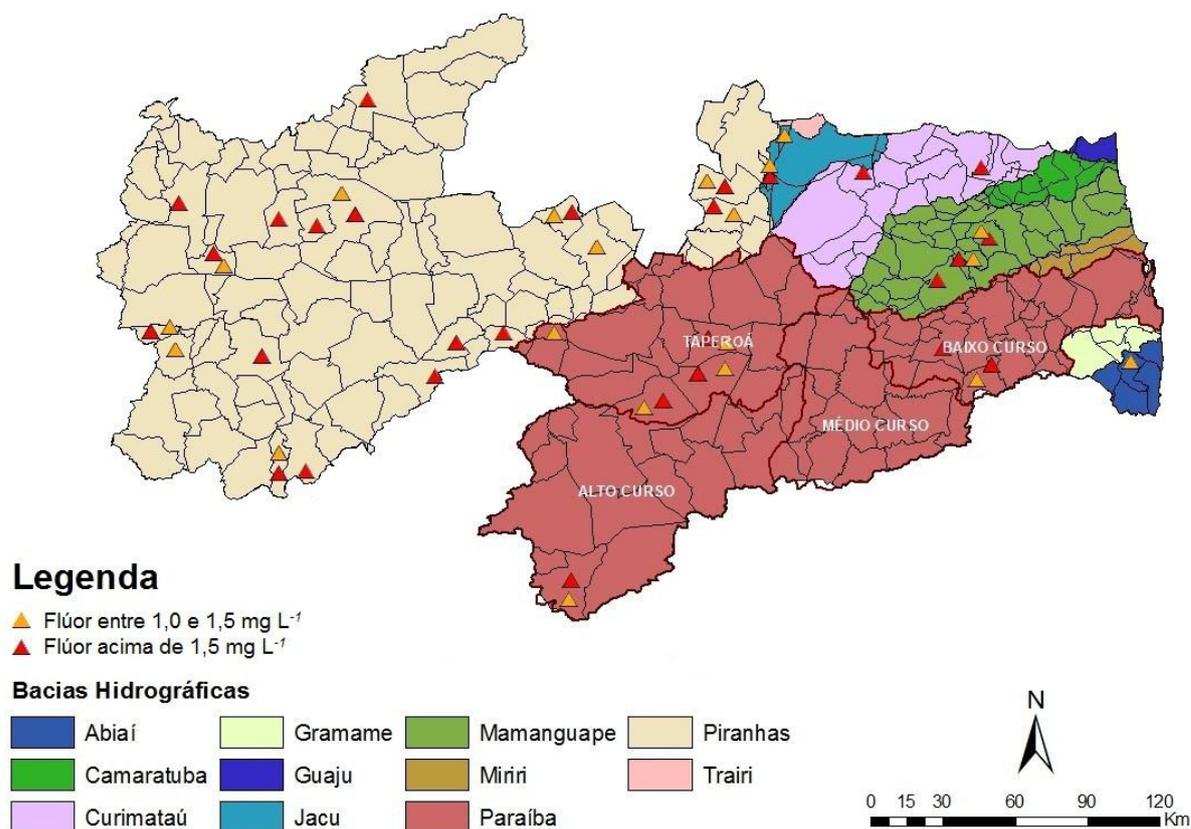
Fonte: Dados da pesquisa, 2020, João Pessoa-PB, Brasil.

Os resultados apresentados na figura mostram 20 municípios do Estado com incidência de íons fluoretos com os valores entre 1,0 e 1,5 mg L⁻¹. Cerca de 46,10% das amostras obtiveram valores entre 1,0 e 1,25 mg L⁻¹ e 54,90% obtiveram valores acima de 1,25 e 1,50 mg L⁻¹.

Em relação à localização desses municípios, eles estão inseridos em quatro das onze bacias hidrográficas de todo o Estado, são eles: Bacia Hidrográfica do Guaju, Bacia Hidrográfica do Mamanguape, Bacia Hidrográfica do Piranhas e Bacia Hidrográfica do Paraíba.

A **Figura 14** apresenta as amostras espacializadas no mapa do Estado da Paraíba. Observa-se que os pontos destas amostras são bastante similares aos pontos anteriores em que houve excedência do valor preconizado para o consumo humano pela Portaria vigente.

Figura 14 – Mapeamento da fluoretação entre 1,0 e 1,5 mg L⁻¹ no Estado da Paraíba.



Fonte: Dados da pesquisa, 2020, João Pessoa/PB, Brasil.

Observa-se que a incidência das amostras com teores de flúor acima entre 1,0 e 1,5 mg L⁻¹ localizam-se próximas aos pontos de incidência de flúor acima do VMP da portaria vigente (**Figura 12**). Diferenciou-se apenas em relação à

localização dos pontos nas bacias hidrográficas do Estado, obtendo presença nas bacias Abiaí, Jacu, Mamanguape, Paraíba e Piranhas.

Analisando a relação com as mesorregiões, as bacias Jacu, Mamanguape e a baixo curso do Paraíba estão inseridas na Região do Agreste Paraibano, o alto curso e Taperoá do Paraíba e parte do Piranhas estão na Região de Borborema, outra grande parte da bacia do Piranhas dentro da Região do Sertão Paraibano e a bacia Abiaí localiza-se dentro da Região da Mata Paraibana.

De forma similar à **Figura 12**, a **Figura 14** ilustra a distribuição das amostras com os valores 1,0 e 1,5 mg L⁻¹ que aparecem em maior quantidade na Região do Sertão Paraibano.

Em relação aos municípios do Estado da Paraíba, do total de 223, trinta e quatro apresentaram concentrações de fluoreto livre na água acima do valor estabelecido como seguro para consumo humano.

Pesquisas realizadas por SAMPAIO (1993) SOUZA (2011), MARTINS (2012) e FERREIRA (2016) indicam que o teor elevado de flúor em alguns municípios do Estado da Paraíba já é recorrente. Isto ocorre, devido às formações rochosas da área em estudo. Tendo em vista toda a revisão bibliográfica deste trabalho, as suspeitas de que a causa da incidência de flúor nos aquíferos relatadas pelos autores de diversas regiões do país sejam de fontes naturais, se confirmam. A afirmação se dá através do debate acerca da hipótese de que a contaminação das águas subterrâneas seja procedente da formação rochosa da área.

Em um estudo realizado por FERREIRA (2016), observou-se resultados com predominância de flúor, ao analisar amostras de água no município de Belém, também no Estado do Paraíba, no Agreste Paraibano, corroborando com o achado de EZAKI, *et al* (2009), que apesar de ser diferente da região estudada, também apresentou dados preocupantes de concentração de flúor em águas subterrâneas nos Municípios de Salto e Indaiatuba, no Estado de São Paulo.

Apesar destes estudos não apresentarem valores tão elevados quanto os presentes neste trabalho, a desconformidade com o valor estabelecido pela Portaria de Consolidação nº 5/2017 (BRASIL, 2017) torna-se preocupante para a população que usufrui do abastecimento dessas águas.

Na literatura, é importante observar que a preocupação a respeito dos teores excessivos de flúor presentes nas águas destinadas para consumo humano já foi demonstrada em várias regiões do país e do mundo.

Em um estudo realizado por KOMATI; FIGUEIREDO (2013), os autores citam que algumas pesquisas em países da Europa central, Estônia, Finlândia, Argentina e México já possuem descobertas sobre a ocorrência do flúor em águas subterrâneas.

Embora o uso de flúor no combate à cárie dentária seja benéfico para a sociedade, acredita-se que a contínua utilização do mesmo, em níveis como os resultados encontrados neste estudo, principalmente, da população mais jovem, pode contribuir para o aumento da prevalência de fluorose dental (KOMATI; FIGUEIREDO, 2013).

Cury (2001 apud KOMATI, 2008, p. 10), afirma que os relatos de casos de fluorose óssea no passado foram devidos à poluição industrial ou ingestão de água com concentrações de flúor a 10 mg L^{-1} .

Segundo KOMATI (2008, p. 16-17), em estudos de toxicidade crônica do fluoreto realizados na Índia, foram encontradas concentrações entre 1,2 a $8,9 \text{ mg L}^{-1}$ na água destinada ao consumo da população moradora de uma localidade próxima à uma mina de fluorita. Cerca de 7,4% e 37,7% dos cidadãos com mais de 21 anos foram diagnosticados com fluorose esquelética (óssea). Já em relação às crianças, a porcentagem foi de 5,2%. O autor nos diz ainda que foi possível observar a relação entre o sexo masculino e a idade, e que “deformidades ósseas foram observadas em grupos de indivíduos com mais de 48 anos e concentrações de flúor de $3,3 \text{ mg L}^{-1}$ ” (KOMATI, 2008, p. 17).

Evidencia-se que a concentração de flúor pode vir a ser parâmetro relevante na avaliação da qualidade das águas subterrâneas, uma vez que já houve diversas discussões acerca das doenças causadas pelo consumo da água fluoretada em níveis acima do valor permitido.

Alguns estudiosos já evidenciaram que a existência de países com alta incidência de fluorose pode ser devido ao abastecimento de água através de poços que atingem a profundidade do lençol freático, presente nas áreas onde se encontram as abundantes rochas magmáticas ricas em flúor. É possível encontrarmos numerosas pressuposições para a origem do flúor em águas

subterrâneas, sendo a mais comum entre elas atribuída à ocorrência em mineralizações de fluorita em terrenos geológicos (SANTIAGO; SILVA, 2009).

Os autores Santiago e Silva (2009), nos informam que o surgimento do flúor em níveis elevados em águas subterrâneas está relacionado aos processos ígneos ou magmáticos, que após liberados pelo intemperismo dos minerais, transforma-se em íon fluoreto livre dissolvido (F^-), quando em presença da água.

Segundo BELL (1998, apud KOMATI; FERREIRA, 2013, p. 548), é pertinente dizer que, alguns agentes devem ser apontados como atividades antrópicas que auxiliam a continuidade da presença de íons de fluoretos no meio ambiente, são eles: siderurgia, fundições de minérios, fabricação de alumínio, produção de fertilizantes, louças e esmaltados, etc.

Para corroborar, Marimon (2006) disserta que, frequentemente, o surgimento do flúor em águas subterrâneas é relacionado a três tipos de origem; a contaminação antropogênica (indústrias de alumínio, cerâmica, fertilizantes, etc.), a agricultura (fertilização e irrigação) e as características hidrogeológicas e hidroquímicas dos aquíferos. A autora ainda afirma que países como Índia, Paquistão, China e Quênia, já registraram problemas de fluorose relacionados à ingestão de águas subterrâneas.

No Brasil, já foram identificadas concentrações de fluoretos acima do VMP pela Portaria de Consolidação nº 5/2017 MS, nos Rio Grande do Sul, Paraná, São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais, Ceará e Paraíba. Constata-se que, a preocupação para com a problemática em questão, não envolve apenas a área referente à sua extensão, visto que há relatos de problemas de fluorose dentária e óssea em crianças e adultos destas regiões (SANTIAGO; SILVA, 2009).

Dada à relevância do assunto, é de suma importância que o debate a respeito da temática seja amplamente relacionado ao surgimento dos problemas na saúde pública. A fluorose dental e óssea é um problema grave de saúde pública que ainda atinge uma parcela da população brasileira.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando a problemática abordada neste trabalho, entende-se que é de extrema importância estabelecer o debate no tocante ao conhecimento e entendimento mais aprofundado sobre a causa do surgimento de íons fluoretos em águas subterrâneas destinadas ao abastecimento, ratificando assim, a importância de que estas águas são utilizadas para consumo pela população local assistida.

Diante do exposto, pode-se inferir que, devido à incidência de níveis elevados de íons fluoretos que a qualidade dos recursos hídricos subterrâneos de muitos municípios do Estado da Paraíba está comprometida. A partir da revisão de literatura foi possível relacionar esta situação de alto risco com a formação rochosa da área de estudo.

É preciso entender que os dados aqui apresentados relacionaram-se às amostras provenientes de águas de poços profundos. Infelizmente, não houve dados relacionados a sedimentos destes mesmos locais, o que acredita-se se tornar de extremo interesse público, haja visto o debate deste trabalho.

Uma dificuldade encontrada no desenvolver deste trabalho se deu em relação à literatura de estudos mais aprofundados no tocante à relação de incidência do flúor nas águas subterrâneas em diferentes regiões e sub-regiões do Brasil e do Estado. Também não foram encontradas referências recentes (em um período menor que 20 anos) da relação do flúor com a formação geológica em que o parâmetro geralmente é encontrado.

Nota-se a necessidade de estudos e pesquisas a respeito da investigação dos tipos de solos que apresentam a existência de níveis elevados de íons fluoretos presentes nas águas subterrâneas, no intuito de se averiguar as suas causas. Da mesma forma para as pesquisas que relacionem o uso dos agrotóxicos usados nas regiões com a incidência de flúor. É de suma importância que haja discussões interdisciplinares entre essas áreas, para que se obtenham pesquisas mais completas envolvendo a temática atual.

É imprescindível que medidas de desfluoretação sejam adotadas visando uma melhor qualidade de vida da comunidade, visto que as águas provenientes dos aquíferos subterrâneos são destinadas ao consumo humano da população local.

Outras medidas cabíveis e mais acessíveis ao poder público, devem ser debatidas com uma visão macro do problema em questão.

A preocupação diante do exposto torna-se urgente, pois demonstra uma má qualidade de vida da população da região, uma vez que estão utilizando água imprópria para consumo. Dessa forma, este estudo poderá ser utilizado como base para elaboração de políticas públicas que proponham a desfluoretação de águas subterrâneas, tendo em mente que o investimento neste tema pode ser justificado através da melhoria de saúde da população local pela prevenção das doenças citadas neste estudo e consequente diminuição dos gastos com saúde pública.

REFERÊNCIAS

- ADRIANO, M. S. P. F. *et al.* **Fluorose óssea no Brasil: conhecimento de uma população acerca da doença.** REFACS. Revista Família, Ciclos de Vida e Saúde no Contexto Social, v. 5, p. 125-130, 2017.
- AMARAL, L. A. *et al.* **Água de consumo humano como fator de risco a saúde em propriedades rurais.** Rev. Saúde Pública. São Paulo. 37(4) 510 - 514. 2003.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and waste-water.** 18 ed. New York, APHA, AWWA, WPCF, 1994.
- ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Atlas. **Abastecimento urbano de água: resultados por estado/** Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico; Engecorps/Cobrape. Brasília: ANA: Engecorps/Cobrape, 2010.
- ANA. **Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico.** 2020. Disponível em: <<https://www.ana.gov.br/usos-da-agua/abastecimento>>. Acesso em 26 de jun. de 2020.
- ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil - Encarte Especial sobre a Crise Hídrica.** 2014. Disponível em <<http://conjuntura.ana.gov.br/docs/crisehidrica.pdf>>. Acesso em 27 ago. 2019.
- ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2019: informe anual.** Brasília: ANA, 2019. Disponível em: <<http://conjuntura.ana.gov.br/gestaoagua>>. Acesso em 18 de jan. de 2020.
- ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2020: informe anual /** Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. -- Brasília : ANA, 2020. 118p. : il. Disponível em: <<http://conjuntura.ana.gov.br/static/media/conjuntura-completo.23309814.pdf>>. Acesso em 22 de dez. de 2020.
- ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Cuidando das águas: soluções para melhorar a qualidade dos recursos hídricos /** Agência Nacional de Águas, Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. 2. ed. -- Brasília: ANA, 2013.
- ANDRADE, S. C. **70 Anos de Fluoretação da Água de Abastecimento Público Requer Debate.** Ciência e Cultura, v. 67, n. 2, p. 08-09, 2015.
- BARBOSA, P. M. **Estudo da qualidade da água distribuída pelo poço artesiano da FEG em relação à água servida pelo abastecimento público de Guaratinguetá.** Trabalho de Graduação em Engenharia Civil. UNESP -

Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá. 2011.

BORGHETTI, B. B. N. R.; BORGHETTI, J. R.; FILHO, R., E. F. **O Aquífero Guarani**. 2004.

BAIRD, C.; **Química Ambiental, 2ª Ed**, Bookman: São Paulo, 1999.

BRASIL. 2013. Câmara dos Deputados. **Projeto de Lei - PL 6.359/2013**. Revoga a Lei nº 6.050, de 24 de maio de 1974, que "dispõe sobre a fluoretação da água em sistemas de abastecimento quando existir estação de tratamento". Disponível em: <<https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=592173>> . Acesso em: 26 jun. 2020.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de fluoretação da água para consumo humano** / Fundação Nacional de Saúde. – Brasília: FUNASA, 2012.

BRASIL. Ministério da Saúde. Lei Nº 6.050, de 24 de maio de 1974. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, de 22 de dezembro de 1975, Decreto Nº 76.872. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6050.htm> Acesso em 07 de dez 2020.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria de Consolidação nº 5, 28 de setembro de 2017. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, de 03 de outubro de 2017, Seção 1, p. 360. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm> Acesso em 05 de fev. 2020.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria Nº 635/GM/MS, de 26 de dezembro de 1975. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, de 30 de janeiro de 1976. Disponível em: <<https://central3.to.gov.br/arquivo/282915/>> Acesso em 07 de dez. 2020.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador. **Análise de indicadores relacionados à água para consumo humano e doenças de veiculação hídrica no Brasil, ano 2013, utilizando a metodologia da matriz de indicadores da Organização Mundial da Saúde (OMS)**. Brasília: Ministério da Saúde, 2015. 37 p.: il.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano**/ Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde. – Brasília: Ministério da Saúde, 2006. 212 p. – (Série B. Textos Básicos de Saúde) Disponível em: <https://bvsm.sau.gov.br/bvs/publicacoes/vigilancia_controle_qualidade_agua.pdf> Acesso em 07 de dez. de 2020.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Lei Nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997: **Política Nacional de Recursos Hídricos**. Brasília: Secretaria de Recursos Hídricos,

1997. 72p. Disponível em:
<<https://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2018/marco/29/PRC-5-Portaria-de-Consolida----o-n---5--de-28-de-setembro-de-2017.pdf>> Acesso em 24 set. 2019.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Plano Nacional de Recursos Hídricos**. Síntese Executiva - português / Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos. - Brasília: CDU (2.ed.)556.18, MMA, 2006.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA Nº 396, de 03 de abril de 2008**. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília. Disponível em:
<<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=562>> Acesso em 24 jun. 2020.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA 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. Publicada no DOU nº 053, de 18/03/2005, págs. 58-63. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>> Acesso em 24 jun. 2020.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente; Ministério da Educação; Instituto Brasileiro de Defesa do Consumidor. **CONSUMO SUSTENTÁVEL: Manual de educação para o consumo sustentável**. Brasília: Consumers International/ MMA/ MEC/ IDEC, 2005. 160 p.

BRITO, L. T. L. *et al.* **Qualidade de água para consumo humano**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido. Documentos, 196. 16 p. 2007.

BRITO, C. S. *et al.* **Vigilância da Concentração de Flúor nas Águas de Abastecimento Público na Cidade de Passo Fundo-RS**. Cadernos Saúde Coletiva, v. 24, n. 4, 2016.

CAGEPA. Companhia de Água e Esgotos da Paraíba – CAGEPA, 2020. **Linha do tempo**. Disponível em: <<http://www.cagepa.pb.gov.br/institucional/linha-do-tempo/>>. Acesso em: 07 dez. de 2020.

CARVALHO, M. S. B. S.; *et al.* **Compartimentação dos Domínios Naturais do Semiárido Brasileiro**. Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR. 2015.

CORTECCI, G. **Geologia e Saúde**. Bologna: Università degli Studi di Bologna – DipartimentodiScienzedella Terra e Geologico – Ambientale. Tradução Wilson Scarpelli. São Paulo, 2003. Disponível em:
<http://www.cprm.gov.br/publique/media/gestao_territorial/geologia_medica/geosaud e.pdf>. Acesso em 20 de jul. de 2019.

COSTA, A. B. et al. **Desfluoretação de águas subterrâneas utilizando filtros de carvão ativado de osso**. Revista Águas Subterrâneas, São Paulo, n. 3, v. 27, p. 60-70, 2013.

EZAKI, S. et al. **Avaliação da ocorrência de íon fluoreto nas águas subterrâneas dos Aquíferos Tubarão e Cristalino, região de Salto (SP)**. Águas Subterrâneas, v. 1, 2009.

FRANCISCO, P. R. M.; CHAVES, I. DE B.; LIMA, E. R. V. DE. **Classificação de Terras para Mecanização Agrícola e sua Aplicação para o Estado da Paraíba**. Revista Educação Agrícola Superior, v.28, n.1, p.30-35, 2013.

FERREIRA, J. E. V. **Mapeamento dos Níveis de Flúor e pH em Águas da Zona Rural do Município de Belém-PB**. 26 p. : il. color. 2016.

MEDEIROS, *et al.* **Principais Ocorrências de Minerais Industriais no Estado da Paraíba: Uma Revisão**. IV Simpósio de Minerais Industriais do Nordeste. João Pessoa - PB. 2016.

FREITAS, M. B.; BRILHANTE, O. M.; ALMEIDA, L. M. **Importância da análise de água para a saúde pública em duas regiões do Estado do Rio de Janeiro: enfoque para coliformes fecais, nitrato e alumínio**. Cadernos de Saúde Pública, v. 17, p. 651-660, 2001.

HACH Company. **Procedures Manual of Spectrophotometer DR/2010**. USA, 1996.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2017: Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário** / IBGE, Coordenação de População e Indicadores Sociais. - Rio de Janeiro: IBGE, 2020. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101734.pdf>> Acesso em 07 de dez. de 2020.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico – PNSB**. 2018 e 2019. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/home/cnt/brasil>> Acesso em 20 de out. de 2020.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua Anual – PNADCA**. 2019. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/home/cnt/brasil>> Acesso em 20 de out. de 2020.

INMET. **Instituto Nacional de Meteorologia**. Disponível em: <<https://portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos>> Acesso em 04 de dez. de 2020.

LEPSCH, I. F. **Formação e Conservação dos Solos**. Oficina de textos, 2010.

LICHT, O.A.B.; MORITA, M.C.; TARVAINEN, T. **A Utilização de Dados de Prospecção Geoquímica da Fluorita no Primeiro Planalto Paranaense na Identificação de Áreas de Interesse para a Saúde Pública: Uma Abordagem Preliminar.** *Geochim. Brasil*, v. 10, n. 1, p. 57-69, 1996.

KOMATI, S. H.; FIGUEIREDO, B. R. **Flúor em Água e Prevalência de Fluorose em Amparo (SP).** *UNESP, Geociências*, v. 32, n.3, p. 547-559, 2013.

KOMATI, S. H. **Flúor em Água e Prevalência de Fluorose no Estado de São Paulo** / Sergio Hideki Komati -- Campinas,SP.: [s.n.], 2008.

KOZLOWSKI, F. C.; PEREIRA, A. C. **Métodos de Utilização do Flúor Sistêmico.** In: PEREIRA, A. C.; ASSAD, A. V.; RONCALLI, A. G.; PERES, A. S.; BOTAZZO, C.; TEN, C. Y. *et al.* (Org). *Odontologia em saúde coletiva: planejando ações e promovendo saúde.* Porto Alegre: Artmed, 2003. Cap 14, p.265-274.

MARIMON, M. P. C. **O Flúor nas Águas Subterrâneas da Formação Santa Maria, na Região de Santa Cruz do Sul e Venâncio Aires, RS, Brasil.** Programa de Pós-Graduação em Geociências, Tese de Doutorado UFRGS, Porto Alegre – RS 2006, p.306.

MARTINS, E. T. L. FORTE, F. D. S. SAMPAIO, F. C. **Mapeamento dos Teores Residuais de Flúor de Águas da Zona Rural do Sertão Nordestino do Brasil.** 2012.

NARVAI, P. C. **Cárie dentária e flúor: uma relação do século XX.** *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 5, p. 381-392, 2000.

NETTO, J. P. G. M. *et al.* **Gênese, Ocorrência e Tecnologias de Tratamento para o Excesso de Flúor na Água Subterrânea, com Ênfase a Região Metropolitana de São Paulo.** XIX Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. 2016.

OLIVEIRA, E. M. **Mineração do Caulim como Tendência à Desertificação no Seridó Paraibano/** Edinete Maria de Oliveira. – 2019. 182 f. : il. ; 30 cm. Tese (doutorado) - Universidade Federal de Pernambuco, CFCH. Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Recife, 2019.

OMS & UNICEF. Organização Mundial da Saúde & Fundo das Nações Unidas para a Infância. JMP. Programa de Monitoramento Conjunto. **Progress on drinking water, sanitation and hygiene: 2017, update and Sustainable Development Goal baselines.** Disponível em: <
<https://www.who.int/mediacentre/news/releases/2017/launch-version-report-jmp-water-sanitation-hygiene.pdf?ua=1>> Acesso em 09 de dez. de 2019.

ONU. **Organizações das Nações Unidas.** Disponível em: <
<https://nacoesunidas.org/>>. Acesso em 16 de jun. de 2019.

OTENIO, M. H. *et al.* **Qualidade da Água Utilizada para Consumo Humano de Comunidades Rurais do Município de Bandeirantes-PR.** Salusvita, Bauru, v. 26, n. 2, p. 83-91, 2007.

PARAÍBA. **Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba – AESA-PB.** Disponível em: <<http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/>>. Acesso em 21 de jul. de 2019.

PARAÍBA. Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia e do Meio Ambiente – SECTMA. **PERH-PB: Plano Estadual de Recursos Hídricos:** resumo executivo & atlas / Governo do Estado da Paraíba; Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia e do Meio Ambiente, SECTMA; Agência Executiva de Gestão de Águas do Estado da Paraíba, AESA. – Brasília, DF: Consórcio TC/BR – Concremat, 2006.

PARAÍBA. Secretaria de Estado dos Recursos Hídricos, do Meio Ambiente, da Ciência e Tecnologia – SERHMACT. Conselho Estadual de Recursos Hídricos – CERH. **Resolução nº 13, de 13 de junho de 2011.** Aprova o Plano Estadual de Recursos Hídricos, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/wp-content/uploads/2018/02/Resolu%C3%A7%C3%A3o-n%C2%BA-13-de-13-de-Julno-de-2011-CERH.pdf>>. Acesso em 07 de dez. de 2020.

PARAÍBA. Secretaria de Estado dos Recursos Hídricos, do Meio Ambiente, da Ciência e Tecnologia – SERHMACT. Conselho Estadual de Recursos Hídricos – CERH. **Lei Nº. 8.446, de 28 de dezembro de 2007.** Dá nova redação e acrescenta dispositivos à Lei nº. 6.308, de 02 de julho de 1996, que institui a Política Estadual de Recursos Hídricos, e determina outras providências. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/wp-content/uploads/2016/11/lei_E_04.pdf>. Acesso em 07 de dez. de 2020.

PARAÍBA. Secretaria de Estado dos Recursos Hídricos, do Meio Ambiente, da Ciência e Tecnologia – SERHMACT. Conselho Estadual de Recursos Hídricos – CERH. **Lei N.º 6.308, de 02 de julho de 1996.** Institui a Política Estadual de Recursos Hídricos, suas diretrizes e dá outras providências. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/wp-content/uploads/2016/11/lei_E_04.pdf>. Acesso em 07 de dez. de 2020.

QUEIROGA, L. M. D. *et al.* **Diagnóstico de Fluorose Dentária Por cirurgiões-Dentistas em uma Área Endêmica.** Vol.53,n.1,pp.69-74 (Jul-Set2017). Revista UNINGÁ. 2017.

RAMIRES, I.; BUZALAF, M. A. R. **A Fluoretação da Água de Abastecimento Público e seus Benefícios no Controle da Cárie Dentária: Cinquenta Anos no Brasil.** Ciência & saúde coletiva, v. 12, n. 4, p. 1057-1065, 2007.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria Estadual de Saúde do Rio Grande do Sul. Portaria nº 10, 16 de agosto de 1999. **Diário Oficial da União,** Poder Executivo, Brasília. Disponível em:

<http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/sms/usu_doc/portaria_10_99.pdf>
Acesso em 22 jun. 2020.

ROSSI, T. R. A.; MOREIRA, L. G. P.; BARROS, S. G. Decurso Histórico das Políticas de Fluoretação como Estratégia de Enfrentamento à Cárie Dentária no Poder Legislativo Brasileiro, de 1963 a 2019. **Cad. Saúde Pública** 2020; **36(4):e00208418**. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/csp/v36n4/1678-4464-csp-36-04-e00208418.pdf>> Acesso em 02 de dez. de 2020.

SAMPAIO, F. C. **Prevalência de Cárie e Fluorose Dentária em Cidades da Paraíba com Teores Residuais de Fluoretos na Água de Abastecimento**. CCS, v. 12, n. 2, p. 11-9, 1993.

SANTIAGO, M. R.; SILVA, J. L. S.; **Flúor em Águas Subterrâneas: Um Problema Social**. XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, p. 15, 2009.

SANTOS, Edilton José dos; FERREIRA, Cícero Alves; JÚNIOR, José Maria F. da Silva (org). **Geologia e Recursos Minerais do Estado da Paraíba**. 2002.

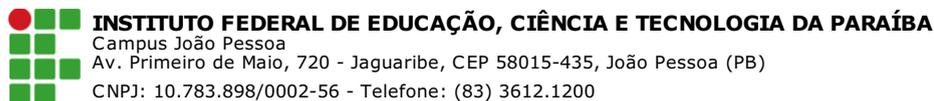
SILVA, R. C. A.; ARAUJO, T. M. **Qualidade da Água do Manancial Subterrâneo em Áreas Urbanas de Feira de Santana (BA)**. Ciência & Saúde Coletiva, v. 8 n. 4, p. 1019-1028, 2003.

SOUZA, C. F. M. **Metabolismo de Flúor e Cálcio de Indivíduos Residentes em uma Área de Fluorose Endêmica no Estado da Paraíba Antes e Após um Sistema de Desfluoretação**. Tese de Doutorado. [dissertação]. João Pessoa: Universidade Federal da Paraíba. 2011.

SISAGUA. Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano. **Relatórios gerenciais - 2011**. Disponível (mediante cadastro de usuário) em: <<http://sisagua.saude.gov.br/sisagua/login.jsf>>. Acesso em 16 de ago. de 2019.

SPERLING. M. V. **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Federal de Minas Gerais. 2005. 3.ed. 452 p.

TOASSI, R. F. C.; ABEGG, C. **Fluorose Dentária em Escolares de um Município da Serra Gaúcha, Rio Grande do Sul, Brasil**. Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro, 21(2):652-655, mar-abr, 2005.



Documento Digitalizado Ostensivo (Público)

TCC

Assunto: TCC
Assinado por: Jamila Lima
Tipo do Documento: Anexo
Situação: Finalizado
Nível de Acesso: Ostensivo (Público)
Tipo do Conferência: Cópia Simples

Documento assinado eletronicamente por:

- **Jamila Alcoforado Mendonça de Lima, ALUNO (20171620023) DE TECNOLOGIA EM GESTÃO AMBIENTAL - JOÃO PESSOA**, em 03/03/2021 13:09:30.

Este documento foi armazenado no SUAP em 03/03/2021. Para comprovar sua integridade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifpb.edu.br/verificar-documento-externo/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 182800

Código de Autenticação: 1a20c639b6

