



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
PÓS-GRADUAÇÃO EM GESTÃO DOS RECURSOS AMBIENTAIS DO
SEMIÁRIDO**

PABLO RAFAEL FERREIRA RAMOS

**O COMÉRCIO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DO MUNICÍPIO DE
NOVA FLORESTA-PB**

PICUI-PB

2022

PABLO RAFAEL FERREIRA RAMOS

**O COMÉRCIO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DO MUNICÍPIO DE
NOVA FLORESTA-PB**

Monografia apresentada à Pós-Graduação em
Gestão dos Recursos Ambientais do Semiárido,
do Instituto Federal da Paraíba – Campus Picuí,
em cumprimento às exigências parciais para a
obtenção do título de Especialista.

ORIENTADOR: FILIPE EZEQUIEL DA SILVA

Picuí – PB

2022

Dados Internacionais de Catalogação
Biblioteca – IFPB, Campus Picuí

R175c Ramos, Pablo Rafael Ferreira.

O comércio das águas subterrâneas do município de Nova Floresta - PB. / Pablo Rafael Ferreira Ramos. – Picuí, 2022.

64 f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização - Gestão em Recursos Ambientais do Semiárido – GRAS) – Instituto Federal de Educação Tecnológica da Paraíba, IFPB – Campus Picuí/Coordenação de Pós Graduação em Gestão dos Recursos Ambientais do Semiárido, 2022. Orientador: Felipe Ezequiel da Silva.

1. Recursos hídricos. 2. Águas subterrâneas - gestão. 3. Recursos ambientais – águas. 4. Nova Floresta - PB. I. Título.

CDU 556.18

Elaborada por Alini Casimiro Brandão – CRB 000701

Dedico a Deus, a minha família, amigos e professores, pela paciência, compreensão e colaboração na realização deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela saúde, coragem e força de vontade para enfrentar os desafios da vida. A minha avó Maria Alaíde da Silva, por todo cuidado, preocupação e incentivo. Aos meus pais José Ivan Ramos e Luzineide Ferreira Lima Ramos por tanto sacrifício para investir na minha educação. Aos meus tios e primos por formarem uma família tão unida, da qual eu tenho tanto orgulho de fazer parte. Agradeço a instituição IFPB por me proporcionar a oportunidade de concluir uma especialização. A AESA, FUNASA e Prefeitura Municipal de Nova Floresta que me cederam dados e informações imprescindíveis para elaboração dessa pesquisa. As minhas amigas Dayênia, Francineide, Helena e Drizia pelas gargalhadas ao longo de tantas viagens à Picuí e por todas as vezes que me ajudaram a sair mais cedo para assistir aos jogos do Flamengo. Ao meu grupo, Érica, Iranildo e Karol, pela paciência e colaboração nos inúmeros trabalhos realizados. Aos colegas de curso que me receberam e sempre me trataram tão bem. Aos meus amigos da época da graduação que se mantêm na minha vida até hoje e sempre me ajudam quando preciso. Um agradecimento especial ao Msc. Filipe Ezequiel da Silva que aceitou o convite para me orientar e mostrou tanta dedicação, paciência e compromisso na elaboração dessa pesquisa, por todas as conversas que me ensinaram tanto. Por fim e não menos importante aos componentes da banca e as pessoas que aceitaram participar das entrevistas e cederam um pouco do seu tempo para contribuir e fazer parte dessa história. Meus sinceros agradecimentos à todos.

RESUMO

O município de Nova Floresta, localizado no semiárido da Paraíba, sofre com uma situação hídrica crítica desde 2014 quando o seu sistema de abastecimento entrou em colapso e foi interrompido. Desde então a população encontrou nas águas subterrâneas locais uma fonte de abastecimento para amenizar a situação, de modo que pôde criar um sistema de abastecimento alternativo com tais águas. Porém, essa solução encontrada fomenta diversos questionamentos e preocupações acerca da sustentabilidade dessa prática, bem como os riscos à saúde humana relacionada ao seu consumo. Por outro lado, esse sistema alternativo tem se mostrado uma atividade comercial de impacto significativo no município. Nesse sentido, este trabalho tem por objetivo caracterizar o comércio das águas subterrâneas de Nova Floresta através dos aspectos relativos à fonte do produto, os fornecedores, consumidores e reguladores dessa atividade. Os métodos que compuseram essa pesquisa foram o levantamento de dados referentes as fontes d'água, onde os dados obtidos foram tratados com estatística e Índice de Qualidade de Água. A identificação dos fornecedores e consumidores através de entrevistas e formulários, seguido de consulta aos órgãos gestores. Constatou-se que essas águas são provenientes do sistema aquífero Serra dos Martins, e são majoritariamente salinas, ácidas e muito duras, com teores elevados de Sólidos Totais Dissolvidos, Cloretos e Nitrato, logo, não apresentam condições adequadas de potabilidade. Por outro lado, os fornecedores arrecadam valores entre R\$ 30,00 e R\$ 50,00 por residência familiar, incrementando anualmente aproximadamente R\$ 576.360,00 na economia local. Essas águas são utilizadas majoritariamente para fins não potáveis, onde os consumidores precisam recorrer a diversas outras fontes d'água para suprir suas demandas. A percepção dos consumidores ao comparar os sistemas de abastecimento antigo e atual, é claramente favorável ao sistema de abastecimento atual.

Palavras-Chave: Recursos hídricos; Gestão de águas subterrâneas; Recursos ambientais

Lista de Figuras

Figura 1- Mapa dos sistemas aquíferos do Estado da Paraíba.	20
Figura 2- Mapa de Localização do município de Nova Floresta - PB	30
Figura 4 - Contexto geológico dos poços de NF com os perfis (PO-01 a PO-05, e PO-02 a PO-05) da subsuperfície ilustrando a posição do nível freático em fevereiro de 2016.....	32
Figura 5 - Mapa de distribuição dos níveis de STD.....	34
Figura 6 – Gráfico da correlação entre Condutividade Elétrica e Sólidos Totais Dissolvidos	35
Figura 7 - Mapa de distribuição dos níveis de pH.....	36
Figura 8 – Mapa da distribuição da Dureza Temporária*, Dureza Permanente** e Dureza Total	37
Figura 9 - Mapa da distribuição dos níveis de Dureza Temporária	38
Figura 10 - Mapa da distribuição dos níveis de Cloretos	39
Figura 11 - Distribuição dos níveis de Nitrato	40
Figura 12 - Mapa da distribuição e classificação das águas segundo o IQA de Hamlat e Guidoum (2018).....	42
Figura 13 – Gráfico da abertura dos poços durante o período 2013/2020	43
Figura 14: Uso dos diferentes tipos de água por classe de consumidores.....	47
Figura 15 - Despesa mensal com água pelas diferentes classes de consumidores	49
Figura 16 - Percepção dos consumidores em comparação aos sistemas de abastecimento de água antigo e atual	50

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Pesos atribuídos para cada parâmetro utilizado no IQA.....	25
Tabela 2 - Classificação da qualidade da água com base nos valores do IQA (SAHU e SIKDAR, 2008)	26
Tabela 3 – Tabela dos poços da área de estudo com suas respectivas coordenadas geográficas, medidas de vazão e parâmetros físico-químicos.	33
Tabela 4 – Grau de Dureza das amostras segundo a Classificação de Gray (1994)..	37
Tabela 5 - Classificação das águas de acordo com o IQA de Hamlat e Guidoum (2018)	41
Tabela 6 - Frequência de Poços Outorgados	43
Tabela 7 - Frequência de poços com análise de água	43
Tabela 8 - Número de visitas por poço perfurado.	44
Tabela 9 - Valor cobrado pelo fornecimento da água por cada poço	44
Tabela 10 - Número de clientes por fornecedores de água.....	45
Tabela 11 - Distribuição do faturamento estimado dos fornecedores de água	45
Tabela 12 - Frequência dos consumidores por renda média familiar mensal.....	46

Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	10
1.1. JUSTIFICATIVA.....	11
2. OBJETIVOS.....	12
2.1.1. Objetivo Geral	12
2.1.2. Objetivos Específicos	12
2.2. REFERENCIAL TEÓRICO	12
2.2.1. O Abastecimento Hídrico por Águas Subterrâneas no Brasil	12
2.2.2. O Semiárido Brasileiro e o Abastecimento Hídrico	16
2.2.3. As Águas Subterrâneas no Semiárido Paraibano.....	18
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	21
3.1. Análise do bem comercializado e sua fonte.....	21
3.2. Caracterização dos fornecedores e consumidores.....	26
3.3. Caracterização da Gestão	28
3.4. Procedimentos éticos.....	29
3.5. Caracterização da área de estudo	29
4. RESULTADOS	31
4.1. O bem comercializado e sua fonte	31
4.1.1. Análises Hidroquímicas.....	34
4.1.2. Índice de Qualidade da Água (IQA).....	41
4.2. Fornecedores	42
4.3. Consumidores.....	46
4.4. A Gestão do Manancial Subterrâneo de Nova Floresta	51
5. CONCLUSÃO.....	53
Referências	56
APENDICE	64

1. INTRODUÇÃO

A gestão dos recursos naturais é um tema abordado e debatido na sociedade atual, motivado pela sensibilização da população que passou a enxergar a importância desses recursos e sua direta relação com a qualidade de vida e bem-estar. Por conseguinte, a água é um recurso natural vital para a sobrevivência de qualquer espécie, e por isso representa uma das maiores preocupações na questão dos recursos naturais, principalmente em regiões que historicamente sofrem com escassez hídrica, como é o caso do município de Nova Floresta situado no semiárido do Estado da Paraíba (PB).

Em tempos de condições hídricas favoráveis, o município de Nova Floresta utiliza os serviços de abastecimento de água fornecido pela Companhia de Águas e Esgotos da Paraíba – CAGEPA e tem como fonte o açude Boqueirão do Cais, localizado no município de Cuité-PB. Porém, por ocasião da escassez hídrica, considerada uma das maiores dos últimos anos, o sistema entrou em colapso e o abastecimento foi interrompido no ano 2014, seguindo até os dias atuais. Naquele ano, a população que já sofria com a má qualidade da água e com falhas frequentes na regularidade do abastecimento passou a enfrentar o desabastecimento total. Desde então, diante das negligências dos poderes públicos perante a situação crítica, a sociedade passou a procurar de modo individual estratégias para encarar o desafio da falta d'água, onde algumas pessoas com certa condição financeira passaram a investir na perfuração poços em busca de suprir suas necessidades hídricas.

Visto o condicionamento hidrogeológico no qual o município está inserido, onde as perfurações geralmente resultam em poços produtivos (embora de baixa vazão), alguns moradores passaram a utilizar seus poços particulares para o abastecimento de seus vizinhos de bairro, num acordo comercial simples definido pelas partes. Naquele cenário de desassistência, essa estratégia que a priori surgiu de maneira individual passou a ter caráter coletivo, se expandindo por vários pontos da cidade, tornando-se a principal estratégia de abastecimento da zona urbana, estando presente atualmente em todos os bairros do município.

No entanto, o meio encontrado para amenizar a situação hídrica gera incertezas quanto a sua sustentabilidade, devido principalmente à crescente demanda e as baixas vazões supracitadas que acarretam uma espécie de gargalo produtivo, podendo tornar o sistema insustentável no longo prazo. Diante destes questionamentos e das poucas

informações, estudos e pesquisas sobre o tema, torna-se relevante buscar conhecer as principais características deste sistema, seu produto, impactos, atores e suas percepções.

1.1. JUSTIFICATIVA

O novo comércio de águas subterrâneas de Nova Floresta rapidamente se estabeleceu como a solução para a crise hídrica enfrentada pelo município. Contudo, trouxe à tona diversas preocupações quanto a gestão dessas águas subterrâneas, os riscos à saúde humana inerentes ao seu consumo, bem como se a prática comercial ali adotada refere-se a uma relação justa ou excludente.

Acredita-se que a pressa em buscar a solução para a crise hídrica fez ignorar diversos fatores fundamentais para o uso sustentável do manancial subterrâneo. Em consequência da falta de monitoramento, não se tem conhecimento a respeito da capacidade hídrica deste manancial e muito menos do volume de águas exploradas. Assim, é importante considerar que a falta de comprometimento com a gestão deste recurso pode elevar o risco de superexploração, acarretando graves consequências como a degradação da qualidade dessas águas, o rebaixamento do manancial subterrâneo e até mesmo a extinção deste recurso imprescindível, afetando direta e indiretamente os meios físico, biótico e antrópico.

A Lei municipal nº 882/2016 que dispõe sobre o estabelecimento de colaboração federativa na organização, regulação, fiscalização e prestação dos serviços públicos de abastecimento de água, coleta e tratamento de esgotos sanitários, permitiu que a população optasse por um sistema alternativo de abastecimento, o que é visto como uma medida para solucionar a crise hídrica. Contudo, é salutar questionar se esse novo sistema de abastecimento oferece águas adequadas para os mais variados fins exigidos pela população. Um questionamento que se torna cada vez mais válido ao lembrar que a cidade de Nova Floresta não dispõe de sistema de esgoto. Assim, as fossas sépticas estão escavadas na mesma unidade aquífera, o que indica alto risco de contaminação. É válido também lembrar que no passado, antes da população ser abastecida pelo sistema da CAGEPA, alguns moradores abandonaram a exploração das águas subterrâneas convertendo seus poços amazonas (cacimbões) em fossas sépticas.

Portanto, torna-se relevante discutir a que ponto o fornecimento e consumo dessas águas é uma prática segura para saúde humana e ambiental, além de verificar de que forma esse arranjo tem contribuído com a economia local, e colaborado no alcance

das metas de universalização e equidade no abastecimento e acesso a água de acordo com os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030 proposta pela Organização das Nações Unidas (ONU).

2. OBJETIVOS

2.1.1. Objetivo Geral

Caracterizar o comércio das águas subterrâneas do município de Nova Floresta, região semiárida da Paraíba.

2.1.2. Objetivos Específicos

Para realizar uma caracterização eficiente sobre determinado comércio se faz necessário considerar diversos fatores associados ao seu surgimento, suas implicações na dinâmica socioambiental, as características do produto e da sua fonte, o conhecimento dos comerciantes e dos clientes, bem como suas percepções sobre a atividade na qual estão envolvidos. Para tal, esta pesquisa se propõe a atingir os objetivos específicos citados abaixo:

- a) Identificar as fontes de abastecimento de água do município e características do bem comercializado;
- b) Caracterizar os fornecedores e consumidores de água de Nova Floresta;
- c) Conhecer a percepção dos consumidores em comparação ao sistema de abastecimento de águas antigo e atual;
- d) Conhecer as medidas de gestão dos recursos hídricos presentes no município.

2.2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.2.1. O Abastecimento Hídrico por Águas Subterrâneas no Brasil

Com o aumento da população mundial, uma escassez aguda no abastecimento de água, assim como energia e alimentos, é esperada até 2050, uma vez que a demanda por esses recursos deve aumentar de 40 a 50% (KALAIR et al., 2016). Para Tomasoni et al. (2009) o estoque hídrico está sendo afetado pela contínua pressão das crescentes demandas agrícolas, especialmente com a irrigação, a produção industrial e o consumo humano.

Soma-se a isso, a poluição de mananciais superficiais e subterrâneos, nos quais Sparenberger e Ramos (2007) citam o desmatamento e a poluição dos mananciais que acontecem de maneira crescente em todas as regiões do país, principalmente através da

supressão da mata ciliar, provocando erosões e o assoreamento dos rios e córregos. Além disso, a inexistência de saneamento básico em áreas urbanas geralmente acarreta na poluição das águas por lançamento de esgotos e efluentes químicos perigosos lançados diretamente nos mananciais por empresas que não fazem o tratamento de seus rejeitos.

Conforme a ANA (2019), no Informe Anual sobre a Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil, os volumes totais de chuva nos períodos úmidos de 2012 a 2017 foram abaixo da média, resultando em reduzidas recargas dos reservatórios existentes. Conseqüentemente, esses reservatórios foram deplecionados para atendimento às demandas de água dos diversos usos, encontrando-se em níveis extremamente baixos.

Ainda de acordo com o relatório supracitado, estima-se que a disponibilidade de água subterrânea no Brasil seja em torno de 14.650 m³/s. Da mesma forma como ocorre com as águas superficiais, sua distribuição pelo território nacional não é uniforme, e as características hidrogeológicas e produtividade dos aquíferos são variáveis, ocorrendo regiões de escassez e outras com relativa abundância.

Segundo Correia (2016) a eficiência na distribuição da água é fator que condiciona o desenvolvimento e apresenta-se como um desafio para a sociedade frente a novos padrões de consumo, formas de ocupação e uso do espaço, mercados externos e necessidades da população como um todo. Em estudo sobre os desafios e perspectivas do acesso à água nas regiões norte e nordeste do Brasil, o Instituto Trata Brasil (2018) declara que os efeitos da ausência ou insuficiência do acesso aos serviços de abastecimento de água, bem como de esgotamento sanitário, são percebidos tanto na saúde pública, quanto na economia, na geração de emprego e renda e no meio ambiente.

A problemática relacionada à disponibilidade de água com qualidade aparece como um dos grandes desafios da atualidade, tendo em vista o desperdício e os processos de degradação dos mananciais (DUTRA, 2014). Neste sentido, para Peixinho (2010) há dois desafios marcantes a serem enfrentados pelo Brasil no campo dos recursos hídricos: o primeiro refere-se à escassez de água em algumas regiões principalmente na região Nordeste e a outra refere-se à degradação da qualidade das águas.

Diante da necessidade de ampliar a disponibilidade hídrica e de enfrentamento das mudanças climáticas, Villar (2016) alega que as águas subterrâneas se apresentam cada vez mais como parte da solução para a restrição hídrica. A perfuração de poços

artesianos surge como alternativa para o abastecimento de regiões onde a água disponível na superfície é escassa ou inexistente (DIAS, 2018).

Neste contexto, para Barbosa (2007) a água subterrânea vem assumindo um papel de grande relevância como fonte de abastecimento. Trata-se de uma alternativa reconhecidamente viável aos usuários, tendo apresentado uso crescente nos últimos anos, face a uma série de fatores que restringem a utilização das águas superficiais. Por sua vez, Dias (2018) discute que a perfuração de poços artesianos surge como alternativa para o abastecimento de regiões onde as águas superficiais são escassas ou mesmo inexistem.

No Brasil, 52% dos 5.570 municípios brasileiros são abastecidos total (36%) ou parcialmente (16%) por águas subterrâneas. Essas águas são fundamentais, especialmente para os municípios menores, sendo a única opção de 48% dos municípios com população menor que 10 mil habitantes e para 30% daqueles com 10 a 50 mil habitantes (Instituto Trata Brasil, 2019). A maior resiliência dos municípios dependentes de águas subterrâneas está associada aos volumes armazenados naturalmente em aquíferos, que podem sustentar longas e contínuas extrações de água mesmo na ausência de recarga através das chuvas (HIRATA et al. 2019). Estes autores enxergam as águas subterrâneas como responsáveis por uma revolução no Brasil, na qual, mesmo longe das estatísticas oficiais de saneamento, de forma paulatina e silenciosa, as cidades e o campo têm recorrido a esse recurso para suprir as suas necessidades de água, tornar possível os seus negócios e melhorar a qualidade de vida da população. Em contrapartida, Bertolo et al. (2015) acreditam que as reservas subterrâneas brasileiras não representam a solução para crises hídricas, mas são uma fonte importante, principalmente para o abastecimento público e consumo humano.

No Brasil, a União é a responsável por editar as normas gerais de aplicação nacional sobre águas, enquanto cabe aos Estados a sua regulamentação de forma a permitir a aplicação no âmbito estadual. As águas subterrâneas, independentemente de seus limites, estão sob o domínio exclusivo dos Estados (art. 26, I da Constituição Federal). Portanto, cabe aos estados colocar em prática a gestão integrada das águas subterrâneas (CAMARGO & RIBEIRO, 2009).

Deste modo, Villar (2016) enfatiza que a permissão para exploração e uso das águas subterrâneas está sujeita à obtenção de outorga de uso de recursos hídricos perante o órgão competente (art. 12 da Lei 9.433/1997). Por meio desse instrumento, o Poder

Público atribui ao interessado, público ou privado, o direito de utilizar o recurso hídrico por um período pré-determinado e segundo as condições estabelecidas (ANA, 2015). No caso de usos isentos de outorga (art. 12, § 1º da Lei 9.433/1997), de forma geral, a legislação estadual exige que o proprietário cadastre seu poço no órgão competente, o qual certifica o uso isento (SILVA et al, 2008).

Nos últimos anos tem ocorrido em muitos núcleos urbanos uma corrida à perfuração de novos poços artesianos para atenuar a falta de água das concessionárias (HIRATA et al. 2019; DANTAS et al. 2015). Muitos desses poços operam irregularmente, uma vez que sequer dispõem de outorga. Essa ilegalidade da exploração implica em problemas associados à falta de sustentabilidade (ou superexploração) das extrações de água subterrânea (sobretudo para uso no abastecimento público urbano); aos conflitos entre usuários, causando a perda do recurso e aumento dos custos de exploração; e à contaminação de aquíferos pela degradação induzida pelo bombeamento não planejado (CONICELLI & HIRATA, 2016). Estes autores acreditam que a ilegalidade dos poços é motivada porque os usuários e os tomadores de decisão não veem problemas (e consequências) na falta de cumprimento legal, soma-se a isso o fato de que os usuários não são informados da obrigação deste procedimento. Outro fator determinante para a ilegalidade dos poços é que o usuário tem a percepção de que o processo de autorização e outorga é moroso, custoso e com retorno duvidoso, além disso, a legislação utiliza os princípios de mecanismos de “comando e controle”, entretanto, a estrutura existente de governo não está aparelhada a fiscalizar as irregularidades.

Conicelli e Hirata (2016) alertam para as dificuldades na gestão das águas subterrâneas, principalmente por ser um recurso invisível, torna-se difícil para as pessoas compreenderem a dinâmica dos aquíferos. Diferentemente das águas superficiais, as águas subterrâneas ainda são um grande mistério para os usuários e até para muitos gestores, que em muitas ocasiões não têm a exata noção do que são esses recursos e o seu funcionamento na natureza. Assim, Hirata et al. (2019) presumem que o não reconhecimento da importância das águas subterrâneas em vista do caráter oculto desse recurso faz com que sua gestão seja limitada e marcada por graves deficiências. Concordante, Villar (2015) credita ao caráter oculto das águas subterrâneas e sua relação com o solo e o direito de propriedade a dificuldade na exclusão de usuários, o controle de sua extração e a visualização dos impactos.

Diante disso, Zoby e Matos (2002) sugerem que a água subterrânea seja avaliada sob o ponto de vista da integração com as águas superficiais, e considerada como recurso estratégico e de grande potencial. Enquanto a Agência Nacional de Águas – ANA (2016), atesta que as incertezas associadas às disponibilidades hídricas estabelecem uma utilização conservadora dos estoques de água disponíveis, impondo uma relativa redução na quantidade de água alocada. Dessa forma, para atenuar os impactos da variabilidade nos sistemas hídricos, são necessárias medidas de adaptação e ajustes dos instrumentos e práticas de gestão de recursos hídricos a essa realidade.

É importante salientar o papel dos municípios na proteção das águas subterrâneas, que muitas vezes são a fonte de abastecimento público. Nessa linha, há que haver uma forte articulação entre os Estados e seus municípios localizados nas áreas de incidência dos aquíferos, com vistas a estabelecer formas conjuntas de uso e ordenamento do solo de modo a proteger esses mananciais (GRANZIERA & GRANZIERA, 2014). Para as autoras supracitadas o cadastro de usuários é um instrumento relacionado com a outorga de direito de uso de águas. Sendo necessário um esforço integrado dos Estados na busca de auto declarações de uso, em processo público, com prazos determinados, para que o usuário, cadastrado ou não, e que tenha ou não outorga de uso de recursos hídricos, possa declarar a utilização de águas subterrâneas, com a oportunidade de regularizar-se, sem sofrer penalidades durante a vigência desse processo.

2.2.2. O Semiárido Brasileiro e o Abastecimento Hídrico

O Nordeste é uma das regiões geográficas mais discutidas do país, com frequência, sua área é associada ao fenômeno climático das secas e das consequências sobre a população local; entretanto, nem todo o Nordeste é castigado pela estiagem e, por esse motivo e para melhor administrar tal fato, o Governo Federal criou, por intermédio da Lei 1.348/51, a área denominada de Polígono das Secas, ou mais comumente, de Semiárido, cujo território de abrangência corresponde a 85% da macrorregião nordestina (ANDRADE, 2005). Essa delimitação foi alterada por cerca de uma dezena de vezes, satisfazendo sempre aos critérios políticos em vez dos ecológicos. Até o ano de 1995, os parâmetros utilizados para a delimitação geográfica do semiárido eram baseados nas precipitações pluviométricas inferiores a 800 mm/ano. Com essa característica climática, os municípios eram inseridos na área de atuação da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste – SUDENE (PEREIRA, 2012).

Entretanto, o Art. 2º da Resolução Nº 107/2017 da SUDENE (2017), estabeleceu os seguintes critérios técnicos e científicos para delimitação do Semiárido Brasileiro e procedimentos para revisão de sua abrangência: I – Precipitação pluviométrica média anual igual ou inferior a 800 mm; II – Índice de Aridez de Thorntwaite igual ou inferior a 0,50; III – Percentual diário de déficit hídrico igual ou superior a 60%, considerando todos os dias do ano. E o Parágrafo 1º, determina considerar aptos para inclusão no Semiárido os municípios da área de atuação da Sudene que alcancem pelo menos um dos critérios citados no Art. 2º.

Entende-se por seca o que Cardoso (2018) descreve como um fenômeno climatológico decorrente da escassez de água gerada pela falta de chuva em determinadas áreas de forma que a região fique impossibilitada de que haja um abastecimento dos seus reservatórios, tornando assim limitado/rationado o uso do recurso, ou dependendo de tal situação, podendo se tornar até mesmo indisponível. Para Correia (2016), essa região onde a seca é um fenômeno ambiental recorrente, a gestão dos recursos hídricos condiciona o desenvolvimento econômico e social. Congruentemente, a SUDENE (2017) aponta que a região brasileira denominada como semiárida, não possui condições hídricas aptas ao sustento de rios perenes diante os longos períodos sem chuvas, promovendo uma realidade marcada pela desigualdade social, que entre outros fatores está diretamente relacionada à disponibilidade e acesso a água.

Nesse cenário, Pinheiro et al. (2018) julga que o abastecimento hídrico no semiárido, especialmente voltado a produção de alimentos e consumo humano, representa um desafio tanto para os governos, quanto à sociedade. Ainda mais, entre os anos de 2013 e 2017, no qual, o país foi acometido por períodos de seca prolongados e atípicos, o que afetou boa parte do seu território, traduzindo-se em uma crise hídrica intensa que atingiu 2.706 municípios (IBGE, 2017). Fato que pode se tornar cada vez mais frequente, como pode ser visto no Relatório Especial do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas - IPCC (2021), no qual, modelos climáticos projetam com alta confiabilidade que o Semiárido Brasileiro estará sujeito ao aumento de episódios de seca mais duradouros até o fim do século. Além disso, nos cenários de aumento da temperatura global em 2°C ou maior, são projetados episódios de chuvas extremas (média confiabilidade), bem como aumento da temperatura média anual (alta confiabilidade).

Assim, Montenegro e Montenegro (2012) indicam uma predominância da área localizada sobre formações do tipo cristalino, com solos pouco profundos e de baixa

capacidade de infiltração e armazenamento, a ocorrência de águas subterrâneas nessas regiões está limitada a fraturas e fissuras nas rochas e a zonas de aluviões dos rios, formadas pela deposição de sedimentos fluviais (MONTENEGRO & MONTENEGRO, 2004). Há de se ressaltar, entretanto, a existência de bacias sedimentares, de ocorrência localizada, com grande potencial hídrico. Ademais, Doll e Florke (2005) estimam que as águas subterrâneas no Nordeste do Brasil devem ter uma redução na recarga em 70% até 2050.

Silva e Ramalho (2015) consideram até a década de 1990 há um histórico de políticas públicas equivocadas, calcadas especialmente na implantação de pequenos reservatórios altamente vulneráveis às estiagens e perfuração de poços no cristalino. Segundo os mesmos autores é preciso elaborar uma política que entenda as particularidades de cada região, com ações de planejamento e gestão da água de forma integrada, participativa e descentralizada, em apoio às ações dos órgãos gestores locais, estaduais e as organizações não governamentais.

2.2.3. As Águas Subterrâneas no Semiárido Paraibano

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2010), o Estado da Paraíba possui 223 municípios e uma população de 3.996.496 habitantes. O Estado apresenta pequeno potencial de exploração de manancial subterrâneo, com apenas 16% das sedes urbanas supridas exclusivamente por águas subterrâneas e 8% por mananciais tanto superficiais quanto subterrâneos, tendo seus serviços de abastecimento de água prestados em 79% dos municípios pela CAGEPA. (ANA, 2010).

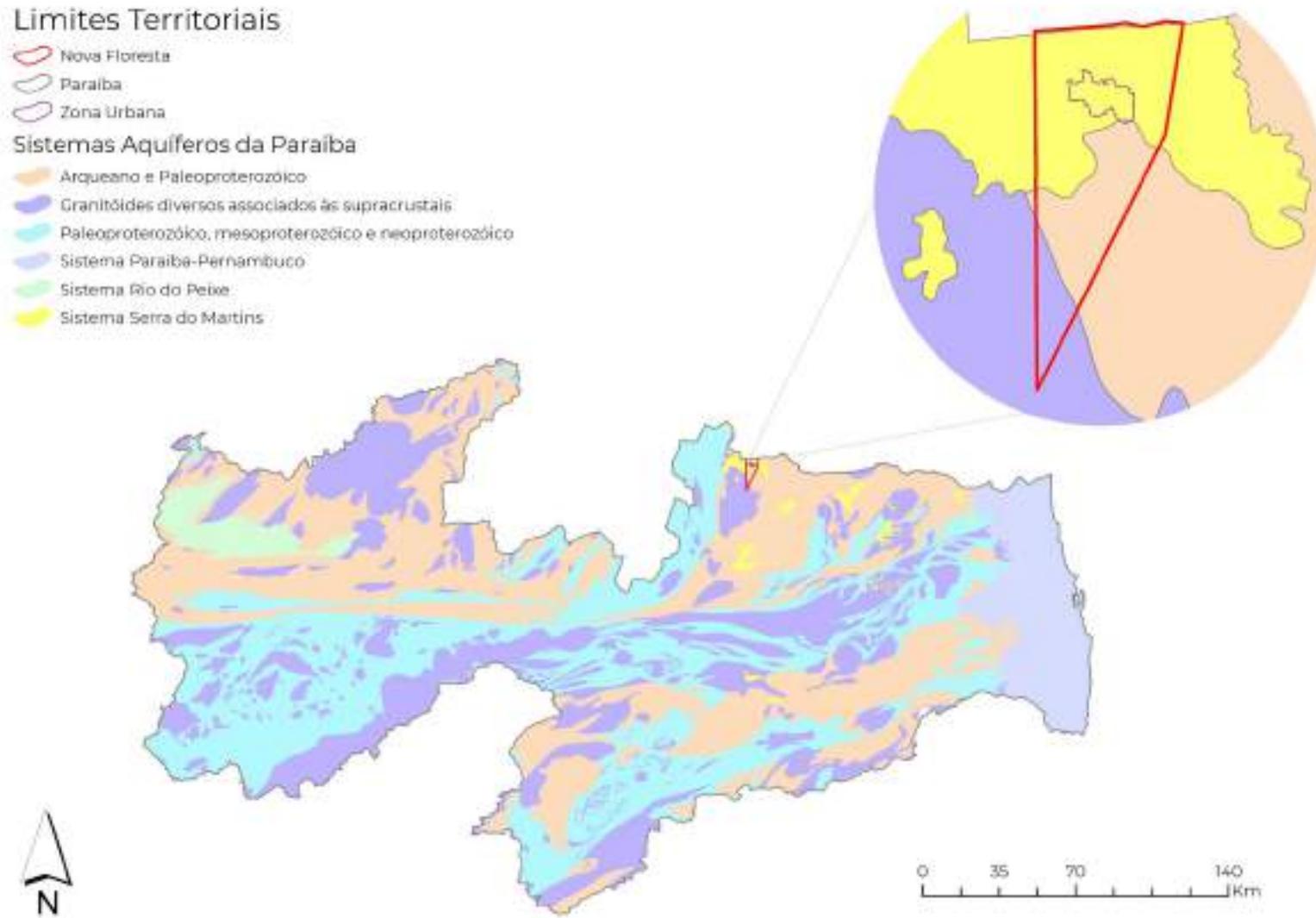
Em termos hidrogeológicos, o Estado da Paraíba pode ser dividido em três grandes domínios: Leste, Oeste e Central (LIMA et al. 2007). O domínio leste insere-se num clima mais úmida, onde o sistema aquífero que mais se destaca corresponde aos sedimentos terciários (Paleógeno-Neógeno) do Grupo Barreiras da bacia sedimentar Pernambuco-Paraíba (Sistema Paraíba-Pernambuco). Os domínios Central e Oeste estão inseridos no semiárido, clima que desfavorece o acúmulo de água nos aquíferos, implicando em baixa disponibilidade hídrica. Nesses domínios os sistemas aquíferos mais comuns são: o Cristalino que reúne as ocorrências de águas em rochas do embasamento cristalino; o Aluvial que corresponde aos sedimentos depositados ao longo do leito de rios e drenagens; e o Elúvio-coluvial que corresponde aos sedimentos residuais de topos (eluvião) e depósitos de encostas (coluvião). Destaca-se ainda como sistema aquífero do domínio Central, os sedimentos da Formação Serra do Martins (Paleógeno-Neógeno), e

no domínio Leste, o sistema aquífero do Rio do Peixe formado por rochas sedimentares de bacias cretáceas encravadas nas regiões de Souza, Pombal e Brejo das Freiras (PERH, 2006) (Figura 1).

Em tempos de crise hídrica, quando a capacidade dos reservatórios superficiais está comprometida, perfurações de poços nos sistemas Cristalino, Rio do Peixe, Serra do Martins e, mesmo, aluvial, tem se revelado (e continuará a ser, dos pontos de vista quantitativo e qualitativo) uma solução imediatista, que não atenta para as características da demanda populacional projetada (PERH, 2006). Além disso, pode ser considerada como uma solução temerária, na medida em que, uma exploração sistemática pode exaurir estes reservatórios subterrâneos, principalmente os de natureza fissural e/ou intempérica do Cristalino e os de porosidade intergranular da bacia do Rio do Peixe e coberturas sedimentares da formação Serra do Martins.

Entretanto, Lima et al (2007) recomendam a exploração no embasamento cristalino, apesar das limitações quantitativas e qualitativas, ressaltando o uso racional deste recurso. Diversos poços tubulares equipados com dessalinizadores em pequenas comunidades rurais localizadas na área cristalina da Paraíba, cujas águas – originalmente salinas – vêm sendo utilizadas para consumo humano após sofrerem beneficiamento. O uso deste importante maquinário já está bastante difundido na região semiárida do Nordeste e vem sendo conduzido com relativo sucesso.

Figura 1- Mapa dos sistemas aquíferos do Estado da Paraíba.



Conforme Dantas et al. (2015), a crise hídrica atual na região do Curimataú tem como fator circundante o uso de poços artesianos para suprir a necessidade de água local, outra característica da região é a distribuição limitada ou mesmo inexistente em referidos municípios, tais como o município de Nova Floresta-PB. Os autores supracitados relatam a atual forma de distribuição de água nesses municípios, a qual, se dá através de pequenos proprietários privados que não utilizam nenhum teste para se controlar a qualidade da água fornecida, e os vários poços artesianos presentes na cidade de Nova Floresta são cavados de forma irregular na maioria das vezes e que já chegou a danificar as tubulações da CAGEPA levando a infiltrações e danos ao lençol freático da cidade.

De acordo com o Plano Estadual de Recursos Hídricos da Paraíba – PERH (2006), em termos de água subterrânea, os poços perfurados, para manter suas vazões de exploração, precisam obedecer aos requisitos quantitativos de potencial, potencial ativado e disponibilidades do sistema ou subsistema ou, se for necessário, da unidade aquífera captada, a fim de atender, com segurança, a oferta e a demanda. Neste sentido, o número de poços, a distância mínima entre eles, o potencial e suas disponibilidades também precisam ser controlados, sendo a outorga e o sistema de informações hídricas, os instrumentos de gestão adequados à proteção e à possível recuperação de mananciais.

3. MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia aplicada neste estudo compõe-se de uma pesquisa descritiva e exploratória baseada em quatro esferas relacionadas ao comércio das águas subterrâneas de Nova Floresta-PB, tais são: o bem comercializado e sua fonte, os fornecedores, os consumidores e a gestão deste recurso natural. Os dados utilizados foram obtidos através de pesquisas bibliográficas, consulta a banco de dados de órgãos públicos, além de trabalhos de campo.

3.1. Análise do bem comercializado e sua fonte

A fim de conhecer as características hidroquímicas das águas subterrâneas, bem como seu condicionamento hidrogeológico, foi efetuado pesquisa bibliográfica em artigos e periódicos, assim como solicitações de acesso aos registros dos bancos de dados da Prefeitura Municipal de Nova Floresta-PB, da Agência Executiva de Gestão de Águas da Paraíba – AESA, e da Fundação Nacional da Saúde – FUNASA.

Na consulta realizada junto a Fundação Nacional de Saúde – FUNASA através do sistema de informação ao cidadão, conforme a manifestação sob o protocolo nº

25072.022061/2020-67 (MUITO BOM!), foram fornecidas as informações a respeito da qualidade das águas subterrâneas da área de estudo por meio de 30 análises físico-químicas realizadas em fevereiro do ano de 2016. Da gama de parâmetros avaliados nessas análises foram selecionados aqueles que decisivamente afetam a potabilidade das águas e que não podem ser tratados por meio de filtração, fervura ou cloração (desinfecção), métodos relativamente fáceis de serem empregados. Os parâmetros considerados foram: pH, condutividade elétrica (CE), sólidos totais dissolvidos (STD), dureza em cálcio (Ca^{+2}), dureza em magnésio (Mg^{+2}), dureza total, cloretos e nitrato (NO_3^-).

De acordo com Manual Prático de Análise de Água (FUNASA, 2013):

- Cloretos: Geralmente estão presentes em águas brutas e tratadas em concentrações que podem variar de pequenos traços até centenas de mg/L. Concentrações altas de cloretos podem restringir o uso da água em razão do sabor que eles conferem e pelo efeito laxativo que eles podem provocar. Sua detecção é dada através do método de titulação com nitrato de prata (AgNO_3).
- pH: O termo pH representa a concentração de íons hidrogênio em uma solução. O valor do pH varia de 0 a 14. Abaixo de 7 a água é considerada ácida e acima de 7, alcalina. Água com pH 7 é neutra. O aparelho para aferição utilizado é o Potenciômetro.

Segundo o Manual de controle de qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS (FUNASA, 2014):

- Nitrato: Forma oxidada de nitrogênio, encontrada em condições de aerobiose. É o único dos parâmetros considerados nesse trabalho que representa risco a saúde. O nitrato, em concentrações elevadas, está associado à doença da metahemoglobinemia, que dificulta o transporte de oxigênio na corrente sanguínea.
- Sólidos Totais Dissolvidos (STD): Os sólidos presentes na água podem estar distribuídos da seguinte forma: em suspensão (sedimentáveis e não sedimentáveis) e dissolvidos (voláteis e fixos). A entrada de sólidos na água pode ocorrer de forma natural (processos erosivos, organismos e

detritos orgânicos) ou antropogênica (lançamento de lixo e esgotos). O aparelho para aferição utilizado é o Condutivímetro.

- Condutividade elétrica: A condutividade elétrica da água indica a sua capacidade de transmitir a corrente elétrica em função da presença de substâncias dissolvidas, que se dissociam em ânions e cátions. Quanto maior a concentração iônica da solução, maior é a oportunidade para ação eletrolítica e, portanto, maior a capacidade em conduzir corrente elétrica. O aparelho para aferição utilizado é o Condutivímetro.
- A dureza se define como a resistência oposta à ação do sabão. Esse fenômeno se deve à presença de determinados cátions na água, principalmente os cátions de cálcio e magnésio. A determinação da dureza é feita por Método Titulométrico. Existem dois tipos de dureza:
Dureza Temporária ou de Carbonatos: é a dureza proporcionada pelos bicarbonatos de cálcio e magnésio. São durezas que, além de resistir à ação do sabão, produzem também incrustações.
Dureza Permanente ou de Não Carbonatos: é a dureza devida à presença de sulfatos, cloretos e nitratos de cálcio e magnésio dissolvidos na água. São durezas que também resistem à ação do sabão, mas não produzem incrustações por serem seus sais muito solúveis na água.

Para facilitar a análise conjunta dos diferentes parâmetros acima descritos, aplicou-se um índice de qualidade de água baseado no trabalho de Hamlat e Guidoum (2018), que utilizou este índice na avaliação da qualidade da água subterrânea em uma região semiárida do noroeste da Argélia. O IQA foi desenvolvido pela primeira vez por Horton (1965) com base no cálculo aritmético ponderado. O IQA é um número adimensional com valores classificados entre 0 e 100. O IQA é uma expressão de classificação digital única que expressa o status geral da qualidade da água em excelente, bom, ruim etc. em um determinado espaço e tempo com base em vários parâmetros de qualidade da água. Assim, o IQA está sendo usado como uma ferramenta importante para comparar a qualidade da água subterrânea e sua gestão em uma determinada região (JAGADEESWARI & RAMESH, 2012), e é útil para selecionar o processo de tratamento economicamente viável apropriado para lidar com os problemas de qualidade em questão. Descreve o impacto composto dos diferentes parâmetros de qualidade da água e comunica informações sobre a qualidade da água aos decisores públicos e legislativos para formular políticas fortes e implementar os programas de qualidade da água pelo governo

(KALAVATHY et al. 2011). Neste caso, o IQA utilizado varia de 0 a 300, quando ultrapassa este valor a água é classificada como inadequada para o consumo direto.

Os cálculos para obtenção de um IQA podem ser expressos em cinco etapas. Na primeira etapa é atribuído um valor à cada parâmetro analisado. Aritmeticamente esse valor corresponde a um peso (w_i) que será posteriormente utilizado para ponderar uma média com todos os parâmetros analisados. Na segunda etapa é calculado o peso relativo (W_i) de cada parâmetro. O cálculo envolve um método de índice aritmético ponderado (Equação 1) em que cada w_i é dividido pelo somatório dos pesos.

$$W_i = w_i / \sum_{i=1}^n w_i \quad \text{Equação 1}$$

Onde W_i é o peso relativo, w_i é o peso de cada parâmetro e n é o número de parâmetros.

Na terceira etapa, um coeficiente de avaliação de qualidade (q_i) é calculado para cada parâmetro. Esse coeficiente é obtido através da razão entre a concentração de cada parâmetro nas amostras de água (C_i) e os padrões de potabilidade desses parâmetros (S_i) estabelecidos pelos órgãos sanitários. O valor de q_i é expresso em porcentagem, assim se um dado q_i corresponder a 120%, sabe-se que aquele parâmetro está 20% acima dos níveis recomendados.

$$q_i = \left(\frac{C_i}{S_i} \right) * 100 \quad \text{Equação 2}$$

Onde q_i é a classificação de qualidade, C_i é a concentração de cada parâmetro em cada amostra de água e S_i é o padrão de água potável para cada parâmetro de acordo com as diretrizes da OMS e do Ministério da Saúde.

Em relação ao parâmetro pH, como o padrão de potabilidade equivale ao intervalo (entre 6 e 9,5) e o zero da escala corresponde ao valor 7, adaptou-se as equações convencionais do coeficiente de qualidade do pH (PRASAD et al., 2019) para que nos valores limites do padrão o coeficiente fosse igual a 1 e de modo a não serem possíveis valores negativos (equações 3 e 4).

$$qpH = \left(\frac{C_{pH}-7}{Ls-7} \right) * 100 \quad \text{Equação 3}$$

$$qpH' = \left(\frac{7-C_{pH}}{7-Li} \right) * 100 \quad \text{Equação 4}$$

Onde qpH e qpH' são os coeficientes de qualidade do pH quando ≥ 7 e < 7 , respectivamente. CpH é a concentração do pH na amostra. Ls é o limite superior do padrão de potabilidade do pH, isto é 9,5. Li é o limite inferior do padrão de potabilidade do pH, isto é 6.

Na quarta etapa determina-se o subíndice (SIi) de cada parâmetro, o qual corresponde ao produto de cada coeficiente de qualidade com seus respectivos pesos relativos.

$$SIi = Wi * qi \quad \text{Equação 5}$$

No qual o SIi é o subíndice do i-ésimo parâmetro.

Por fim, o índice de qualidade da água foi calculado somando os valores de cada subíndice de cada amostra de água subterrânea da seguinte forma:

$$WQI = \sum SIi \quad \text{Equação 6}$$

Neste trabalho, optou-se por atribuir os mesmos pesos aos parâmetros observados em Hamlat e Guidoum (2018). Contudo, aquele trabalho considerava 12 parâmetros para elaboração do IQA, enquanto os dados obtidos nesse trabalho dispunham apenas de 7 parâmetros (pH, STD, CE, cálcio, magnésio, nitrato e cloreto), faltando bicarbonato, potássio, sódio, fosfato e sulfato. Assim, a soma dos pesos passa a ser diferente. A Tabela 1 resume os pesos atribuídos a cada parâmetro utilizado no IQA.

Tabela 1- Pesos atribuídos para cada parâmetro utilizado no IQA.

Parâmetro	Unidade	Peso (pi)	Padrão (Si)	Peso Relativo (Pi)
pH		4	6,5 – 9,5	0,166
Sólidos Totais Dissolvidos	mg/L	5	1000	0,208
Condutividade Elétrica	µS	4	1500	0,166
Cálcio	mg/L	2	75	0,083
Magnésio	mg/L	1	50	0,041
Cloretos	mg/L	3	250	0,125
Nitrato	mg/L	5	10	0,208
		24		1

Os valores de IQA calculados são classificados em cinco classes principais: “água excelente, boa, ruim, muito ruim e não potável para beber”, com base no valor absoluto do índice determinado a partir dos cálculos. A qualidade da água é classificada conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 - Classificação da qualidade da água com base nos valores do IQA (SAHU e SIKDAR, 2008)

IQA	Tipo de água
< 50	Excelente
50 – 100	Boa
100 – 200	Pobre
200 – 300	Muito pobre
> 300	Inadequada

3.2. Caracterização dos fornecedores e consumidores

Para subsidiar nessa caracterização, optou-se pela aplicação de formulários, pois, segundo Lakatos e Marconi (2003) o formulário é um dos instrumentos essenciais para a investigação social, cujo sistema de coleta de dados consiste em obter informações diretamente do entrevistado. Para Selltiz (1965:172), formulário "é o nome geral usado para designar uma coleção de questões que são perguntadas e anotadas por um entrevistador numa situação face a face com outra pessoa". Portanto, o que caracteriza o formulário é o contato face a face entre pesquisador e informante e ser o roteiro de perguntas preenchido pelo entrevistador, no momento da entrevista (LAKATOS e MARCONI, 2003).

O formulário foi elaborado para identificar os fornecedores através do nome e um código de forma a não os expô-los nesta pesquisa. Buscou-se identificar informações a respeito da localização dos seus respectivos poços através das coordenadas geográficas, o ano de perfuração e a vazão dos poços, além de verificar a outorga de direito do uso da água, a realização de análises da qualidade dessas águas subterrâneas e a periodicidade de visitas técnicas por órgãos fiscalizadores tais como: AESA, Prefeitura, CREA entre

outros. Quanto a parte econômica e administrativa desse comércio procurou-se saber qual valor cobrado pelo serviço de fornecimento da água, os volumes de águas fornecidos, a quantidade de clientes e a quantidade de funcionários, a forma de cobrança e o seu faturamento. Além disso, foi investigado se aquela atividade econômica representava a principal fonte de renda dos fornecedores ou se era uma atividade econômica complementar.

Para os consumidores, o formulário foi constituído por questões que os reconhecem através do nome e endereço, além de um código de identificação designado para esta categoria de maneira a não os expor nesta pesquisa. No intuito de realizar uma curta descrição socioeconômica, os consumidores foram indagados sobre o número de pessoas residentes nas suas respectivas casas e a renda mensal da família (soma da renda de todos os residentes). Deste modo, calculou-se a renda média mensal das famílias ao dividir a renda familiar pelo número de residentes, e com isso foi possível agrupar os consumidores em três classes:

- Classe C1: famílias com renda média mensal menor que 1 salário mínimo;
- Classe C2: famílias com renda mensal média entre 1 e 2 salários mínimos;
- Classe C3: famílias com renda mensal média entre 2 salários mínimos.

Os consumidores também foram questionados sobre o uso da água fornecida pelo antigo sistema de abastecimento (CAGEPA) e pelo sistema de abastecimento atual (Fornecedores de NF), bem como o ano em que aderiram ao atual serviço.

Sabe-se que a população de NF consome águas de outras fontes, as quais essa pesquisa também se interessou em verificar quais usos dados pela população, bem como os volumes consumidos. As águas das diferentes fontes foram categorizadas como:

- Poço: águas subterrâneas exploradas dos poços em NF;
- Pipa: águas doces importadas de outras cidades através de caminhões pipa;
- Mineral: águas engarrafadas, popularmente conhecidas como água mineral;
- Chuva: águas provenientes das chuvas e armazenadas diretamente pelos consumidores;
- Dessalinizador: as águas adquiridas através dos poços com dessalinizadores instalados pelo poder público.

Quanto as finalidades e hábitos de utilização de cada tipo de água supracitada, resolvemos categorizá-las em: Beber, Cozinhar e Demais Usos. Nesta pesquisa, a utilização de água para fins secundários como lavar louça e roupa, higiene pessoal e limpeza em geral estão enquadrados dentro da categoria “Demais Usos”.

Por fim, para entender a percepção dos consumidores, perguntamos sobre a confiabilidade deles na qualidade das águas subterrâneas, a comparação entre o sistema atual e o antigo, assim como qual a predileção deles em relação aos sistemas citados e suas alegações por sua escolha.

3.3. Caracterização da Gestão

Para obtenção de dados oficiais municipais, foram feitas consultas a secretaria de Agricultura e Abastecimento. A respeito da gestão deste recurso natural, referente a quantidade de poços existentes na área de estudo, foi solicitada informações a Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba - AESA através do Sistema de Gestão Processual - Serviço de Informação ao Cidadão, que gerou o Processo 00099.000869/2020-7, datada em 18/05/2020, que disponibilizou uma relação com os dados de 27 proprietários com poços outorgados no município de Nova Floresta, destes, 3 não foram identificados, 2 optaram por não participar da pesquisa, 9 não comercializam a água proveniente dos poços outorgados e, por este motivo, não foram incluídos na pesquisa, e por fim, 12 destes proprietários de poços outorgados participaram efetivamente da pesquisa, somando-se a outros 11 (onze) proprietários identificados empiricamente como comerciantes de água subterrânea, mas, que não estavam na relação citada anteriormente, totalizando em 23 o número total de proprietários de poços que comercializam água que participaram desta pesquisa.

Baseado nessas informações, fora realizada outra consulta a AESA, a fim de compreender diversas questões referente a gestão das águas subterrâneas por parte do Estado, como:

1. Existem estudos prévios e/ou monitoramento dos mananciais subterrâneos que abrangem o município de Nova Floresta?
2. Existe algum estudo em relação aos possíveis impactos ao meio físico, biótico e social relativos à extração de água da subsuperfície em Nova Floresta e na Paraíba como um todo?

3. Quais instrumentos normativos utilizados que regimentam a outorga de águas subterrâneas do Estado da Paraíba? (e.g.: Política Nacional de Recursos Hídricos - Lei nº 9.433)
4. Quais os critérios e exigências para obtenção da outorga de águas subterrâneas?
5. Esses critérios e exigências variam de acordo com a finalidade e o uso dessas águas?
6. Há um número máximo de outorgas de extração de água subterrânea por município? Como é realizado esse controle?

3.4. Procedimentos éticos

No momento da aplicação das entrevistas com os participantes desta pesquisa, foi repassado o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) para que eles analisassem as finalidades descritas da proposta, como também o risco-benefício que sua participação poderia ocasionar. O TCLE destacou pontos específicos que assegurasse o sigilo das informações pessoais dos entrevistados, de forma a proteger a privacidade destes.

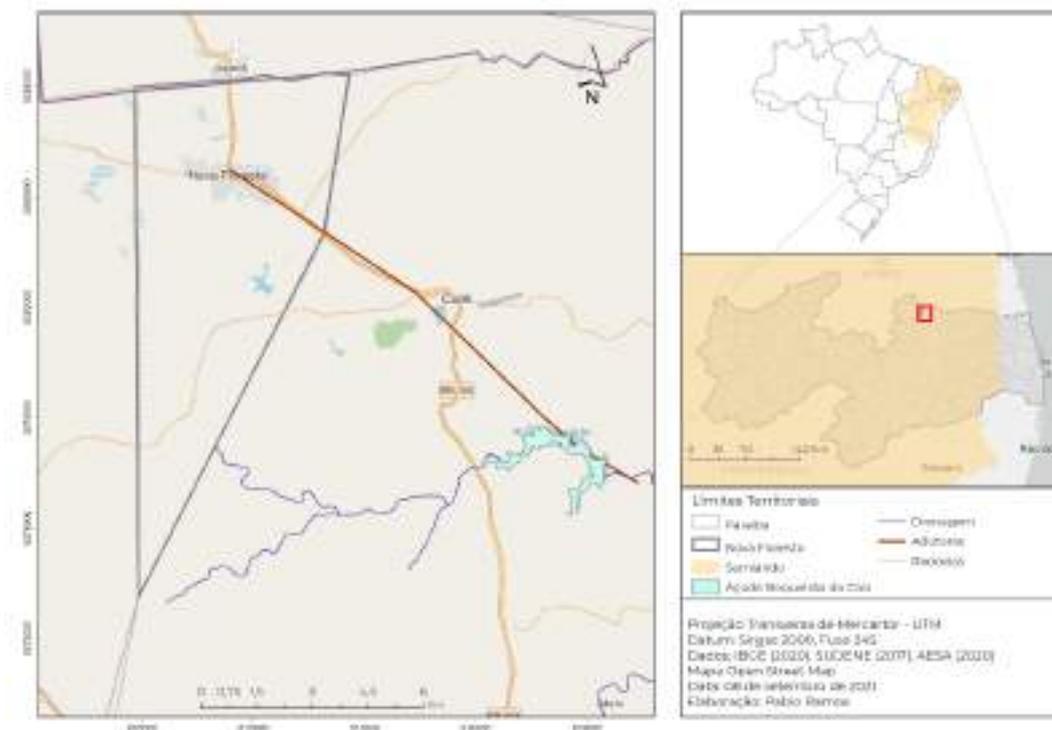
3.5. Caracterização da área de estudo

Conforme Souto et al. (2016) o município de Nova Floresta está situado na região central-norte do Estado da Paraíba, na Mesorregião Agreste Paraibano e Microrregião Curimataú Ocidental (

Figura 2). O município está inserido nos domínios da bacia hidrográfica do Rio Jacu. Seus principais tributários são: o Rio Campo Comprido e o riacho Monte Alegre. Os principais corpos de acumulação são: o açude Monte Alegre e a lagoa de Montevideó. Todos os cursos d'água no município têm regime de escoamento intermitente e o padrão de drenagem é o dendrítico. Nova Floresta possui uma área territorial de 59,9 km², com

aproximadamente 10.533 habitantes e densidade demográfica de 222,31 hab/km² (IBGE, 2010).

Figura 2- Mapa de Localização do município de Nova Floresta - PB



Fonte: Autor

O município está localizado no topo das Serras planálticas, pois, sua estrutura geológica é composta por um solo muito fino, a rede de drenagem não está evidente, entretanto, há água no subsolo. Seu solo é predominante de argilas e siltes, com concreções ferruginosas. A vegetação é típica da Caatinga arbustiva, arborizados cobrindo as encostas e os topos aplainados (ROSA, 2011).

Conforme o EMBRAPA (2006) os tipos de solos encontrados no município de Nova Floresta/PB, são: Latossolos vermelhos distróficos, solos de características uniformes quanto a sua cor, textura e estrutura; Luvisolos crônico, representativos em

áreas de restrição hídrica. São solos rasos de mudança textural abrupta, aspecto pedregoso, alta suscetibilidade à compactação e suscetíveis a erosão; e Neossolo regolito, solos poucos desenvolvidos, com textura arenosa, e de fácil erosão. Ocorre ainda uma característica compartilhada pelos três tipos de solo, todos possuem baixa fertilidade, sendo necessária o uso de irrigação para o plantio de culturas no mesmo, além de serem não tão profundos.

Conforme o Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado da Paraíba (2006), a predominância do sistema aquífero Serra dos Martins no domínio territorial de Nova Floresta, contido na formação lito-estratigráfica que lhe empresta o nome, sendo constituído de arenitos finos, médios e grossos, pela ordem de predominância, com intercalações de argilitos em camadas de espessuras e profundidades de ocorrência variáveis. O PERH ainda afirma que a espessura total dos sedimentos varia muito em cada uma destas frações aquíferas, na exposição de Cuité/Nova Floresta, de 19 a pouco mais de 50 metros.

Em estudo de abrangência regional denominado Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea, realizado pelo Serviço Geológico Brasileiro - CPRM (2005), observou-se que as águas subterrâneas de NF apresentam concentrações de STD oscilando de 812 e 11.180 mg/l, com valor médio de 3.521 mg/l. Assim, observando a classificação das águas subterrâneas no município, verificou-se a predominância de água salina em 92% dos pontos amostrados.

4. RESULTADOS

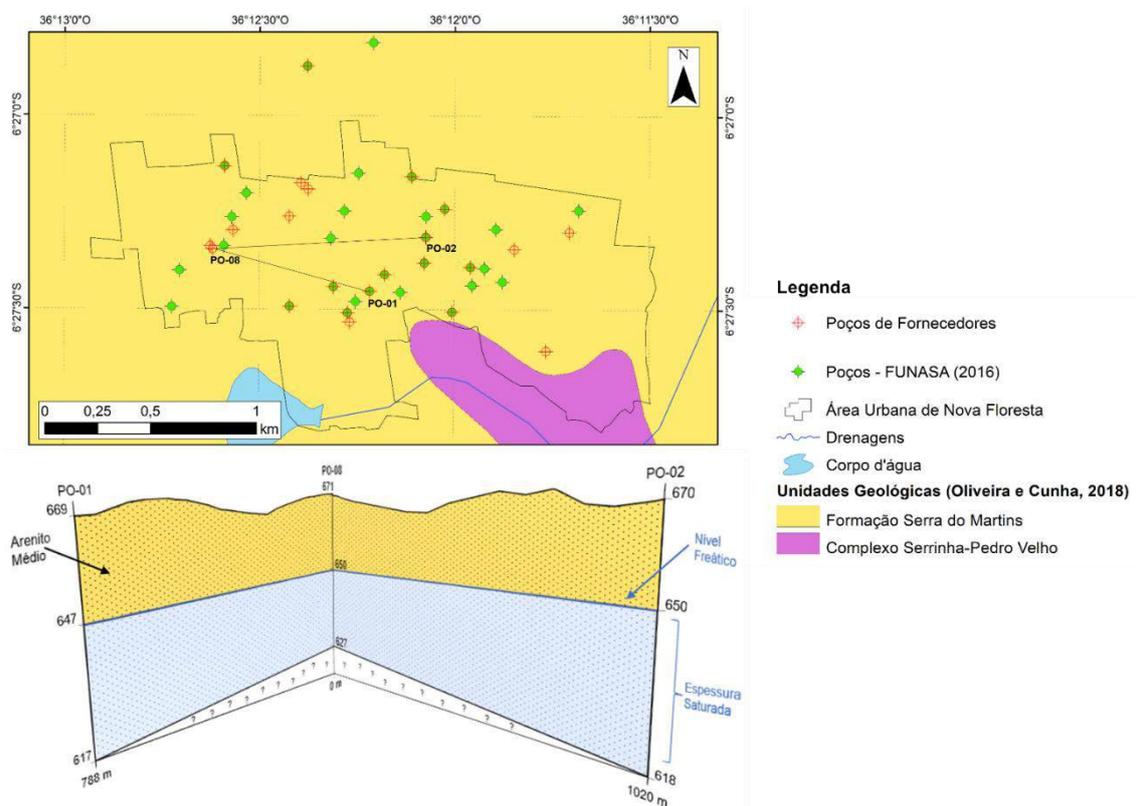
Com a finalidade de proporcionar uma maior assimilação, assim como na metodologia, decidimos por segregar os resultados desta pesquisa em partes, discutindo individualmente os dados obtidos sobre o bem comercializado e sua fonte, os fornecedores, os consumidores e a gestão deste recurso natural.

4.1. O bem comercializado e sua fonte

A partir de dados de perfis construtivos de poços tubulares, bem como das informações presentes no mapeamento geológico da Folha Santa Cruz SB.24-Z-B-III (OLIVEIRA & CUNHA, 2018), indica-se que unidade aquífera explorada no Município pertença exclusivamente as rochas da Formação Serra do Martins (Figura 3), isto é, arenitos médios a grossos e conglomerados que se comportam como aquíferos livres, tendo como substrato impermeável as rochas do embasamento cristalino.

Considerando o relevo pouco acidentado do município estimou-se que em fevereiro de 2016, o nível freático desse aquífero estivesse a cerca de 20 metros da superfície. Naquela ocasião a espessura saturada da camada aquífera variava de 20 a 30 metros. As informações obtidas não foram suficientes para construção do mapa potenciométrico do aquífero. Esse mapa mostraria como se dá o fluxo de água subterrânea ao longo do aquífero. Dados de outorga da AESA mostram que a vazão desses poços varia de 0,9 a 6,0 m³.h⁻¹ (Tabela 3) com média 3,5 m³.h⁻¹. Outros poços não outorgados também considerados nesse estudo revelam valores semelhantes, variação de 0,7 a 6,5 m³.h⁻¹ com média de 3,0 m³.h⁻¹. O rebaixamento observado com o bombeamento mostra queda no nível de 10 a 15 metros, com recuperação no período de 3h.

Figura 3 - Contexto geológico dos poços de NF com os perfis (PO-01 a PO-05, e PO-02 a PO-05) da subsuperfície ilustrando a posição do nível freático em fevereiro de 2016



Fonte: Ramos e Ezequiel (2021)

Tabela 3 – Tabela dos poços da área de estudo com suas respectivas coordenadas geográficas, medidas de vazão e parâmetros físico-químicos.

Código	Latitude	Longitude	Q (m ³ /h)	STD mg/L	pH	Nitrato mg/L	Dureza Ca (mg/L)	Dureza Mg (mg/L)	Dureza Temp. (mg/L)	Dureza Perm. (mg/L)	Dureza Total (mg/L)	Cloretos (mg Cl ⁻ /L)
PO-01	-6,45755	-36,2036	4,6	2646	4,37	68	69,0	24,8	274,7	575,2	850	1392
PO-02	-6,45528	-36,2053	3,5	2590	4,22	77	32,1	29,5	201,7	498,2	700	1142,4
PO-03	-6,44786	-36,2063	6	3570	4,38	19,5	48,1	37,2	273,4	676,5	950	1478,4
PO-04	-6,45683	-36,203	3	2336	6,85	74	96,3	11,8	289,1	510,8	800	1200
PO-05	-6,45736	-36,2052	5,8	2100	4,01	128,5	48,1	1,7	127,5	202,4	330	1113,6
PO-06	-6,455	-36,195	0,85	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PO-07	-6,454	-36,2004	6	3910	3,97	102,5	27,2	23,0	162,9	397,0	560	1488
PO-08	-6,45522	-36,2012	3,5	1126	5,6	16,2	41,7	12,4	155,3	314,6	470	854,4
PO-09	-6,45573	-36,2103	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PO-10	-6,45433	-36,2012	5	1151	5,45	20	8,0	13,5	75,9	204,0	280	499,2
PO-11	-6,45334	-36,2089	1,5	664	5,86	6,9	12,8	1,1	36,9	63,0	100	355,2
PO-12	-6,45633	-36,2013	3	2500	4,99	42,5	44,9	32,4	245,9	584,0	830	720
PO-13	-6,45493	-36,2094	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PO-14	-6,45573	-36,1974	6,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PO-15	-6,45217	-36,2098	0,7	2030	4,6	85	20,8	2,3	61,8	108,1	170	806,4
PO-16	-6,45844	-36,2001	2,6	1730	4,54	59,5	36,9	11,2	138,3	281,6	420	864
PO-17	-6,45261	-36,2018	2,6	1970	3,94	93	24,0	19,4	140,3	339,6	480	883,2
PO-18	-6,4582	-36,207	3,5	2050	3,89	47,5	16,0	17,1	110,6	299,3	410	1056
PO-19	-6,4528	-36,2065	1,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PO-20	-6,4531	-36,2062	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PO-21	-6,4601	-36,1960	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PO-22	-6,45651	-36,1993	4	1810	4,61	12,5	51,3	56,1	359,2	910,7	1270	1132,8
PO-23	-6,4588	-36,2044	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PO-24	-6,45824	-36,2121	-	1310	5,11	2,3	112,3	43,2	458,8	841,2	1300	2304
PO-25	-6,45667	-36,2117	-	550	4,17	10	40,1	11,8	148,8	301,1	450	1320
PO-26	-6,45561	-36,2099	-	1090	4,41	68,5	35,3	74,4	394,5	1065,4	1460	1090
PO-27	-6,45438	-36,2095	-	2460	4,42	72	43,3	9,4	147,1	282,8	430	307
PO-28	-6,45656	-36,1987	3,5	1070	4,73	23,4	16,0	18,8	117,9	302,1	420	46,08
PO-29	-6,45487	-36,1982	-	1430	3,98	38,5	14,4	31,2	164,9	455,0	620	691,2
PO-30	-6,4541	-36,2047	-	1860	3,78	111,05	28,8	10,0	113,4	236,5	350	768
PO-31	-6,458	-36,2042	-	400	3,78	78	30,4	26,5	185,5	454,4	640	1267,2
PO-32	-6,45848	-36,2046	-	1920	4,37	58	22,4	23,6	153,3	386,6	540	1008
PO-33	-6,45247	-36,2041	3	1980	3,84	91	16,0	19,4	120,2	309,7	430	1008
PO-34	-6,44685	-36,2035	-	1346	3,96	4,5	11,2	8,8	64,5	155,4	220	585,6
PO-35	-6,45714	-36,1979	-	2180	3,71	77,5	48,1	7,6	151,8	478,1	630	902,4
PO-36	-6,45406	-36,1947	3,5	3560	4,1	0	36,9	47,8	289,1	750,8	1040	537,6
PO-37	-6,45729	-36,1992	-	4200	4,8	8	51,3	40,1	293,6	706,3	1000	1785,6
PO-38	-6,45759	-36,2023	-	3790	3,72	132	24,0	25,3	164,6	415,3	580	1142,4

OBS: Q – Vazão. STD – Sólidos Totais Dissolvidos. pH – Potencial Hidrogeniônico. Dureza Ca – Dureza em Calcio. Dureza Mg – Dureza em Magnésio. Dureza Temp. - Dureza Temporária. Dureza Perm. – Dureza Permanente.

4.1.1. Análises Hidroquímicas

4.1.1.1. Sólidos Totais Dissolvidos (STD)

A distribuição dos níveis de STD das águas em fevereiro de 2016, exibiu a variação de 400 a 4.200 ppm (vide *box plot* na Figura 4), onde a média foi equivalente a 2.044 ppm, muito próximo a mediana com valor de 1.975 ppm, configurando assim uma distribuição simétrica. Apenas 10% dos poços analisados apresentaram concentrações que não excediam 1.000 ppm, limite máximo recomendado pela Portaria nº 2914/2011 do MS. Esse padrão é estabelecido com base na palatabilidade das águas, pois é sabido que águas com teores de STD maiores que 600 ppm costumam apresentar sabor desagradável, e acima de 1000 ppm, geralmente são impalatáveis (OMS, 2011).

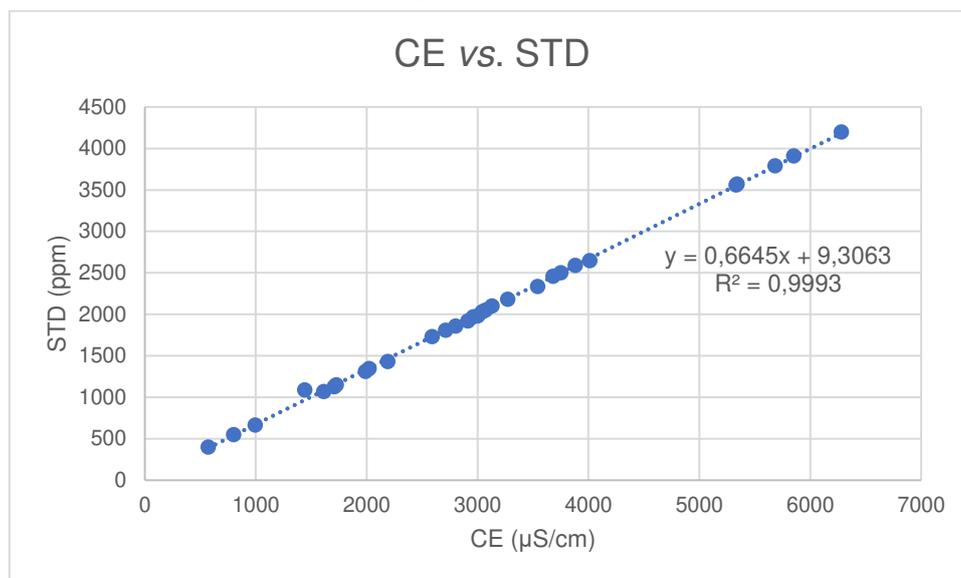
Figura 4 - Mapa de distribuição dos níveis de STD.



Fonte: Autor

É válido ressaltar que a condutividade elétrica (CE), STD e salinidade são parâmetros diretamente relacionados. As análises da FUNASA indicam que as águas do aquífero de NF apresentam STD corresponde a aproximadamente 66% da CE ($STD \approx CE \cdot 0,66$ – Figura 5). Portanto, toda a discussão atribuída ao STD também pode ser assumida para a CE.

Figura 5 – Gráfico da correlação entre Condutividade Elétrica e Sólidos Totais Dissolvidos



Fonte: Autor

Conforme a classificação de Freeze e Cherry (1979), 90% das águas analisadas são salobras, portanto, restrita ao intervalo $1.000 < \text{STD} \leq 10.000$ ppm. Os 10% restante são consideradas como doces ($\text{STD} \leq 1.000$ ppm). Nenhuma água foi classificada como salina ($\text{STD} > 10.000$ ppm). É válido lembrar que os dados analisados correspondem ao ano de 2016, quinto ano do fenômeno da seca que perdurou na região de 2012 a 2018. Assim, a falta de um monitoramento de longa datas não permite afirmar se em outras épocas, com índices pluviométricos dentro da normalidade ou mesmo acima da média, as condições das águas subterrâneas eram melhores do que as observadas nesse estudo.

4.1.1.2. Potencial Hidrogeniônico (pH)

A variação dos valores do parâmetro pH apresenta 33% das amostras abaixo de 4, outros 50% com valores de pH entre 4 e 5, mais 13,3% com valores entre 5 e 6 e apenas uma única amostra (6,85) dentro do padrão recomendado através da Portaria nº2914 de 2011 do Ministério da Saúde (Figura 6), no qual o pH da água deve ser mantido entre 6,0 e 9,5, sendo este valor um *outlier* para o conjunto de dados. Portanto, com 96,7% das amostras com concentrações inferiores ao pH=6, as águas subterrâneas de NF podem ser consideradas ácidas.

Figura 6 - Mapa de distribuição dos níveis de pH



Fonte: Autor

Apesar do elevado grau de acidez, não há como prevê que o consumo desta água seja responsável direto por causar danos à saúde humana. Para a OMS (2007), por estar relacionado a outros aspectos de qualidade da água, não há como estabelecer uma ligação entre o pH da água potável e a saúde humana. Em contrapartida, águas ácidas como as encontradas em NF geralmente são desprezadas por apresentarem sabores não muito agradáveis. Vale ressaltar que águas ácidas valores inferiores a 6,5 são propícios a processos de corrosão de materiais como concreto e certos metais (SANTOS E MOHR, 2013).

4.1.1.3.Dureza

Contrastando com o pH ácido, a dureza total das amostras das águas de NF apresenta uma variação de 100 mg.L^{-1} a 1.460 mg.L^{-1} , das quais 87% delas possuem concentração acima dos 300 mg.L^{-1} recomendados pela Portaria do MS nº 888/2021. Considerando que a dureza constitui especialmente a concentração de carbonato de cálcio e magnésio nas águas, a OMS não estabelece limites seguros de dureza em águas potáveis, uma vez que essas substâncias não ocorrem em níveis preocupantes a saúde. Portanto, a concentração máxima de dureza diz respeito a aceitação do paladar humano (OMS, 2011).

Ao empregar a classificação de Gray (1994), observa-se que os mesmos 87% das amostras de água são consideradas como muito duras, 10% classificam-se como águas duras, e 3% enquadram-se como moderadas. Nenhuma amostra pode ser classificada como água mole. (Tabela 4).

Tabela 4 – Grau de Dureza das amostras segundo a Classificação de Gray (1994)

Dureza Total (mg/l)	Grau de Dureza	Nº de amostras	Frequência (%)
0 – 75	Mole	0	0
75 – 150	Moderada	1	3
150 – 300	Dura	3	10
≥ 300	Muito dura	26	87

Fonte: Autor

Para as águas subterrâneas de NF, os íons Ca^{+2} e Mg^{+2} (associados as moléculas de bicarbonato) não são os principais componentes da dureza total. O somatório das concentrações desses elementos corresponde em média a 31% da dureza total das águas, podendo variar de 24 a 39% (Figura 7).

Figura 7 – Mapa da distribuição da Dureza Temporária*, Dureza Permanente** e Dureza Total



Fonte: Autor

* - Somatório das concentrações de dureza em Ca e Mg. Bicarbonatos livres não foram considerados.

** - Subtração entre a dureza total e dureza temporária. Pode equivocadamente conter bicarbonatos livres, uma vez que não foram aferidos nas análises da FUNASA.

Assim, o mais provável é que a dureza dessas águas corresponda a dureza de não-carbonatos (dureza permanente), cujos principais constituintes são sulfatos, cloretos e nitratos de cálcio e magnésio (AQION, 2020, BRASIL, 2014). Esse tipo de dureza também é resistente aos sabões, contudo, não produz incrustações nas instalações hidráulicas haja vista sua alta solubilidade em água (ABDALLA et al., 2010). Esse aspecto de poucas incrustações é notório no sistema de abastecimento de águas subterrâneas de NF. Uma maior presença de dureza de não-carbonatos ajuda a explicar a acidez das águas, além disso, dado o contexto geológico da região não são esperadas durezas elevadas em rochas com baixo conteúdo de carbonato, como os arenitos e conglomerados da Formação Serra do Martins (Figura 8).

Figura 8 - Mapa da distribuição dos níveis de Dureza Temporária



Fonte: Autor

4.1.1.4. Cloretos

Em relação aos cloretos, verificou-se uma variação de 46,08 a 1.785,6 mg Cl⁻/L, além de um *outlier* de 2.304 mg Cl⁻/L, como a média (991,6 mg Cl⁻/L) e a mediana (1.008 mg Cl⁻/L) possuem valores próximos, essa distribuição se caracteriza como simétrica (Figura 9). Apenas 1 amostra (3%) está dentro dos padrões de potabilidade, isto é, com

valor menor ou igual a 250 mg Cl⁻/L, outros 23% estão até 3 vezes mais cloretos que o permitido, 50% possuem concentrações entre 3 e 4 vezes acima do recomendado e 24% possuem níveis de cloretos 4 vezes acima dos valores determinados pela portaria. A OMS (2011) indica que águas com concentrações elevadas de cloreto apresentam um sabor salgado, tornando-as menos toleráveis ao paladar.

Figura 9 - Mapa da distribuição dos níveis de Cloretos



Fonte: Autor

Grandes quantidades de cloretos podem refletir problemas relacionados à poluição, por isso constitui um bom indicador de contaminação para fontes que de maneira inadequada recebem esgotos domésticos e para mananciais próximos a aterros sanitários e lixões. Ao realizar estudo na Chapada do Apodi, semiárido dos Estados do RN e CE, Fernandes et al. (2005) apontam a correlação do intenso uso de fertilizantes ricos em cloreto de potássio (KCl) e a multiplicação dos níveis de condutividade elétrica e cloretos na região. Neste contexto, como o aquífero é livre e sua área de recarga coincide com a zona urbana de NF que não possui saneamento básico (rede de coleta e tratamento de esgoto) e é rodeada de áreas cultivadas e até um lixão, há possibilidade de contaminação por todas as fontes supracitadas.

É relevante frisar que as concentrações de cloretos exibem correlação estatística moderada ($\rho = 0,55$ e $R^2=0,30$) com as concentrações dureza total, o que pode ser uma evidência da presença de cloretos na dureza permanente nessas águas.

4.1.1.5.Nitrato

A distribuição dos níveis de Nitrato variou de 0 mg/L a 132 mg/L, porém, apenas 20% dessas amostras estão em conformidade com os padrões estabelecidos pela Portaria GM/MS Nº 888, de 4 de maio e 2021 do Ministério da Saúde, que estabelece que águas para fins potáveis deve ter no máximo 10 mg/L de Nitrato. Destaca-se que outros 26% apresentam concentrações de Nitrato entre 2 e 5 vezes maiores que o permitido, enquanto 40% das amostras continham entre 5 e 10 vezes a mais que o estabelecido, por fim, 13% das amostras demonstraram estar mais de 10 vezes acima do limite (Figura 10). Vale ressaltar que de todos os parâmetros analisados, o nitrato é o único que ameaça a saúde humana.

Figura 10 - Distribuição dos níveis de Nitrato



Fonte: Autor

O consumo elevado de nitrato por meio das águas de abastecimento está associado a dois efeitos adversos à saúde: a indução à metemoglobinemia, especialmente em crianças, e a formação potencial de nitrosaminas e nitrosamidas carcinogênicas (Bouchard et al., 1992). De acordo com Alaburda e Nishihara (1998) a presença de nitrato

é indicativo de contaminação do aquífero e de possíveis condições higiênicosanitárias insatisfatórias. Corroborando a situação encontrada em NF, onde 4 das 6 amostras com valores de nitrato dentro dos padrões de potabilidade estão zona menos urbanizadas. Porém, há outras diversas fontes de contaminação (fertilizantes e dejetos de animais) que não foram consideradas nesse estudo, por focar no abastecimento da zona urbana onde se encontram a maioria dos poços.

4.1.2. Índice de Qualidade da Água (IQA)

Aplicando-se o índice de qualidade de água (IQA) utilizado por Hamlat e Guidoum (2018) para áreas semiáridas, utilizando as análises fornecidas pela Funasa para o ano 2016, percebe-se que não há amostras com IQA menor que 50, o que caracteriza uma água excelente e apenas um poço amostrado apresenta água classificada como boa, isto é, com IQA entre 50 e 100. Poços com IQA entre 100 e 200 tem suas águas consideradas pobres e ocorrem em 23% das amostras, enquanto águas muito pobres ($200 \leq \text{IQA} < 300$) perfazem 37% dos pontos amostrados. Outros 37% dos poços amostrados apresentaram IQA acima de 300 e suas águas são classificadas como inadequadas para beber (Tabela 5). Portanto, o IQA proposto mostra que apenas um ponto de água pode ser utilizado para a dessedentação humana, os demais pontos, por sua vez, só poderiam atender a essa finalidade após tratamento (e.g. dessalinização). É importante ressaltar que mesmo o poço classificado como “água boa” possui parâmetros fora dos padrões vigentes de potabilidade, assim, o que o mantém com essa classificação é o peso atribuído pelo parâmetro fora do limite, bem como o quão afastado se está desse limite. Isso fortalece a relevância da avaliação conjunta e ponderada trazida pelos índices de qualidade de água.

Tabela 5 - Classificação das águas de acordo com o IQA de Hamlat e Guidoum (2018)

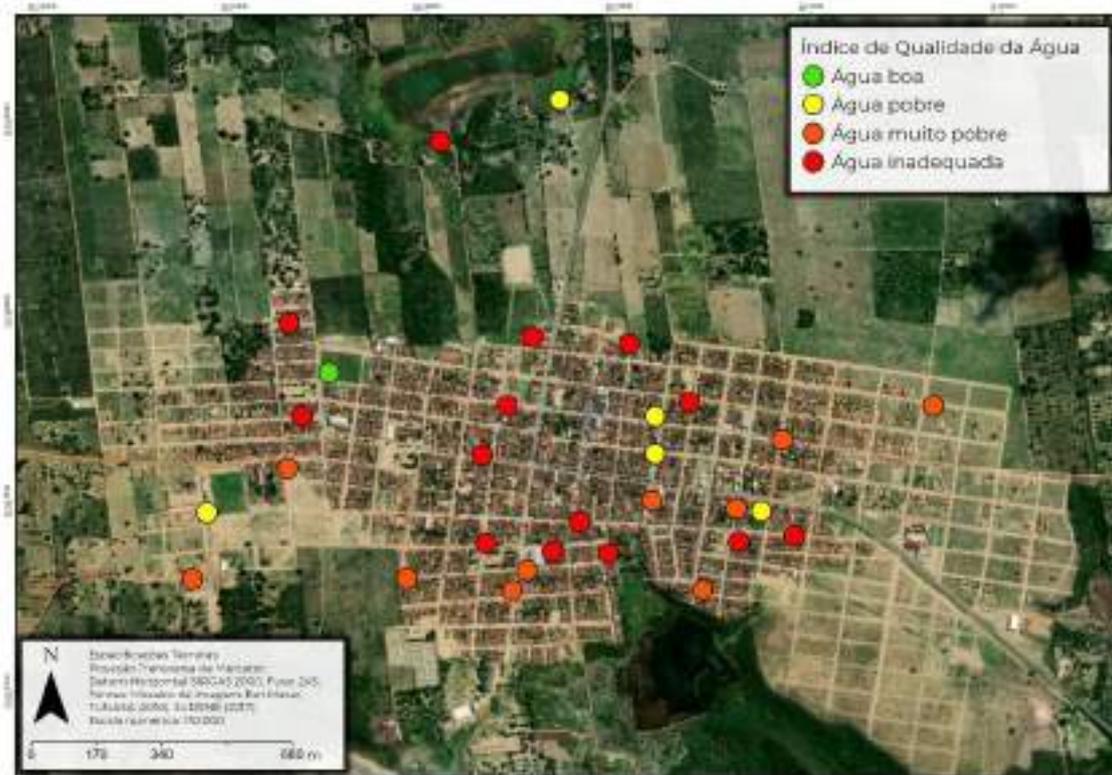
Poços	Frequência (%)	IQA	Tipo de Água
0	0	< 50	Excelente
1	3	50 – 100	Boa
7	23	100 – 200	Pobre
11	37	200 – 300	Muito Pobre
11	37	> 300	Inadequada

Fonte: Autor

É válido ressaltar que o IQA utilizado não considerou a presença de metais pesados ou mesmo de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos, potencialmente danosos a saúde humana. Na Figura 11 é possível visualizar a distribuição espacial dos poços conforme o IQA no município de NF e pode-se notar uma aglomeração de pontos de

“água inadequada” nas regiões urbanizadas, direcionando a leitura que a poluição decorrente da urbanização colabora determinantemente na degradação da qualidade das águas. Interessante ainda considerar que mesmo os poços com pouca urbanização apresentam águas ruins, o que pode representar (dentre outras coisas) a qualidade natural das águas desse aquífero e/ou os efeitos da seca prolongada sobre o manancial subterrâneo.

Figura 11 - Mapa da distribuição e classificação das águas segundo o IQA de Hamlat e Guidoum (2018)

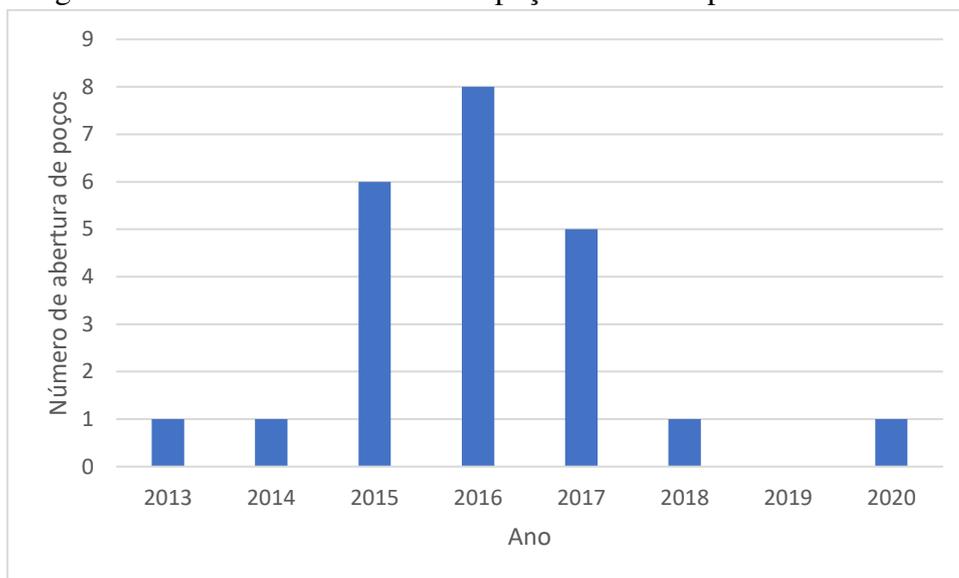


Fonte: Autor

4.2. Fornecedores

Dos 25 fornecedores de água subterrânea identificados, só 2 não aceitaram participar da pesquisa, limitando a 23 fornecedores estudados, a Figura 12 exibe o gráfico de número de abertura de poços por ano, mostrando o início tímido no ano 2013 com a abertura de 1 poço por ano até 2015, onde consta a abertura de 6 poços, atingindo o auge no ano 2016 com 8 poços perfurados. Já o ano 2017 representa o início de uma tendência de declínio com 5 poços perfurados, seguindo com 1 poço perfurado em 2018, 0 (zero) em 2019 e 1 em 2020.

Figura 12 – Gráfico da abertura dos poços durante o período 2013/2020



Fonte: Autor

A grande quantidade de outorgas no ano de 2016 foi fruto de uma ação conjunta entre a prefeitura municipal, a AESA e os fornecedores que entraram em acordo para regularização e obtenção do direito de uso das águas dos seus respectivos poços.

Entre os 23 fornecedores, 14 possuem outorga do direito de uso da água para abastecimento público (61%) e outros 9, equivalentes a 39% dos fornecedores não possuem o direito de uso dessa água (Tabela 6).

Tabela 6 - Frequência de Poços Outorgados

POÇOS OUTORGADOS	F	F (%)
SIM	14	61
NÃO	9	39
TOTAL	23	100,0

Fonte: Autor

Seguindo o mesmo raciocínio, do total de fornecedores participantes da pesquisa, 18 poços (78%) possuem pelo menos uma análise da qualidade da água, enquanto 5 poços (22%) nunca foram analisados quanto a sua qualidade físico, química e biológica (Tabela 7).

Tabela 7 - Frequência de poços com análise de água

POÇOS ANALISADOS	F	F (%)
SIM	18	78
NÃO	5	22
TOTAL	23	100

Fonte: Autor

Similarmente, constatou-se o número de visitas de órgãos públicos de fiscalização e controle, sejam eles (AESAs, Prefeitura ou CREA) recebidas pelos proprietários de poços, como pode-se observar na Tabela 8.

Tabela 8 - Número de visitas por poço perfurado.

Número de visitas	Frequência	Frequência (%)
0	5	22
1	12	52
2	5	22
3	1	4
Total	23	100

Fonte: Autor

Em relação aos valores cobrados pelo fornecimento da água explorada dos poços (Tabela 9), pode-se identificar um padrão de cobrança mensal dividido em 3 (três) classes, onde 21,7% dos proprietários de poços cobram o valor de R\$ 30,00 (trinta reais) pelo fornecimento da água, enquanto 26,1% cobram R\$ 40,00 (quarenta reais) e os outros 53% cobram R\$ 50,00 (cinquenta reais).

Tabela 9 - Valor cobrado pelo fornecimento da água por cada poço

Valor cobrado	Frequência	Frequência (%)
R\$ 30,00	5	21,7
R\$ 40,00	6	26,1
R\$ 50,00	12	52,2
Total	23	100,0

Fonte: Autor

É importante ressaltar que os fornecedores não possuem nenhum tipo de controle em relação a quantidade de água distribuída, divergindo do pensamento de Fracalanza et al. (2013) que considera a cobrança como instrumento econômico de gestão, valorização e racionalização do uso da água, possuindo a capacidade de modificar o comportamento dos usuários, disciplinando o uso do recurso através da diminuição do consumo e do desperdício.

Descobriu-se também que 16 fornecedores (70%) realizam uma cobrança formal aos seus clientes por meio de carnês, talões e recibos de pagamento, enquanto outros 7 fornecedores (30%) realizam suas cobranças de maneira informal, popularmente conhecido como “contrato de boca”.

A distribuição do número de clientes/domicílios por fornecedor (Tabela 10) foi elaborada para facilitar a visualização dessa informação. Neste sentido, adotou-se uma estatística de divisão de classes com intervalos iguais de número de clientes/domicílios,

dispondo de 4 classes de fornecedores, onde a F1 contempla os fornecedores que possuem de 5 a 44 clientes (43%) dos fornecedores, coincidentemente a F2 que contempla os fornecedores que possuem de 44 a 83 clientes, também corresponde a 43% dos fornecedores. Enquanto a F3 que abrange os fornecedores que contém entre 83 e 121 clientes, equivale a 9%, a F4 que considera os fornecedores que contém entre 121 e 160 clientes representa apenas 4% dos entrevistados.

Tabela 10 - Número de clientes por fornecedores de água

Classes	Limite inferior	Limite superior	Número de fornecedores	Frequência (%)
F1	5	44	10	43
F2	44	83	10	43
F3	83	121	2	9
F4	121	160	1	4
Total			23	100

Fonte: Autor

Analogamente, através dos dados de números de clientes (domicílios) e a tarifa adotada por fornecedor, a Tabela 11 revela a distribuição do faturamento estimado dos fornecedores de água. Para tanto, separamos os números em 6 (seis) classes. A Classe FT1 que conta com os fornecedores que faturam entre R\$ 250,00 e R\$ 1.275,00 corresponde a 30%, assim como a FT2 que corresponde aos fornecedores que possuem faturamento estimado entre R\$ 1.275,00 e R\$ 2.300,00 e são 30% dos entrevistados. Já as FT3, dos que faturam estimadamente entre R\$ 2.300,00 e R\$ 3.325,00 e a FT4 que faturam estimadamente entre R\$ 3.325,00 e R\$ 4.350,00 correspondem respectivamente a 13% dos entrevistados cada uma. Enquanto a FT5, dos que faturam entre R\$ 4.350,00 e R\$ 5.375,00 são 9%, a FT6 representa os fornecedores que possuem faturamento estimado entre R\$ 5.375,00 e R\$ 6.400,00 equivalem a apenas 4% dos fornecedores entrevistados.

Tabela 11 - Distribuição do faturamento estimado dos fornecedores de água

Classes	Limite inferior (R\$)	Limite superior (R\$)	Número de Fornecedores	Frequência (%)
FT1	250,00	1.275,00	7	30
FT2	1.275,00	2.300,00	7	30
FT3	2.300,00	3.325,00	3	13
FT4	3.325,00	4.350,00	3	13
FT5	4.350,00	5.375,00	2	9
FT6	5.375,00	6.400,00	1	4
Total			23	100

Fonte: Autor

Vale destacar que apenas um dos fornecedores entrevistados possui funcionário. No entanto, ressalta-se a expressiva arrecadação financeira de aproximadamente R\$ 48.030,00 (quarenta e oito mil e trinta reais) mensais e R\$ 576.360,00 (quinhentos e setenta e seis mil e trezentos e sessenta reais) anuais que passaram a fazer parte da rotina financeira e movimentam mensalmente a delicada economia do município. Conforme o IBGE (2017) o município de Nova Floresta ocupa o 9º lugar entre os 10 municípios da região imediata de Cuité-Nova Floresta nos rankings de percentual de população ocupada (6,9%) e do PIB per capita (R\$ 8.024,47/ano).

A grande maioria dos fornecedores (20/23) consideram o comércio de águas subterrâneas como fonte de renda secundária, utilizando-a como complemento das suas respectivas rendas principais e apenas 3 fornecedores dependem exclusivamente do comércio de águas subterrâneas como única fonte de renda.

4.3. Consumidores

Quanto ao perfil socioeconômico dos 30 consumidores entrevistados nessa pesquisa, a Tabela 12 exibe a distribuição em classes, na qual, 13 (43,3%) consumidores enquadram-se na Classe C1, portanto vivem em lares cuja renda mensal por residente é inferior a 1 salário mínimo. Outros 11 consumidores (36,7%), enquadram-se na Classe C2, cuja renda mensal por residente é de pelo menos um 1 salário mínimo, mas, sempre inferior a 2 salários. Os demais consumidores entrevistados (6 ou 20%) enquadram-se na Classe C3, que remete aos lares cuja renda mensal é igual ou superior a 2 salários mínimos por residente.

Tabela 12 - Frequência dos consumidores por renda familiar mensal média

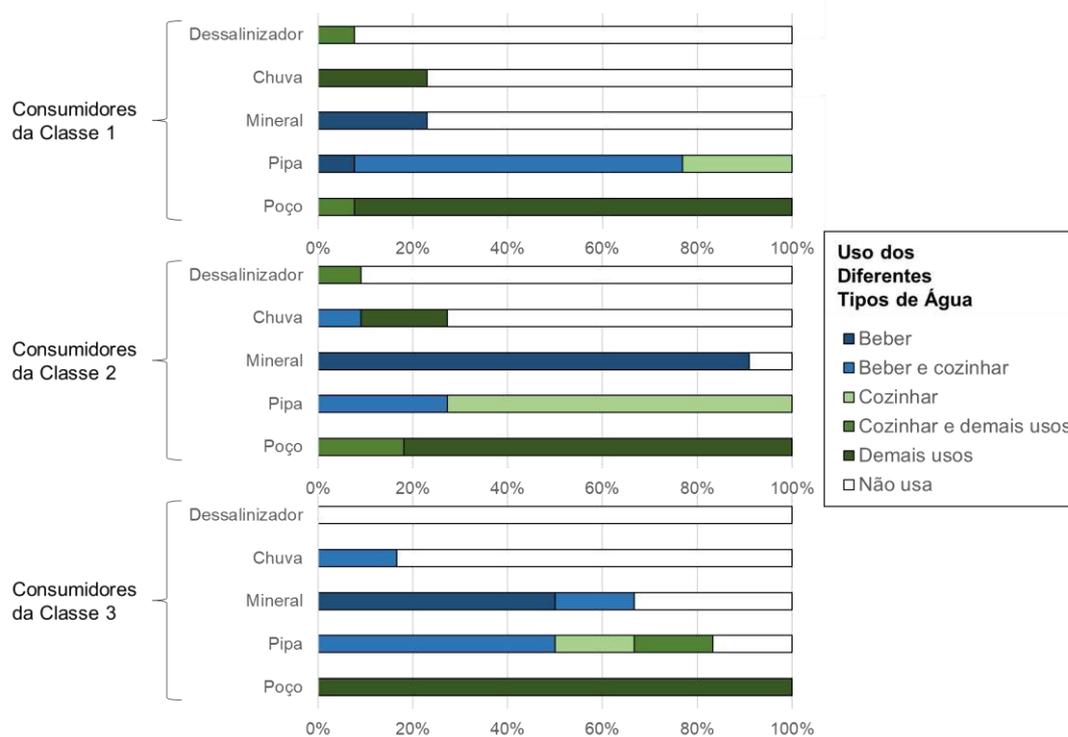
Classes	Renda familiar mensal média	Frequência	Frequência %
C1	< 1 Salário	13	43,3
C2	>1 e < 2 Salários	11	36,7
C3	> 2 Salários	6	20,0
	Total	30	100,0

Fonte: Autor

Notou-se que o uso das águas subterrâneas de NF, bem como demais tipos de água, tem finalidade diversa de acordo com a classe de consumidores (Figura 13). As águas subterrâneas de NF são preferencialmente destinadas ao uso secundário, como higiene pessoal e das residências, entretanto, foi observado que 3 consumidores (um da Classe C1 e dois da Classe C2) também usam essas águas para o preparo de alimento (cozinhar), situação que não foi observada nos consumidores da Classe C3. Considerando

os resultados das análises das águas subterrâneas de NF, é provável que uma parcela da população local esteja ingerindo águas potencialmente danosas a sua saúde, uma vez que nem o processo de fervura, nem o tratamento por cloração (comumente aplicado) são capazes de torná-la potável. Além disso, se a amostra dos consumidores estudada neste trabalho for um retrato fiel da população de consumidores, ter-se-ia ao menos 113 famílias potencialmente propensas a ingerir águas contaminadas.

Figura 13: Uso dos diferentes tipos de água por classe de consumidores



Fonte: autor

A água mineral (envasada em garrafas de 20 litros), não é utilizada por 77% dos consumidores da Classe C1, os outros 23% (3/23) a utilizam na dessedentação. Quanto aos integrantes da Classe C2, a água mineral é consumida na dessedentação por 90,1% (10/11). Já na Classe C3, a água mineral envasada também é utilizada na dessedentação por 66,6% (4/60), um deles também utiliza a água na preparação de alimentos, os demais integrantes da classe não fazem o uso desse tipo de água (2/6 ou 33,3%). Podemos notar que quanto maior a renda da família, maior a tendência de consumo desse tipo de água.

A água da chuva é usada por apenas 23% (3/13) da Classe C1 no uso secundário, como na higiene pessoal e das residências, assim como 18% (2/11) da Classe C2, outro único usuário (1/11 ou 9%) dessa classe consome a água da chuva na preparação de

alimentos e dessedentação. Bem como apenas 1 (9%) consumidor da Classe C3 que também utiliza esse tipo de água para beber e cozinhar.

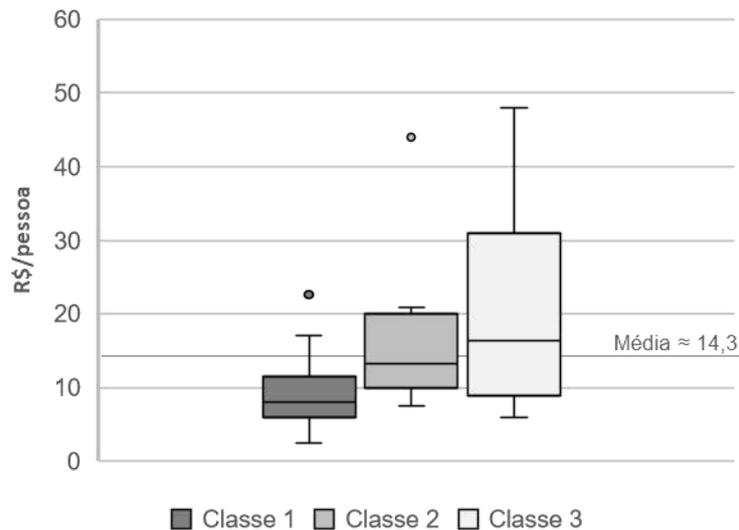
Quanto ao uso da água proveniente dos dessalinizadores, apenas 1 consumidor (7,6%) da Classe C1 e meramente 1 consumidor (9%) da Classe C2 empregam na preparação de alimentos e na higiene pessoal e das residências, enquanto na Classe C3 nenhum dos integrantes faz o uso desse tipo de água. Destaque para a não utilização deste tipo de água por parte dos consumidores de maior poder aquisitivo.

Referente a despesa mensal com águas, observou-se variações significativas em todas as classes de consumidores. Deste modo, decidiu-se por aplicar um diagrama de caixa ou *boxplot*, que nos concede a oportunidade de observar o contraste da distribuição dos custos e enxergar de maneira mais cristalina a discrepância (*outliers*) dos dados de despesa mensal com água pelas diferentes classes de consumidores (Figura 14). Deste modo, nota-se que cerca de 69% da Classe C1 apresenta despesa mensal de até R\$ 10,00 por residente, sendo R\$ 5,00 o menor valor gasto mensal. Além disso, 85% dos consumidores dessa classe apresentam despesa mensal inferior a R\$ 14,30, despesa média de todas as classes de consumidores. Os maiores valores encontrados nessa classe são R\$ 17,00 e 22,67 por residente, sendo este último valor um ponto discrepante (*outlier*) ao conjunto de dados.

Quanto a Classe C2, observa-se que aproximadamente de 54,5% dos consumidores apresentam despesa mensal menor que R\$ 14,30, despesa média por residente de todas as classes de consumidores, sendo R\$ 7,50 o menor valor gasto mensal. Os gastos dos outros 45,5% dos consumidores variam de R\$ 15,33 a R\$ 20,83 e um *outlier* com R\$ 44,00 de despesa mensal por residente.

A Classe C3 apresenta uma variação maior das despesas com água, na qual, metade dos seus consumidores estão abaixo da média por residente de todas as classes de consumidores no valor de R\$ 14,30, sendo R\$ 6,00 o menor valor e 12,33 o maior valor dos 50% abaixo da média supracitada. A outra metade apresenta um custo mensal por residente que varia de R\$ 20,25 a R\$ 48,00.

Figura 14 - Despesa mensal com água pelas diferentes classes de consumidores



Fonte: Autor

Para Leite et al. (2008) a despesa das populações com água depende dos padrões de uso, da renda, de sua localização, da disponibilidade de água e de outros fatores. Gomes (2020) afirma que usuários que consomem grandes quantias de água são menos sensíveis a variações no preço do que aqueles que consomem pouco.

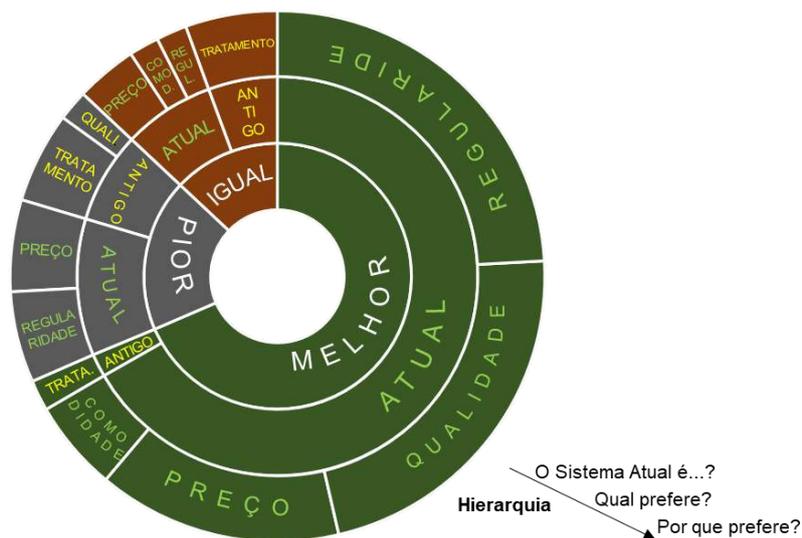
Considerando o consumo per capita de água de 87,5 L/dia dos paraibanos (Painel Saneamento Brasil, 2019), a média de 3 pessoas por domicílio em NF, temos o valor médio de 0,262 m³/dia/domicílio. Analogamente ao considerarmos o mês (30 dias) temos um consumo médio de 7,87 m³/domicílio/mês, estando dentro da tarifa mínima (consumo de até 10 m³) no valor de R\$ 40,64 (CAGEPA, 2020).

O cenário financeiro em relação as águas, é reproduzido na compreensão dos consumidores a respeito dos sistemas de abastecimento de água que utilizaram. A fim de sumarizar e facilitar a exposição da posição dos consumidores em relação a esses sistemas de abastecimento foi elaborado um gráfico hierárquico do tipo explosão solar (Figura 15). O gráfico solar é corriqueiramente utilizado para exibir dados hierárquicos, no qual, cada nível da hierarquia é representado por um anel ou círculo, com o círculo mais interno na parte superior da hierarquia.

Neste caso, o círculo (anel) mais interno demonstra a opinião dos consumidores sobre a qualidade do atual sistema de abastecimento em relação ao anterior, no qual foram admitidas três opções: “melhor”, “igual” ou “pior”. A partir desta primeira resposta, o círculo central (segundo anel) relata a predileção dos consumidores entre o sistema

“atual” e o “antigo”. Por último, o terceiro círculo (anel mais externo) relata os motivos que justificam suas escolhas. Embora os motivos serem livres e pessoais foi possível sintetizá-los com os termos: comodidade, preço, qualidade, regularidade e tratamento.

Figura 15 - Percepção dos consumidores em comparação aos sistemas de abastecimento de água antigo e atual



Fonte: Autor

Entre todos os consumidores entrevistados, 60% consideram o sistema atual melhor, destes, 94% o preferem, motivados pela qualidade da água fornecida (13 citações ou 13 ci.), regularidade no abastecimento (12 ci.), preço (8 ci.) e comodidade do serviço (3 ci.). Os outros 6%, representados por apenas 1 consumidor, acredita que o sistema atual é melhor, porém, prefere o sistema antigo, alegando que o sistema antigo fazia tratamento químico que nas águas antes de sua distribuição.

Outros 17% do total de consumidores consideram como “igual” a qualidade entre os dois sistemas de abastecimento, destes, 40% que preferem o sistema atual por questões de preço (2 ci.), comodidade e regularidade (ambos 1 ci.). Os outros 60% restante preferem o sistema antigo por causa do tratamento das águas (3 ci.). Quanto aos 23% dos consumidores que consideram o sistema atual como pior, apenas 43% deles tem o sistema antigo como preferido, citando a qualidade e tratamento (2 ci. cada) como razão da preferência. Os outros 57% escolheram o sistema atual, citando o preço e a regularidade do abastecimento (3 ci. cada) como motivos.

Destaca-se o fato que apesar da boa aceitação, o sistema novo não tem a confiança de 77% de todos os entrevistados. Portanto, a quantidade de citações positivas a respeito da regularidade do abastecimento e da qualidade da água do sistema novo expõe a

precariedade do sistema antigo nos anos que antecederam o colapso, muito em conta da escassez e má qualidade da água.

A falta de credibilidade é tanta que, os entrevistados a favor do sistema antigo, mencionam unanimemente como motivo da sua escolha o fato das suas águas receberem algum tratamento químico para sua sanidade.

Um dos fatores com mais citações a favor do sistema atual, o preço, pode estar associado a tarifa fixa (independente do consumo), evitando imprevistos financeiros, ainda que também propicie o consumo exagerado e inadequado da água, prejudicando a gestão do recurso (Fracalanza et al. 2013).

4.4. A Gestão do Manancial Subterrâneo de Nova Floresta

Apesar de se ter conhecimento sobre outras situações parecidas, não há muitos estudos de casos semelhantes a este ocorrido em Nova Floresta, onde, em decorrência da situação de escassez, a população por conta própria acabou se adaptando e criando inconscientemente um sistema de fornecimento de água subterrânea por particulares.

Por parte do poder público, diversas ações foram postas em prática como a regulamentação da Lei municipal nº 882/2016 que dispõe sobre o estabelecimento de colaboração federativa na organização, regulação, fiscalização e prestação dos serviços públicos de abastecimento de água, coleta e tratamento de esgotos sanitários, que, em seu Art. 7º faculta ao usuário escolher o serviço de abastecimento da Companhia de Água e Esgoto da Paraíba – CAGEPA ou outro serviço de abastecimento de água por particular.

O atendimento da população urbana que não consegue arcar com os custos do novo sistema de abastecimento acontece por meio de alguns poços públicos de propriedade da prefeitura localizados em bairros estratégicos, onde as muncípes são responsáveis pelo transporte dessas águas, bem como o Programa Água Doce. Nesse programa, o Governo Estadual representado pelo Projeto de Desenvolvimento Sustentável do Cariri, Seridó e Curimataú (PROCASE), em parceria com gestão pública municipal e a assistência técnica da Empresa Paraibana de Pesquisa, Extensão Rural e Regularização Fundiária (EMPAER), identificam os poços perfurados com vazão e salinidade compatíveis com o sistema de dessalinização adquirido no programa para promover a potabilidade da água com a finalidade de aumentar a oferta de água de boa qualidade para dessedentação humana da população carente. Atualmente o município conta com 04 (quatro) dessalinizadores ativos, dois na zona urbana, localizados no

Estádio Municipal Florestão, na comunidade Montevidéo e no Bairro Francisco Estevão e dois na zona rural, instalados nas mediações da comunidade Flores de Cima e na Comunidade Morada Nova. Até o dia 22 de julho do corrente ano, as águas provenientes destes quatro dessalinizadores atendem 132 (cento e trinta e duas) famílias cadastradas ao sistema municipal de controle. Cada família tem direito a 03 (três) fichas semanais, a ficha permite a retirada de 20 (vinte) litros de água, totalizando o total de 60 (sessenta) litros de água potável por semana para cada família cadastrada.

Os prédios públicos são abastecidos por poços pertencentes a prefeitura municipal. Os prédios que não contém ou não estão próximos aos poços são abastecidos através de Caminhões Pipa da própria prefeitura. Esta situação ocorre no Matadouro Público, no Mercado Público, na Secretaria de Infraestrutura e Serviços Urbanos e Secretaria de Assistência Social.

Enquanto a zona rural é abastecida por poços perfurados em locais estratégicos como as comunidades Gamelas, Flores de Cima, Flores de Baixo, Montevidéo, Canoa do Costa e Boi Morto. Nas épocas em que o município declara situação de emergência há necessidade de complementar esse abastecimento. Neste caso, a estratégia adotada é a utilização de 02 (dois) Caminhões Pipa contratados em parceria entre o governo municipal e estadual, onde cada um dos pipeiros abastecem as comunidades necessitadas com 60 (sessenta) “carradas”.

Em informações cedidas pela Prefeitura Municipal de Nova Floresta, fora esclarecido que não há nenhum tipo de controle quantitativo ou mapeamento dos poços perfurados no município, bem como não é realizado nenhum monitoramento em relação a qualidade dessas águas.

Queiroz Neto et al. (2016) consideram o monitoramento da qualidade da água subterrânea questão de saúde pública, uma vez que se torna necessário investigar as características físicas, químicas e biológicas presentes nela, verificando sua adequação ao abastecimento público.

Silva et al. (2015) acreditam que o crescimento da demanda juntamente com a expansão urbana e conseqüentemente o aumento da impermeabilização do solo, afeta negativamente no regime de recarga do aquífero e traz à tona a preocupação por um melhor gerenciamento desse recurso, visto que com a multiplicação do número de

perfurações nos últimos anos, pode-se ter problemas tanto quantitativos como qualitativos.

Ao ser solicitada, a AESA esclareceu que no órgão não há estudos prévios ou de monitoramento dos possíveis impactos ao meio físico, biótico e social relativos à extração de água do manancial subterrâneo de NF. Além disso, a única restrição à quantidade de poços por município é o distanciamento mínimo de 50 m entre um poço e outro.

É importante frisar que de acordo com o Decreto N° 19.260, de 31 de outubro de 1997 – Regulamenta a Outorga do Direito de Uso dos Recursos Hídricos. No seu Art. 7º, não se exigirá outorga de direito de uso de água na hipótese de captação direta na fonte, superficial ou subterrânea, cujo consumo não exceda de 2.000 l/h (dois mil litros por hora).

Queiroz Neto et al. (2016) analisa o recurso hídrico subterrâneo como um importante fator de desenvolvimento econômico de uma sociedade, devendo, portanto, ser protegido contra a poluição. Silva et al. (2015) alertam para o fato da grande retirada de água diariamente, sem nenhum tipo de controle, poderá acarretar a superexploração dos aquíferos e consequentemente no rebaixamento do nível de água do lençol freático.

No meio urbano das cidades brasileiras, onde a água subterrânea é fonte importante no abastecimento público, já ocorrem problemas relativos ao rebaixamento acentuado dos níveis e à qualidade das águas, devido às crescentes pressões populacionais e ao uso e ocupação desordenados do solo (BRASIL, 2011).

5. CONCLUSÃO

Esta pesquisa se propôs a caracterizar o comércio de água no atual cenário de abastecimento do município de Nova Floresta, região semiárida da Paraíba. Em busca de identificar as fontes de abastecimento de água do município, conseguiu-se observar as águas subterrâneas de Nova Floresta são provenientes do sistema aquífero Serra dos Martins, porém, não foi possível identificar os limites e as áreas de influência que possam impactar este aquífero. Assim como constatou-se através das análises realizadas pela FUNASA no ano 2016, que as águas subterrâneas de NF são ácidas e muito duras, com níveis de STD (90%) e cloretos (97%) acima do permitido e 80% delas contêm teores elevados de nitrato. Com o auxílio do IQA foi possível analisar de forma mais integrada a qualidade dessas águas, constatando que em geral elas não são adequadas para o consumo e que mesmo águas classificadas como boas, possuem parâmetros fora dos

padrões. No entanto, essas análises pontuais não nos permitem conhecer o comportamento sazonal dessas águas, bem como a evolução do comportamento ao longo de vários anos. De mesmo modo não foi possível saber se a água apresenta características diferentes em períodos secos e chuvosos, visto que as análises foram no ano 2016, no meio da maior seca dos últimos anos. Similarmente, não houve possibilidade de identificar o volume de água disponível no aquífero, onde a falta de monitoramento dificulta a percepção sobre uma possível superexploração das águas subterrâneas de NF, o respectivo rebaixamento do lençol freático e os respectivos impactos para os meios biótico, abiótico e antrópico.

Quanto aos fornecedores, percebeu-se que o período mais crítico da seca foi determinante para uma crescente perfuração de poços com auge no ano 2016, onde em parceria com os órgãos públicos municipal e estadual, foram realizadas a regularização destes poços, o que acabou não acontecendo com os poços perfurados posteriormente. Demonstrando a importância de ações integradas entre os entes públicos e sociedade civil organizada. Essa nova dinâmica trouxe um incremento a economia local, onde estes fornecedores recolhem quantias mensais que variam entre R\$ 30,00 e R\$ 50,00 por residência e faturam mensalmente valores entre R\$ 250,00 e R\$ 6.400,00, que somados geram uma arrecadação anual de R\$ 576.360,00 (quinhentos e setenta e seis mil e trezentos e sessenta reais), ainda que subestimado, esse valor se torna ainda mais representativo pelo fato que a 86% dos fornecedores contarem com o comércio dessas águas como uma renda complementar.

Concernente aos consumidores, estes apresentaram características interessantes como renda familiar mensal média menor que 1 salário mínimo representando a grande maioria formada por 43,3%, bem como, notou-se que quanto maior o poder aquisitivo, menor a diversidade de tipos de água consumida, mostrando que quanto mais precária a condição financeira, mais difícil de manter o acesso a água, tendo que usar de diversas fontes para suprir a demanda. Da mesma maneira, foi possível perceber que os consumidores da Classe 1 e 2 fazem uso das águas subterrâneas para diversos fins, alguns utilizam até para cozinhar, enquanto os consumidores com melhores condições financeiras utilizam as águas de poços exclusivamente para os demais usos e tendem a não utilizar as águas do dessalinizador, optando pelas águas engarrafadas. Conseqüentemente concluiu-se que salvos as exceções, quanto maior a renda da família, maior a despesa com água.

Sobre a percepção consumidores acerca do comércio de águas subterrâneas, observou-se que apesar da desconfiança a respeito da qualidade desta água, muito pelo fato de não haver nenhum tipo de tratamento, diferentemente do sistema de abastecimento anterior, estes preferem o sistema atual, motivados pela regularidade, preço e comodidade. Fica evidente que a sensação de um valor fixo, por um serviço regular que dificilmente falha, e quando falha é brevemente resolvido por pessoas conhecidas, traz uma segurança maior para população que antes sofria com irregularidade dos serviços e a falta de resposta diante dos problemas apresentados pelo sistema antigo.

Contudo, é possível dizer que as águas subterrâneas de Nova Floresta são uma alternativa emergencial de sucesso na convivência com a seca, porém, para tornar-se uma solução sustentável é necessário um olhar mais atencioso para um recurso tão valioso, de forma estudar e conhecer todas as características que envolvem essas águas e o seu aquífero, de modo a mitigar e eliminar diversos riscos associados a sua exploração descontrolada, além da criação de políticas públicas que subsidiem as melhorias necessárias, a busca por parcerias com instituições capazes de ajudar e cuidar das águas subterrâneas com as mais variadas ações de monitoramento e criação de dados indispensáveis para mantê-las como fonte de abastecimento da cidade de uma forma segura, com uma gestão eficiente, compartilhada e participativa, tal como um trabalho contínuo de sensibilização dos usuários, sejam eles consumidores ou fornecedores, acerca da relevância deste recurso tanto para o meio ambiente como para saúde e qualidade de vida da população nova florestense.

Referências

ABDALLA, K. V. P. CAVALCANTE, P. R. S. COSTA NETO, J. P. BARBIERI, R. de. MESQUITA NETO, M. C. **Avaliação da Dureza e das Concentrações de Cálcio e Magnésio em Águas Subterrâneas da Zona Urbana e Rural do Município de Rosário-MA.** In: XVI Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas e XVII Encontro Nacional de Perfuradores de Poços, 2010 Ago 30-Set 03; São Luiz,MA; 2010.p.1-11.

ALABURDA, J.E.; NISHIHARA, L. Presença de compostos de nitrogênio em águas de poços. **Revista de Saúde Pública**, n.32,v.2. 1998. p.160-165.Cristina Poll Biguelini - Mariane Pavani Gummy.

AQION - Hydrochemistry & Water Analysis. 2020. **Water hardness.** Disponível em: <https://www.aqion.de/site/water-hardness>

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (BRASIL). **Atlas Brasil:** Abastecimento urbano de água: resultados por estado. Brasília: ANA: Engcorps/Cobrape, v. II, 2010.

ANA. Conjuntura dos Recursos Hídricos: **Informe 2014.** Brasília: ANA, 2015. Disponível em: http://conjuntura.ana.gov.br/docs/conj2014_inf.pdf. Acesso: 29/04/2015.

ANA. Conjuntura dos Recursos Hídricos: **Informe 2018.** Brasília: ANA, 2019. Disponível em: http://conjuntura.ana.gov.br/docs/conj2014_inf.pdf. Acesso: 24/09/2021.

ANDRADE, M. C. de. A terra e o homem no Nordeste. 7. ed. São Paulo: **Cortez**, 2005

BARBOSA, L. K. L. **Zoneamento de aquíferos através da delimitação de perímetros de proteção de poços de abastecimento público de água: o caso da cidade de João Pessoa - PB.** 2008. 100 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2008.

BERTOLO, R. E. A. Água subterrânea para abastecimento público na Região Metropolitana de São Paulo: é possível utilizá-la em larga escala? **Ravista DAE**, v. 63, p. 8-18, Maio-Agosto 2015.

BOUCHARD, D. C.; WILLIAMS, M. D. & SURAMPALLI, R. Y., 1992. Nitrate contamination of ground water sources and potential health effects. **Journal of the American Water Works Association**, 84:85-90.

BRASIL. IBGE. **Panorama 2010**. Disponível em:

<<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/panorama>>. Acesso em: 15 Março 2020.

BRASIL. IBGE, **Perfil do Municípios Brasileiros, 2017**. Disponível em:

<<https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/sociais/saude/10586-pesquisa-de-informacoes-basicas-municipais.html?=&t=downloads>

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual prático de análise de água** / Fundação Nacional de Saúde – 4. ed. – Brasília : Funasa, 2013. 150 p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS** / Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde. – Brasília : Funasa, 2014.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria N° 2.914**. Procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. 12 de dezembro, 2011.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria N° 888**. Procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. 4 de maio, 2021.

CAMARGO, E.; RIBEIRO, E. A proteção jurídica das águas subterrâneas no Brasil. In: RIBEIRO, W. C. Governança da água no Brasil: uma visão interdisciplinar. São Paulo: **Annablume, FAPESP, CNPq**. 2009.

CARDOSO, R. C. **Políticas públicas: uma alternativa de combate a crise hídrica no semiárido**. Trabalho de Conclusão de Curso - Artigo - Universidade Federal de Campina Grande; Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido; Curso Superior de Tecnologia em Gestão Pública. Sumé - PB. 2018

COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTOS DA PARAÍBA – CAGEPA. 2020. **Resolução de diretoria da ARPB N°009/2020-DP** – Estrutura Tarifária. Disponível em:

<http://www.cagepa.pb.gov.br/wp-content/uploads/2021/01/estrutura-tarifaria-1.pdf>

CONICELLI, B. P. & HIRATA, R. (2016). **Novos paradigmas na gestão das águas subterrâneas**. XIX Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. XX Encontro Nacional de Perfuradores de Poços. Campinas - SP Disponível em:

<https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/28712>

CORREIA, I. A. Populações e Recursos Hídricos no Semiárido Setentrional: distribuição espacial, déficit e consumo sustentável. 2016. **ANAIS: VII Congresso de la Asociación Latinoamericana de Población e XX Encontro Nacional de Estudos Populacionais**. Foz do Iguaçu/PR – Brasil

CPRM - SERVIÇOS GEOLÓGICOS DO BRASIL. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea: Diagnóstico do município de Nova Floresta, PB**. Recife. 2005.

DANTAS, D. L. et al. Análise social dos fatores que ocasionaram a crise hídrica no Curimataú paraibano. **II Workshop Internacional Sobre Água no Semiárido Brasileiro**, I, 25 a 27 Nov. 2015.

DIAS, A. C. H. E. A. Perfuração Indiscriminada de Poços em Iracema/CE: Um Estudo Sobre o Paradoxo da Atual Crise Hídrica. **Águas Subterrâneas - Seção Estudos de Caso e Notas Técnicas**, 2018.

DOLL, P. & FLORKE, M. (2005) Global-scale estimation of diffuse groundwater recharge. **Frankfurt Hydrology Paper 03**, Institute of Physical Geography, Frankfurt University, Germany. Disponível em: http://www.geo.uni-frankfurt.de/ipg/ag/dl/f_publicationen/2005/FHP_03_Doell_Floerke_2005.pdf

DUTRA, L. V. Educação ambiental e gestão dos recursos hídricos no semiárido nordestino: uma experiência no alto oeste potiguar. **ANAIS: VII Congresso Brasileiro De Geógrafos**. Vitória/ES. Ago. 2014.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. – Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2006.

FEITOSA, F. A. C.; MANOEL FILHO, J.; FEITOSA, E. C.; DEMETRIO, J. G. A. **Hidrogeologia: conceitos e aplicações**. 2008.

FERNANDES, M. A. B., SANTIAGO, M. M. F., GOMES, D. F., MENDES FILHO, J., FRISCHKORN, H., & GADELHA DE LIMA, J. O. (2005). A origem dos cloretos nas águas subterrâneas na Chapada do Apodi, Ceará. **Águas Subterrâneas**, 19(1). <https://doi.org/10.14295/ras.v19i1.1349>

FRACALANZA, A. P.; JACOB, A. M.; EÇA, R. F. (2013) Justiça ambiental e práticas de governança da água: (re)introduzindo questões de igualdade na agenda. **Ambiente & Sociedade**, n.1, v. 16, p. 19-38, jan.-mar. 2013.

FREEZE, R. A., & CHERRY, J. A. (1979). Groundwater. New Jersey: Prentice-Hall
geochemical parameter distribution in a ground water system contaminated with
petroleum hydrocarbons. **Journal of Environmental Quality**, 30, 1548–1563.

GOMES, C. R. **Uma análise da variação do efeito do preço na função da demanda
residencial por água em diferentes níveis de consumo**. Dissertação, Universidade
Federal de Goiás, Goiânia. 2020.

GRANZIERA, M. L. M.; GRANZIERA, B. M. Desafios na gestão da água subterrânea.
In: **Suplemento Anais** do VXIII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. Belo
Horizonte:ABAS, 2014. p.1-14.

GRAY, N. F. (1994) Drinking water quality problems and solutions. Second edition
2008 **Cambridge University Press**, UK

HAMLAT, A. GUIDOUM, A. Assessment of groundwater quality in a semiarid region
of Northwestern Algeria using water quality index (WQI). **Applied Water Science**
(2018).

HIRATA, R; SUHOGUSOFF, A; MARCELLINI, S. S; VILLAR, P. C; MARCELLINI,
L. (2019). A revolução silenciosa das águas subterrâneas no Brasil: uma análise da
importância do recurso e os riscos pela falta de saneamento. São Paulo: **Inst. Trata
Brasil**.

HORTON, R. An index number system for rating water quality. **J Water Pollut
Control** Fed 37:300–306. 1965

INTERNATIONAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – **IPCC. 2021**. Sixth
assessment report: Regional fact sheet – Central and South America. Disponível em:
[https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/factsheets/IPCC_AR6_WGI_Regional_
Fact_Sheet_Central_and_South_America.pdf](https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/factsheets/IPCC_AR6_WGI_Regional_Fact_Sheet_Central_and_South_America.pdf).

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Acesso à água nas regiões Norte e Nordeste do
Brasil: desafios e perspectivas**. 2018. São Paulo. Acesso em: 15 Março 2020.
Disponível em: [https://tratabrasil.org.br/images/estudos/acesso-
agua/tratabrasil_relatorio_v3_A.pdf](https://tratabrasil.org.br/images/estudos/acesso-agua/tratabrasil_relatorio_v3_A.pdf).

JAGADEESWARI, P.B. RAMESH, K. Water quality index for assessment of water
quality in south Chennai coastal aquifer, Tamil Nadu, India. **Int. J. Chem. Tech. Res.**,
4(4). 1582-1588. 2012.

KALAIR, A. R.; ABAS, N.; HASAN, Q. U.; KAILAR, E.; KAILAR, K.; KANADE, P.; BHATTACHARYA, S. S. *Aguide to filtration with string wound cartridges*. 1. ed. Elsevier, p. 1-10, 2016

KALAVATHY, S. SHARMA, T.R. SURESHKUMAR, P. Water quality index of river Cauvery in Tiruchirappalli district, Tamilnadu. 2011. **Arch Environ Sci** 5:55–61

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. Técnicas de Pesquisa. In: LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 5ª. ed. São Paulo: Atlas, 2003. Cap. 9, p. 174-215. ISBN 85-224-3397-6.

LEITE, G. B. MACIEL, M. F. SANTOS, M. L. dos; Elasticidade-renda das despesas com água e esgoto no meio urbano e no meio rural das regiões brasileiras. 2008. **IN: XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural**. Rio Branco - Acre.

LIMA, E. A. de; NASCIMENTO, D. A. do; BRANDÃO, L. C. R. GUILERA, S. C. ALVES, W. S. Mapa de hidroquímica dos mananciais subterrâneos do Estado da Paraíba. 2007. **Anais: Anais dos XV Encontro Nacional de Perfuradores de Poços e I Simpósio de Hidrogeologia do Sul-Sudeste**.

MONTENEGRO, S. M. G. L.; MONTENEGRO, A. A. A. Aproveitamento sustentável de aquíferos aluviais no semi-árido. In: CABRAL, J. J. da S. P.; FERREIRA, J. P. L.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; COSTA, W. D.. (Org.). **Água subterrânea: aquíferos costeiros e aluviões, vulnerabilidade e aproveitamento**. Recife: Editora Universitária UFPE, 2004, v. 1. p. 44-102.

MONTENEGRO, A. A. A.; MONTENEGRO, S. M. G. L. Olhares sobre as políticas públicas de recursos hídricos para o semiárido. In: GHEYI, H. R.; VITAL, P. S. P.; MEDEIROS, S. S.; GALVÃO, C. O. (Org.). **Recursos Hídricos em Regiões Áridas e Semiáridas: Estudos e Aplicações**. Campina Grande; Cruz das Almas: Instituto Nacional do Semiárido; UFRB, 2012. p. 1-27

OLIVEIRA, S. F. CUNHA, A. L. C. 2018. **Geologia e recursos minerais da folha Santa Cruz SB.24-Z-B, Estados do Rio Grande do Norte e Paraíba**. Recife, CPRM, 167 p. Available online at: <http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/20239> / (accessed on 8 September 2021).

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE – OMS. 2007. **pH in Drinking-water:** Revised background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality. Disponível em:
https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/ph_revised_2007_clean_version.pdf

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE – OMS. 2011. **Guidelines for drinking-water quality**, 4th edition, incorporating the 1st addendum. 631 p. ISBN: 978-92-4-154995-0. Disponível em: <https://www.who.int/publications-detail-redirect/9789241549950>

PAINEL SANEAMENTO BRASIL. 2019. **Indicadores por localidade - Paraíba (UF)**. Disponível em:
<https://www.painelsaneamento.org.br/explore/localidade?SE%5B1%5D=25>. Acesso em: 20/09/2021

PARAÍBA. **Decreto Nº 19.260**. Regulamenta a outorga do direito de uso dos recursos hídricos. 31 de outubro, 1997.

PARAÍBA. **PERH-PB**: Plano Estadual de Recursos Hídricos: Resumo Executivo & Atlas. João Pessoa: Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia e do Meio Ambiente - SECTMA; Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba - AESA, 2006.

PEIXINHO, F. C. Gestão sustentável dos recursos hídricos. Anais: XV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. In: Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas XV, 2008. Natal. Anais... São Paulo: **ABAS**. 2008, CD.

PEREIRA, R. A. Semiárido brasileiro: um histórico de secas e degradação socioambiental. **Revista de História Regional**. Ponta Grossa - PR. 17(1): 135-161, 2012.

PINHEIRO, L. G. FERREIRA, D. M., SILVA, F. L. da., MEDEIROS, J. A, Castro MEDEIROS, L. C, PEIXE, P. D., MOREIRA, S. A. Avaliação da sustentabilidade do processo de dessalinização de água no semiárido potiguar: Estudo da comunidade Caatinga Grande. **Sociedade & Natureza** [en linea]. 2018, 30(1), 132-157. ISSN: 0103-1570. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=321363034006>

QUEIROZ NETO, M. L., MEDEIROS, M. K., FLORÊNCIO, F. D., SOUZA JÚNIOR, P. L. (2016). Análise da Qualidade da Água Subterrânea Utilizada no Abastecimento Urbano: um estudo de caso em poços tubulares no município de São Rafael - RN. **VII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental - CONGEA**, pp. 1-6. Acesso em 07 de 04 de 2021, disponível em <http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2016/VIII-061.pdf>

ROSA, P. Nova Floresta na Paraíba: estratégias econômicas. **Jornal Geografia Aplicada**, João Pessoa, v. 5, p. 2, Março 2011. Disponível em: <[http://www.geociencias.ufpb.br/~paulorosa/boletim/Vol.\(5\)_N.3.pdf](http://www.geociencias.ufpb.br/~paulorosa/boletim/Vol.(5)_N.3.pdf)>. Acesso em: 16 de março 2020.

SAHU, P., & SIKDAR, P. K. (2008). Hydrochemical framework of the aquifer in and around East Kolkata Wetlands, West Bengal, India. **Environmental Geology**, 55, 823–835.

SANTOS, R. de S. MOHR, T. Saúde e Qualidade da Água: Análises Microbiológicas e Físico-Químicas em Águas Subterrâneas. 2013. **Rev. Contexto e Saúde**. Ed. Unijuí. V.13, n.24/25. Pag. 46-53. Ijuí – RS.

SELLTIZ, C. E. A. **Métodos de pesquisa nas relações sociais**. São Paulo: Herder, 1965.

SILVA, A. V. B. D.; RAMALHO, A. M. C. Arenas, atores e ação coletiva em torno da crise hídrica: o caso da sub bacia hidrográfica do rio Taperoá no semiárido paraibano. **II Workshop Internacional Sobre Águas no Semiárido Brasileiro**, Campina Grande, 25 a 27 Novembro 2015.

SILVA, M. M. A; HOLZ, J. FAIÃO, D.; FREIRE, C.C. A outorga de direito do uso da água subterrânea nos estados brasileiros. In: Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas XV, 2008. Natal. Anais... São Paulo: **ABAS**. 2008, CD.

SILVA, P. J., SANTOS, L. L., GOMES, B. M., & NEVES, Y. T. (2015). Gerenciamento da água subterrânea no Curimataú Oriental Paraibano: análise do município de Araruna-PB. **II Workshop Internacional Sobre Água no Semárido Brasileiro - WIASB**. Acesso em 07 de 04 de 2021, disponível em <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/17318>

SOUTO, E. K. D. S. C. et al. Diagnóstico do uso de águas provenientes de poços artesianos de Nova Floresta - PB. **I CONIDIS – Congresso Internacional da Diversidade do Semiárido**, Campina Grande, I, 10 a 12 Nov 2016.

SPARENBERGER, R. F. L. RAMOS, A. M. T. A crise ambiental e a água subterrânea. 2007: **Anais dos XV Encontro Nacional de Perfuradores de Poços e I Simpósio de Hidrogeologia do Sul-Sudeste**.

SUDENE. **Delimitação do Semiárido**, 2017. Disponível em: <<http://sudene.gov.br/planejamento-regional/delimitacao-do-semiarido>>. Acesso em: 02 de abril 2020.

TOMASONI, M. A; PINTO, J. E. de S; SILVA, H. P. A questão dos recursos hídricos e as perspectivas para o Brasil. 2009. **GeoTextos**, vol. 5, n. 2, p. 107-125, dez. Disponível em: <http://repositorio.ufba.br/ri/handle/ri/1483>

VILLAR, P. C. **Aquíferos Transfronteiriços: Governança das Águas e o Aquífero Guarani**. Curitiba: Juruá, 2015. ISBN 978853626254-3.

VILLAR, P. C. As águas subterrâneas e o direito à água em um contexto de crise. **Ambiente e Sociedade**, São Paulo, v. 19, n. 1, Jan-Mar 2016. ISSN 1809-4422.

ZOBY, J. L. G.; MATOS, B. Águas subterrâneas no Brasil e sua inserção na Política Nacional de Recursos Hídricos. **Águas Subterrâneas**, n. 1, 2002.

Documento Digitalizado Ostensivo (Público)

TCC

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

Documento assinado eletronicamente por:

- Pablo Rafael Ferreira Ramos, ALUNO (201813300032) DE ESPECIALIZAÇÃO EM GESTÃO DOS RECURSOS AMBIENTAIS DO SEMIÁRIDO - CAMPUS PICUÍ, em 20/04/2022 17:14:36.

Este documento foi armazenado no SUAP em 20/04/2022. 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: 495988

Código de Autenticação: a38c147bc1

