



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA ANALÍTICA E FÍSICO-QUÍMICA
CURSO DE QUÍMICA BACHARELADO

VALESCA INGRID NOBRE DOS SANTOS

**INFLUÊNCIA DA PRESENÇA DE FERRO NA COR E TURBIDEZ E
IMPLICAÇÕES NA ÁGUA DE POÇO PARA ABASTECIMENTO PÚBLICO**

FORTALEZA

2020

VALESCA INGRID NOBRE DOS SANTOS

**INFLUÊNCIA DA PRESENÇA DE FERRO NA COR E TURBIDEZ E
IMPLICAÇÕES NA ÁGUA DE POÇO PARA ABASTECIMENTO PÚBLICO**

Monografia submetida à Coordenação do Curso de Química Bacharelado, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel em Química com habilitação em Química Industrial.

Orientadora pedagógica: Prof^a. Dra. Gisele Simone Lopes

Orientadora profissional: Dra. Paula Luciana Rodrigues de Sousa

FORTALEZA

2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- S239i Santos, Valesca Ingrid Nobre dos.
Influência da presença de ferro na cor e turbidez e implicações na água de poço para abastecimento público / Valesca Ingrid Nobre dos Santos. – 2020.
33 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Curso de Química, Fortaleza, 2020.
Orientação: Profa. Dra. Gisele Simone Lopes.
Coorientação: Profa. Dra. Paula Lucina Rodrigues Sousa.
1. Águas subterrâneas. 2. Ferro. 3. Abastecimento público. I. Título.

CDD 540

VALESCA INGRID NOBRE DOS SANTOS

**INFLUÊNCIA DA PRESENÇA DE FERRO NA COR E TURBIDEZ E
IMPLICAÇÕES NA ÁGUA DE POÇO PARA ABASTECIMENTO PÚBLICO**

Monografia apresentada ao Programa de Graduação em Química da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Química com habilitação em Química Industrial.

Aprovada em: ___/___/_____.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Gisele Simone Lopes (Orientadora pedagógica)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dra. Paula Luciana Rodrigues de Sousa (Orientadora Profissional)
Núcleo de Tecnologia e Qualidade Industrial do Ceará – NUTEC

Dra. Geísa Vieira Vasconcelos Magalhães (Examinador)
Núcleo de Tecnologia e Qualidade Industrial do Ceará (NUTEC)

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me guiado, sustentado e dado força para percorrer essa jornada e pela sua infinita misericórdia.

Aos meus pais, Socorro e Brígido, e ao meu irmão Igor, por sempre apoiarem meu estudo, acreditarem em mim em todos os momentos, pelo amor, carinho e ensinamentos ao longo dos anos. Vocês são minha base.

Às minhas amigas Viviane Viana, Rebeca Jane, Erika Oliveira e aos meus amigos Monilson Pinheiro e João Felipe pela amizade, apoio durante a graduação. Agradeço imensamente por terem estado ao meu lado nos momentos felizes e tristes.

À minha orientadora profissional Dra. Paula Luciana, pela extrema dedicação, disponibilidade, compreensão durante a orientação deste trabalho, que possibilitou torná-lo trabalho real. E a minha orientadora pedagógica Prof. Dra. Gisele Lopes por ter tido a possibilidade de ter aprendido durante esses anos.

Ao Nutec pela oportunidade e a equipe do Laboratório de Química Ambiental, Dra. Erika Sampaio, Christiane e Erilandia pela aprendizagem diária e por terem tornado essa experiência enriquecedora. As minhas amigas Viviane Viana e Rebeca Felipe que dividiram comigo essa experiência e tornaram esse momento muito mais especial.

Às minhas amigas Thaís Oliveira e Agnes Vitoria pelo convívio no Laboratório de Proteína e Carboidratos de Algas Marinhas, vocês tornaram meus dias felizes. Tenho um imenso carinho por vocês.

À Universidade Federal do Ceará pela oportunidade de aprendizagem e crescimento profissional e aos professores que contribuíram para esse enriquecimento.

E por fim, a todos que contribuíram para meu crescimento pessoal e profissional ao longo dessa jornada.

RESUMO

Apesar de a água ser renovável, ela é um recurso natural limitado. A distribuição de água no país não é uniforme variando de acordo com a região. O estado do Ceará sofre com a escassez de água devido a irregularidade das chuvas, uma alternativa encontrada para este problema, são os poços. Porém, é necessário realizar monitoramento da qualidade dessas águas através de análises físico-químicas para saber se está de acordo com padrão de portabilidade. Um dos parâmetros avaliados é o teor de ferro. Se uma água apresentar alto teor de ferro apresentará uma alteração na cor e odor, também causará manchas em utensílios domésticos e em roupa. Nesse contexto, o presente estudo tem como objetivo verificar os efeitos da presença de ferro nos resultados de cor, turbidez e pH nas águas de poços de três municípios distintos do estado do Ceará. Os parâmetros analisados foram pH, cor, turbidez e ferro e foram realizadas no laboratório do Núcleo de tecnologia Industrial do Ceará (NUTEC). Os resultados obtidos mostram que as amostras do município B apresentaram teores de ferro abaixo do limite quantificação. Enquanto os municípios A e C apresentaram amostras acima do limite de quantificação, porém dentro dos valores do permitido. A amostra C5 do município C apresentou um valor de pH abaixo da faixa estabelecida. Já para os parâmetros de cor e turbidez todas as amostras apresentaram baixos teores.

Palavras-chave: Águas subterrâneas. Ferro. Abastecimento público.

ABSTRACT

Although water is renewable, it is a limited natural resource. The distribution of water in the country is not uniform, varying according to the region. The state of Ceará suffers from water scarcity due to irregular rainfall, an alternative found for this problem, are the wells. However, it is necessary to monitor the quality of these waters through physical-chemical analyzes to find out if they are in accordance with portability standards. One of the parameters evaluated is the iron content. If a water has a high iron content it will show a change in color and odor, it will also cause stains on household items and clothes. In this context, the present study aims to verify the effects of the presence of iron on the results of color, turbidity and pH in the waters of wells in three different municipalities in the state of Ceará. The parameters analyzed were pH, color, turbidity and iron and were carried out in the laboratory of the Industrial Technology Center of Ceará (NUTEC). The results obtained show that samples from municipality B presented iron levels below the quantification limit. While municipalities A and C presented samples above the limit of quantification, but within the permitted values. The sample C5 from municipality C showed a pH value below the established range. As for the color and turbidity parameters, all samples showed low levels.

Keywords: Groundwater. Iron. Public supply.

LISTA DE FIGURAS

| | | |
|-----------|--|----|
| Figura 1 | – Evolução da retirada de água no Brasil, por setor (1931 - 2030), em m ³ /s..... | 17 |
| Figura 2 | – Distribuição de poços por região..... | 18 |
| Figura 3 | – Poços perfurados - 1987 a 2018..... | 19 |
| Figura 4 | – Ciclo Hidrológico da água..... | 20 |
| Figura 5 | – Reação do ferro com cloridrato de hidroxilamina..... | 22 |
| Figura 6 | – Mapa Município A, B e C..... | 25 |
| Figura 7 | – pHmetro DM - 22..... | 26 |
| Figura 8 | – Colorímetro DM - COR..... | 27 |
| Figura 9 | – Turbidímetro DM - TU..... | 28 |
| Figura 10 | – Espectrofotômetro..... | 30 |

LISTA DE TABELAS

| | | |
|----------|--|----|
| Figura 1 | – Resultados médios obtidos das localidades do município de A..... | 31 |
| Figura 2 | – Resultados médios obtidos das localidades do município de B..... | 32 |
| Figura 3 | – Resultados médios obtidos das localidades do município de C..... | 33 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA – Agência Nacional de Águas

APHA - American Public Health Association

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

SUMÁRIO

| | | |
|----------------|--|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO..... | 14 |
| 2 | OBJETIVOS..... | 15 |
| 2.1 | Objetivo geral..... | 15 |
| 2.2 | Objetivos específicos..... | 15 |
| 3 | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA..... | 16 |
| 3.1 | Águas..... | 16 |
| 3.1.1 | Águas subterrâneas..... | 17 |
| 3.2.1.1 | <i>Ciclo hidrológico.....</i> | 19 |
| 3.3 | Água para abastecimento público..... | 21 |
| 3.4 | Parâmetros Químicos..... | 21 |
| 3.4.1 | <i>Ferro.....</i> | 21 |
| 3.4.2 | <i>Potencial Hidrogeniônico (pH).....</i> | 22 |
| 3.5 | Parâmetros Físicos..... | 23 |
| 3.5.1 | <i>Cor.....</i> | 23 |
| 3.5.2 | <i>Turbidez.....</i> | 23 |
| 3.6 | Características das localidades..... | 24 |
| 4 | MATERIAL E MÉTODOS..... | 25 |
| 4.1 | Coleta da amostra..... | 25 |
| 4.2 | Determinação de pH à 25 °C..... | 26 |
| 4.3 | Determinação de Cor..... | 27 |
| 4.4 | Determinação de Turbidez..... | 27 |
| 4.5 | Determinação de Ferro Total..... | 28 |
| 4.5.1 | <i>Preparação dos Reagentes.....</i> | 28 |
| 4.5.1.1 | <i>Tampão de Acetato de Amônio.....</i> | 28 |
| 4.5.1.2 | <i>Cloridrato de Hidroxilamina 10%%.....</i> | 29 |
| 4.5.2 | <i>Curva de Calibração.....</i> | 29 |
| 4.5.3 | <i>Procedimento.....</i> | 29 |
| 5 | RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 31 |
| 5.1 | <i>Município A.....</i> | 31 |
| 5.2 | <i>Município B.....</i> | 32 |
| 5.3 | <i>Município C.....</i> | 32 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 6 | CONCLUSÃO..... | 34 |
| 7 | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 35 |

1 INTRODUÇÃO

A água é essencial para a manutenção da vida, é um recurso natural renovável porém limitado. Estima-se que 1.260.000.000.000.000.000 de litros de água estejam disponíveis no mundo, porém 97% é de água salgada sendo imprópria para consumo humano e apenas 0,3% é de água doce. O Brasil possui uma boa quantidade de água doce do planeta, cerca de 12% (BRASIL, 2007).

Porém, a disponibilidade de água varia de acordo com cada região, a região nordeste possui uma baixa disponibilidade de recursos hídricos superficiais e uma extrema irregularidade de chuvas, o estado do Ceará possui essas características e uma alternativa viável para a escassez é a perfuração de poços. A utilização de águas subterrâneas no estado do Ceará se tornou crescente com o decorrer do tempo (CPRM, 1998).

O ferro pode ser encontrado nas águas subterrâneas, quando apresenta teores elevados causa uma redução na aceitação dessa água pela população por provocar cor e odor indesejáveis e causar manchas em roupas e utensílios domésticos (PINHANÇO; LOPES; SOUZA, 2002).

A qualidade da água é decorrente de dois fatores, os fenômenos naturais e da atuação do homem. Dessa forma, é necessário avaliar a qualidade da água através de análises químicas, físicas e biológicas e verificar se estão dentro dos padrões de potabilidade para o consumo humano. As seguintes legislações, Resolução nº 396, de 03 de abril de 2008, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) (BRASIL, 2008) e Portaria de Consolidação nº 05, de 28 de setembro de 2017, do Ministério da Saúde (BRASIL, 2017) estabelecem parâmetros para águas subterrâneas e de consumo humano, respectivamente.

Diante disso, o objetivo deste estudo é avaliar as análises físico-químicas de pH, cor, turbidez e ferro total de amostras de águas subterrâneas de três diferentes regiões do estado do Ceará verificando a relação desses parâmetros com a influência do ferro e comparar se estão de acordo com as portarias.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Analisar as implicações da presença de ferro nos parâmetros de cor e turbidez em amostras de água subterrâneas de três municípios do estado do Ceará.

2.2 Objetivos específicos

- Realizar análises de pH 25 °C, cor, turbidez e ferro total em amostras de água subterrâneas.
- Avaliar os parâmetros obtidos e comparar com a Resolução nº 396, de 03 de abril de 2008, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) e Portaria de Consolidação nº 05, de 28 de setembro de 2017, do Ministério da Saúde.
- Verificar a influência do pH na detecção de ferro total.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

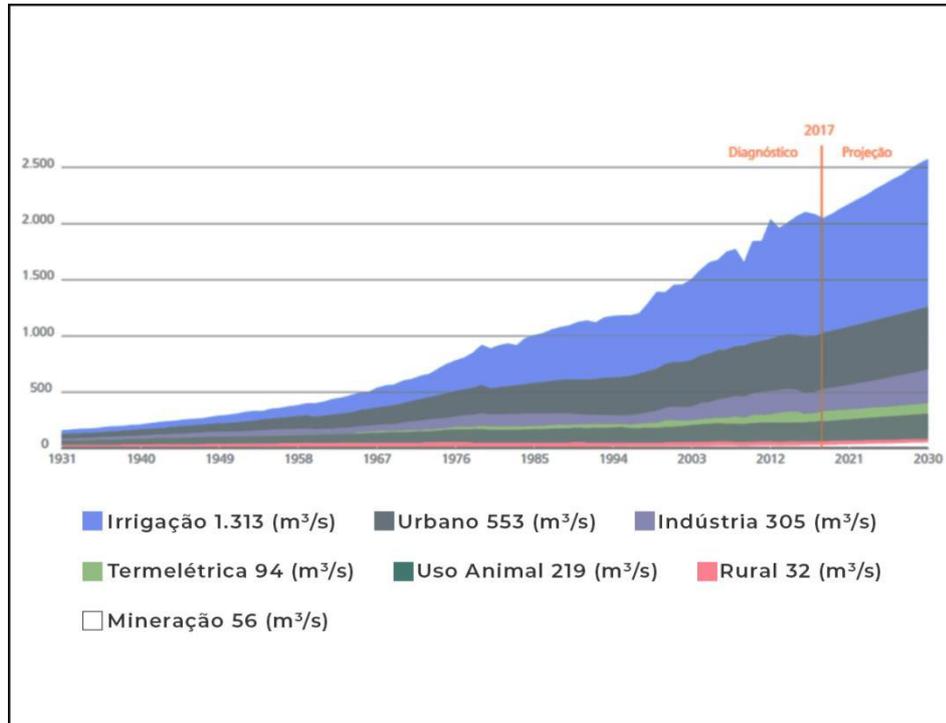
3.1 Água

A água é um componente de suma importância para a vida, sendo considerado um recurso natural limitado. Do volume total de água do planeta, apenas cerca de 0,3% pode ser utilizado para consumo humano. A água pode ser encontrada em superfícies (rios e lagos) ou subterrânea (poços e nascentes), desse modo, somente 0,01% são encontrados em fontes superficiais e 0,29% são encontrados em fontes subterrâneas. Os outros 97% são de água salgada, ou seja, impróprias para consumo humano, agricultura ou industrial (BRASIL, 2007).

A água está presente, simultaneamente, em três estados físicos (sólido, líquido e gasoso) esse fator faz com que ela possua um ciclo natural. O ciclo denominado de ciclo hidrológico, é de suma importância para a renovação da água (VITÓ et al, 2016). Apesar de ser um recurso renovável do planeta, a discussão sobre escassez de água é bastante recorrente tanto para políticos quanto para a sociedade (GARCIA; MORENO; FERNANDES, 2015).

Um estudo realizado pela Agência Nacional de Águas e publicado no Manual de Usos Consuntivos da Água no Brasil, traça um panorama das demandas pelos recursos hídricos em todos os municípios brasileiros, dentre os anos de 1931 e 2030. Estima-se que a utilização da água, em 2030, deverá crescer 24%, chegando a uma marca de 2,5 milhões de litros de água por segundo (BRASIL, 2019).

Figura 1: Evolução da retirada de água no Brasil, por setor (1931-2030), em m³/s



Fonte: Adaptado de BRASIL (2019).

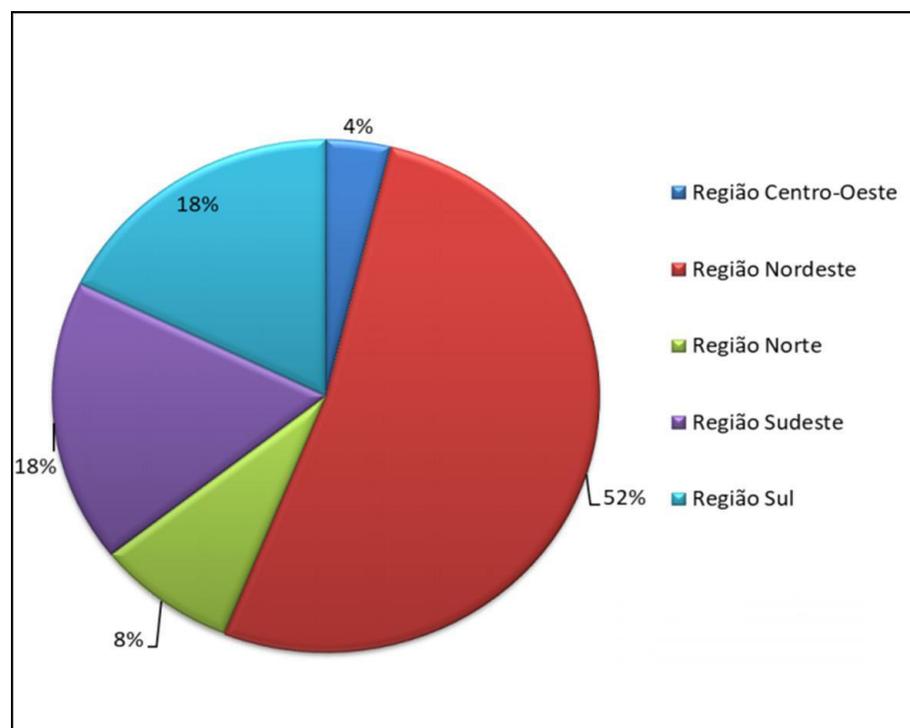
O Brasil dispõe cerca de 12% da água doce do mundo, que é considerado uma quantidade relevante. Porém, a distribuição dessa água no país não é uniforme entre as regiões, como é observada na região Norte que possui 80% de água natural e concentra 5% da população, enquanto as regiões próximas ao oceano atlântico possuem apenas 3% de água e concentra 45% da população (BRASIL, 2019).

3.1.1 Águas Subterrâneas

As águas subterrâneas são águas provenientes das chuvas que se são encontradas em poros vazios e espaços no subsolo. Em condições hidrológicas favoráveis, podem fluir por vários quilômetros de profundidade. Desta forma, funcionam como reservatórios hídricos (CUSTODIO & SILVA JÚNIOR, 2008).

O Nordeste do país tem como característica pouca disponibilidade de recursos hídricos superficiais, altos níveis de evaporação e baixos níveis de precipitações. Dessa maneira, uma alternativa de viável para abastecimento público e irrigação são as águas subterrâneas. Esse recurso hídrico está em uma profundidade de 15 a 3000 metros da superfície, a vista disso, uma maneira de ter acesso às águas subterrâneas são por meio de perfuração de poços. Existem algumas tipos de poços, podendo ser artesianos, tubulares, freáticos ou cacimba. (NAMES, 2012).

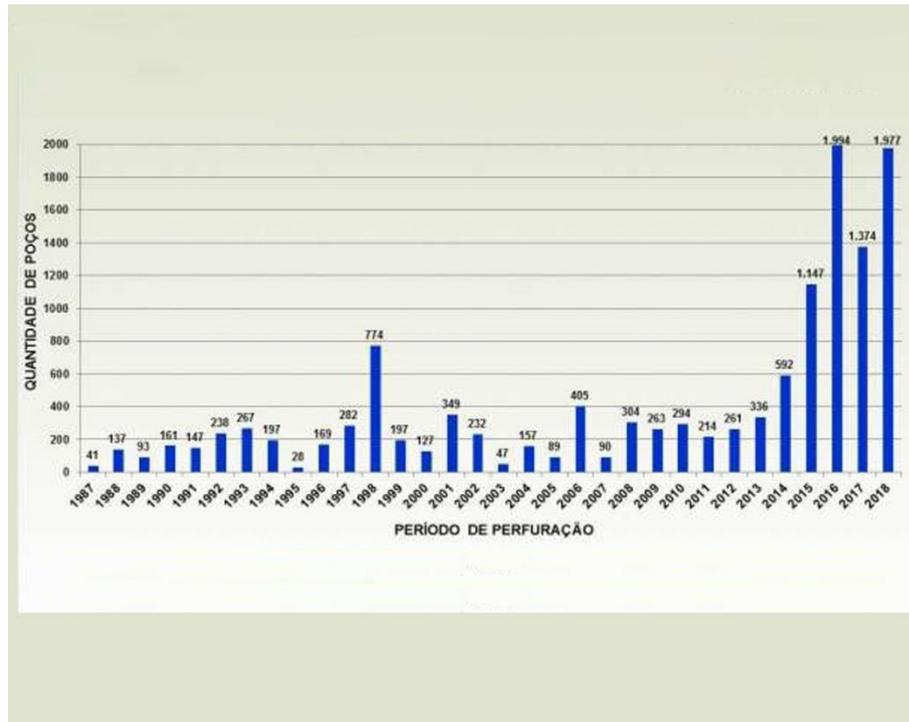
Figura 2: Distribuição de poços por região..



Fonte: projeto SIAGAS (2019).

O estado do Ceará que fica situado no Polígono das Secas e possui por característica extrema irregularidade de chuvas (CPRM, 1998). Segundo a Secretária de Recursos Hídricos, até o ano de 2019, foram perfurados 13.629 poços no estado.

Figura 3 Poços perfurados – 1987 a 2018.

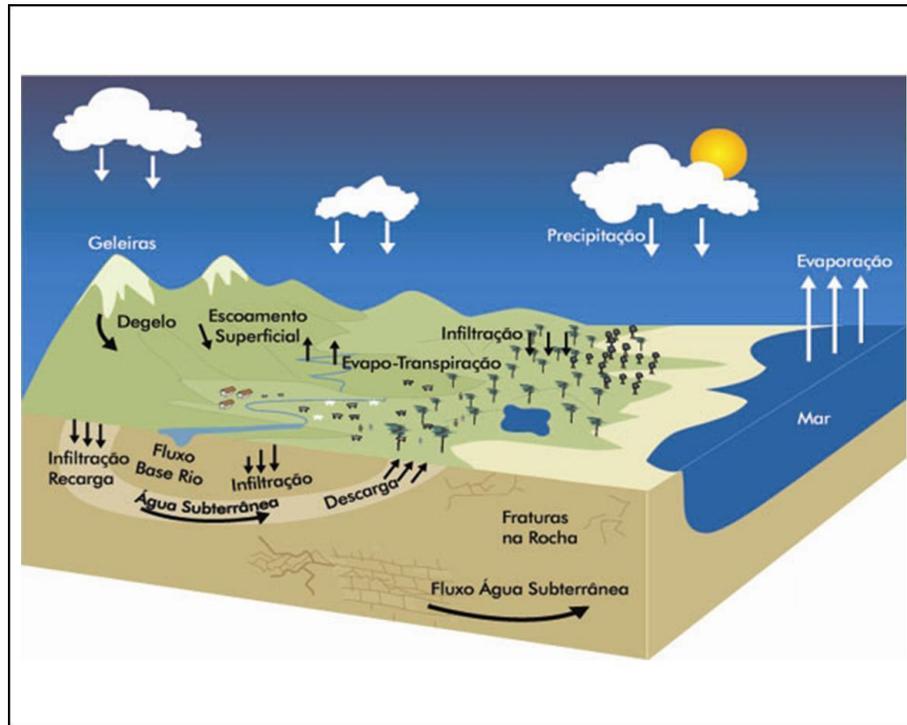


Fonte: SOHIDRA (2018).

3.2.1.1 Ciclo hidrológico da água

Na terra, a água apresenta um comportamento contínuo, e esse processo engloba a ocorrência, transformação, movimentação e relação com o ser humano. Denomina-se essa etapa de ciclo hidrológico da água (BRASIL, 2007).

Figura 4: Ciclo hidrológico da água.



Fonte: MMA (Acesso 30 de setembro 2020).

A água mantém-se contínua com quantidade praticamente inalterável, a mudança que ocorre é apenas em seu estado físico e distribuição regional. O ciclo hidrológico, como mostrado na Figura 1, é atua da seguinte forma: A água encontra-se no estado líquido em oceanos, mares, rios, lagos e lagoas. Em seguida, devido ao calor, ocorre a vaporização da água para a atmosfera formando as nuvens. A água das nuvens passa por um processo de precipitação pluvial, onde a água condensa em forma de chuva, neve, granizo ou orvalho (RIBEIRO; ROLIM, 2017).

A água pode precipitar sobre a superfície do solo ou nos oceanos. No solo, ela pode seguir em duas etapas diferentes que são escoamento superficial e infiltração. O escoamento superficial ocorre quando a água da chuva chega ao solo, atingindo em depressões, atingindo córregos rios, lagos e oceanos. Enquanto a infiltração ocorre quando a água penetra no solo, por gravidade, chegando até as camadas por saturação, dando origem aos aquíferos ou lençol freático. Deste modo, nas duas etapas, a água volta a atmosfera por meio da evaporação. Nesse ciclo, a água se recicla mantendo a vida (BRASIL, 2007).

3.3 Água para abastecimento público

A água potável é água própria para consumo humano que de acordo com os parâmetros físicos, químicos, biológicos e radioativos estão dentro do padrão de potabilidade não apresentam risco para a saúde. A intensa e crescente utilização das águas subterrâneas tem como consequência a necessidade do monitoramento da qualidade dessa água (NANES, 2012).

Dessa maneira, é necessário realizar análises químicas, físicas e biológicas para avaliar se estão dentro dos padrões de potabilidade para o consumo humano. No Brasil, a legislação vigente que estabelece padrões de potabilidade para águas subterrâneas e de consumo humano são, respectivamente, Resolução nº 396, de 03 de abril de 2008, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) (BRASIL, 2008) e Portaria de Consolidação nº 05, de 28 de setembro de 2017, do Ministério da Saúde (BRASIL, 2017).

3.4 Parâmetros Químicos

3.4.1 Ferro

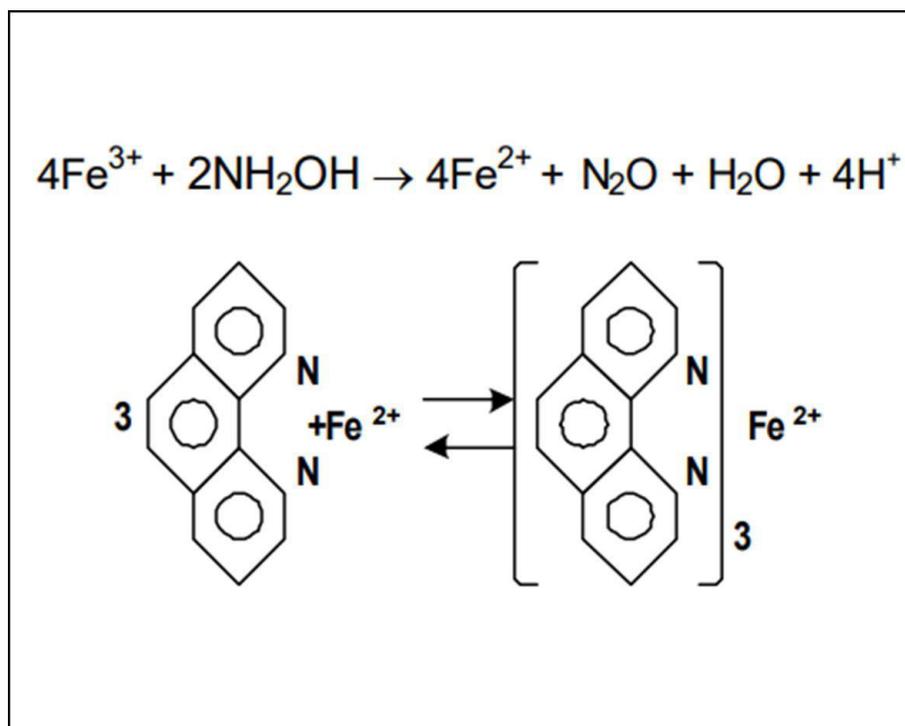
O Ferro é o quarto elemento químico na crosta terrestre, correspondendo a cerca de 5%, mais abundante dentre os oito elementos, sendo antecedido pelo oxigênio (46,6%), silício (28,72%) e alumínio (8,13%) (DUARTE, 2019).

Nas águas, o ferro pode ser encontrado tanto nas águas superficiais quanto nas águas subterrâneas. A decorrência da presença de ferro nas águas superficiais está associada a despejos domésticos e industriais. Nas águas subterrâneas, o ferro é encontrado na sua forma solúvel (Fe^{2+}), no solo o ferro é dissolvido pela água da chuva que está saturada de dióxido de carbono CO_2 (LIBÂNIO, 2010).

Os índices de concentrações de ferro na água podem variar dependendo de cada região do Brasil. Quando naturalmente mais elevado deve-se às características hidrogeológica da região. O teor elevado de ferro na água pode gerar algumas dificuldades no abastecimento público de água. Apesar de possuir baixa toxicidade, a presença do ferro pode causar alteração na cor, odor, manchas em utensílios domésticos e em roupa (PINHANÇO; LOPES; SOUZA, 2002). Dessa maneira, estabeleceu-se a concentração limite de ferro de 0,3 mg/L na CONAMA nº 396/08 para água de abastecimento público.

A determinação de Ferro total baseia-se na redução de íons de ferro (Fe^{3+}) da solução para sua forma ferrosa (Fe^{2+}), em meio ácido ($\text{pH} = 3,5$), com cloridrato de hidroxilamina. Ao adicionar ortofenantrolina, a mesma reage com o íon ferro ferroso ocorrendo a formação de um complexo de cor alaranjada, sendo possível a realização da análise por meio de espectrofotômetro no comprimento de onda de 512 nm. A reação que se observa nesse ensaio é descrita a seguir:

Figura 5: Reação do ferro com cloridrato de hidroxilamina.



Fonte: SABESP (2001).

3.4.2 Potencial Hidrogeniônico (pH)

O potencial hidrogeniônico (pH), traduz a medida da quantidade do íon hidrogênio (H^+) no seio de uma solução. Aderiu-se a utilização da escala anti logarítmica devido a baixas concentrações do íon hidrogênio nas soluções, assim, para evitar o uso de valores com potências negativas de 10 (VOGEL, 2002).

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+] \quad (1)$$

Dessa forma, o pH das soluções encontram-se entre a faixa de 0 a 14. Sendo compreendidas como soluções ácidas, soluções com valores de $\text{pH} < 7$, neutras, soluções com valores de $\text{pH} = 7$ e básicas, com valores de $\text{pH} > 7$.

A forma como vários compostos químicos se apresenta, sendo de forma livre ou ionizada, e a variação do grau de solubilidade dessas substâncias deve-se a influência do valor de pH. Nas águas, a presença de valores baixos de pH tem a tendência de ser mais corrosivas, e valores elevados de pH tem a tendência de formar mais incrustações. A variação do pH pode ser relacionada a dissolução de rochas, despejos industriais ou domésticos (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2006).

Deste modo, para águas de abastecimento, estabeleceu-se pela Portaria de Consolidação n° 05, de 28 de setembro de 2017, anexo XX do Ministério da Saúde, valores máximos a para pH a 25 °C na faixa de 6,0 a 9,5 (BRASIL, 2017).

2.4 Parâmetros Físicos

3.5.1 Cor

A cor da água é devido a reflexão e dispersão de luz em materiais em suspensão presentes na água. Essas partículas são oriundas da presença de ácidos húmicos, ácidos fúlvicos, íons complexos de ferro, manganês e resíduos industriais, ou seja, de origem orgânica ou mineral (MMA, 2006).

Descobriu-se que se a cloração for feita, essas partículas seriam precursoras da formação de trihalometanos (THM), a produção desse produto é cancerígeno. O tratamento realizado na água para utilização de abastecimento público é com cloro livre, assim ocorre a complexação do cloro com esses materiais. Dessa forma, a análise de cor deixou de ser exclusivamente de fins estéticos (KOWATA *et al.*, 2000).

A medida de cor é realizada comparando-se a solução padrão e a amostra. A unidade de medida é expressa em uH (unidade de Hazen). O valor máximo estabelecido para água de abastecimento público pela Portaria de Consolidação n° 05, de 28 de setembro de 2017, do Ministério da Saúde é de 15 uH (BRASIL, 2017).

3.5.2 Turbidez

A aparência turva da água é caracterizada por partículas em suspensão, podendo ser, argila, silte, areia, substâncias orgânicas, organismos microscópicos e dentre outros. Quando essas partículas não apresentam natureza química tóxica, a turbidez torna a água esteticamente indesejável para consumo (KOWATA *et al.*, 2000).

A medida da turbidez comprara a interferência da passagem da luz em uma solução padrão e na amostra, sob mesmas condições. A unidade de medida pode ser expressa em uT (Unidade de Turbidez), NTU (Unidade Nefelométrica de Turbidez) ou em JTU (Unidade de Turvação de Jackson) (KOWATA *et al.*, 2000).

A determinação da turbidez é um fator importante na avaliação da qualidade de água, pois o solo brasileiro é considerado um solo erosivo em consequência disso a turbidez se torna elevada, devido às precipitações de partículas. (LIBÂNIO, 2010)

A Portaria de Consolidação nº 05, de 28 de setembro de 2017, do Ministério da Saúde estabelece o valor de turbidez menor ou igual a 5 uT para água de consumo humano (BRASIL, 2017).

3.6 Características das localidades

O município A apresenta uma área territorial de 870 km², que situa-se na porção nordeste do estado do Ceará. A formação hidrogeológica da região é de depósitos aluvionares e, predominantemente, de rochas cristalinas (CPRM, 1998).

O município B encontra-se na porção centro-oeste do estado do Ceará. Com uma extensão territorial de 2.770 km², possui três características hidrogeológicas, são as rochas cristalinas, sedimentos da Formação Serra Grande e depósitos aluvionares. Do mesmo modo como o município A, o município B também apresenta em sua grande maioria rochas cristalinas (CPRM, 1998).

O município C situa-se na porção centro-norte do estado do Ceará e dispõe de uma faixa territorial de 2.883 km². Sua característica hidrogeológica é predominante de rochas cristalinas, porém apresenta mais duas, coberturas sedimentares e depósitos aluvionares (CPRM, 1998). As três localidades estão representadas na Figura 7.

Figura 6: Mapa Município A, B e C



Fonte: Adaptado de CPRM (1998).

Cerca de 70% da região do Nordeste do Brasil é constituído por um terreno de rochas cristalinas. O terreno cristalino é formado por rochas ígneas e metamórficas, as rochas ígneas possuem por características pouca vazão e baixa qualidade de água, ela chega a ser a única fonte de recurso hídrico da região, que tem como característica um regime pluviométrico marcado por extrema irregularidade de chuva.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Química Ambiental (LQA), o qual faz parte do conjunto de laboratórios do Núcleo de tecnologia Industrial do Ceará (NUTEC)

4.1 Coleta da amostra

As amostras de água foram coletadas em três municípios distintos no estado do Ceará, e foram realizadas cinco coletas em cada município. Foram identificadas como município A e localidades (A1, A2, A3, A4, A5), município B (B1, B2, B3, B4, B5) e

município C (C1, C2, C3, C4, C5). Seguindo-se os procedimentos descritos no Guia Nacional de Coletas e Preservação de Águas, Sedimentos e Efluentes da Agência Nacional de Águas (ANA, 2011).

Para maior confiabilidade dos dados, todos os ensaios foram realizados em duplicata e calculado a média dos valores obtidos. A metodologia utilizada para todos os procedimentos estão descritas no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2017).

4.2 Determinação de pH à 25 °C

As medidas de pH das amostras foram realizadas em um pHmetro (Digimed/Brasil) de acordo com o manual de instruções do fabricante. O equipamento foi previamente calibrado com as soluções tampão pH 4,00 e 7,00. O eletrodo, previamente lavado com água destilada e seco com papel macio, foi imerso em um béquer de 50 mL com a amostra homogeneizada. A leitura foi realizada após estabilização do eletrodo e o valor anotado. Entre cada leitura realizou-se a lavagem do eletrodo com água destilada para evitar possíveis contaminações.

Figura 7: pHmetro DM - 22.



Fonte: Elaborado pelo autor

4.3 Determinação de Cor

Para os ensaios de cor foi utilizado o equipamento colorímetro (Digimed/Brasil), o qual inicialmente foi calibrado com a solução de platina-cobalto, de acordo com o manual de instruções do fabricante.

A cubeta foi lavada previamente com água destilada, e em seguida transferiu-se 25 mL da amostra e foi feita a leitura no equipamento. Após a estabilização o valor foi anotado. Entre a leitura de cada amostra a cubeta foi devidamente lavada para evitar contaminações

Figura 8: Colorímetro DM - COR.



Fonte: Elaborado pelo autor

4.4 Determinação de Turbidez

Para os ensaios de turbidez, utilizou-se o equipamento turbidímetro da (Digimed/Brasil), o qual foi previamente calibrado com soluções de formazina, seguindo o manual de instruções do fabricante.

Transferiu-se 25 mL da amostra para uma cubeta, de maneira suave para evitar o aparecimento de bolhas, em seguida inseriu-se a cubeta no turbidímetro para a realização da leitura. Após estabilização o valor foi anotado. Entre a leitura de cada amostra a cubeta foi devidamente lavada para evitar contaminações

Figura 9: Turbidímetro DM - TU.



Fonte: Elaborado pelo autor

4.5 Determinação de Ferro Total

4.5.1 Preparação dos Reagentes

4.5.1.1 Tampão de Acetato de Amônio

Para a preparação do tampão pesou-se 250 g de Acetato de amônio P.A e dissolveu-se em 150 mL de água destilada. Em seguida, adicionou-se 700 mL de Ácido Acético Glacial.

4.5.1.2 Cloridrato de Hidroxilamina 10%

Para a preparação da solução pesou-se 10 g de Cloridrato de Hidroxilamina e dissolveu-se em 100 mL de água destilada. Em seguida transferiu-se para um balão de 100 mL e aferiu-se.

4.5.2 Curva de Calibração

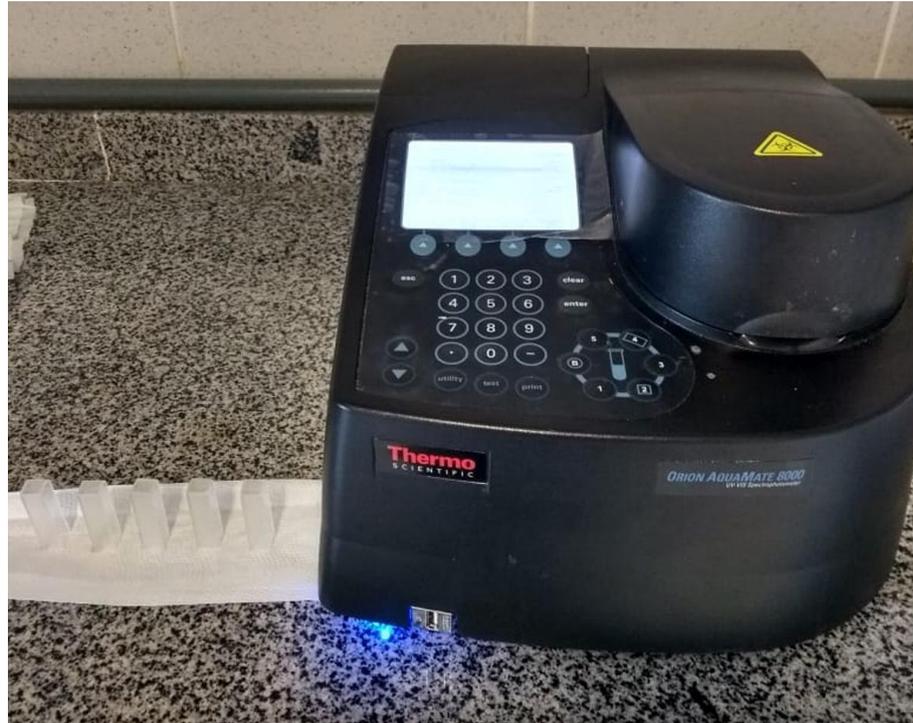
Para realização da curva de calibração, preparou-se solução de ferro 5 mg/L e a partir dela foi feita diluição em balões de 100mL e preparou-se soluções padrão com 1,0; 1,25; 2,0; 2,5 e 3,0 mg/L.

Aos padrões adicionou-se 1 mL de hidroxilamina, 10 mL de acetato de sódio e 10 mL de ortofenantrolina. Para o branco foi submetido mesmas condições. Posteriormente, no traçou-se a linha de base e determinou-se o comprimento de onda de trabalho traçando um espectro de absorção entre os 400 e os 600 nm. Em seguida leu-se a absorbância das soluções padrão a 512 nm.

4.5.3 Procedimento

Em um erlenmeyer de 500 mL, foi pipetada 50 mL da amostra e em seguida adicionou-se 2 mL de Ácido Clorídrico P.A. e 1 mL de Cloridrato de Hidroxilamina. Após homogeneização, essa mistura foi submetida ao aquecimento por 5 a 10 minutos na chapa aquecedora à 80 °C. Após o aquecimento, esperou-se esfriar e adicionou-se 10 mL de acetato de amônio. Em seguida, adicionou-se 4 mL de ortofenantrolina e deixou em repouso por 10 minutos. Posteriormente, as leituras foram realizadas no espectrofotômetro Orion AquaMate 8000 (Thermo/USA) no comprimento de onda de 512 nm. A através da curva de calibração o equipamento já dá o valor a concentração de ferro na amostra.

Figura 10: Espectrofotômetro.



Fonte: Elaborado pelo autor

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Município A

A Tabela 1 apresenta os resultados médios obtidos para os parâmetros Ferro Total (mgFeL⁻¹), pH à 25 °C, Cor (uH) e Turbidez (uT) para o município A.

Tabela 1 – Resultados médios obtidos das localidades do município de A.

| Parâmetro | Localidades | | | | | CONAMA n° 396/08 | PRC n° 05/17 |
|------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|------------------|--------------|
| | A1 | A2 | A3 | A4 | A5 | | |
| Ferro total (mgFeL ⁻¹) | ≤ LQ | 0,1 ± 0,007 | ≤ LQ | ≤ LQ | ≤ LQ | ≤ 0,3 | ≤ 0,3 |
| pH à 25 °C | 7,54 ± 0,000 | 7,75 ± 0,005 | 7,44 ± 0,005 | 7,30 ± 0,006 | 7,72 ± 0,01 | * | 6,0 a 9,5 |
| Cor (uH) | 9,8 ± 0,064 | 8,7 ± 0,071 | 3,9 ± 0,035 | 2,3 ± 0,071 | 4,4 ± 0,028 | * | ≤ 15,0 |
| Turbidez (uT) | 1,6 ± 0,028 | 1,9 ± 0,014 | 2,6 ± 0,007 | 1,3 ± 0,007 | 3,4 ± 0,021 | * | ≤ 5,0 |

Fonte: elaborada pelo autor.

LQ = limite de quantificação.

Com base nos resultados da Tabela 1, verificou-se que somente a amostra de água A2 apresentou concentração de ferro total acima do limite de quantificação (LQ = 0,1). De acordo com a CONAMA n° 396/08 o valor máximo estabelecido para ferro total em água para consumo humano é até 0,3 mgFeL⁻¹. Logo, todas as amostras encontram-se dentro da legislação e podem ser utilizadas para consumo da população de acordo com esses parâmetros.

A CONAMA n° 396/08 não estabelece valores para os parâmetros de pH, cor e turbidez. No entanto, a Portaria de Consolidação n° 05, de 28 de setembro de 2017, anexo XX do Ministério da Saúde, que trata do controle e da vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade estabelece valores máximo para pH a 25 °C na faixa de 6,0 a 9,5; cor ≤ 15,0 uH e turbidez ≤ 5,0 uT. Essa portaria também estabelece o valor de ferro total ≤ 0,3 mgFeL⁻¹.

Comparando os resultados obtidos com valores estabelecidos pela PRC n° 05/17 MS, verificou-se que os resultados analisados estavam de acordo com a legislação e, portanto, as águas podem ser utilizadas para consumo humano em relação a esses parâmetros. O maior valor para a cor foi encontrado na amostra de água A1 (9,8 uH) e o maior valor para turbidez foi para a amostra de água A5 (3,4 uT).

Um dos fatores que contribuem para detectar a presença do ferro é a faixa de pH da amostra, uma vez que o hidróxido de ferro $[\text{Fe}(\text{OH})_3]$ é insolúvel em pH maior do que 7,5. Este comportamento explica a presença de ferro total acima do limite de quantificação na amostra de água A2, visto que seu valor de pH foi 7,75. Já que, de acordo com os resultados obtidos pode-se observar que esse parâmetro não foi influenciado pela concentração da cor e da turbidez. A amostra A5 também apresentou pH acima de 7,5 (7,72), no entanto como a concentração de ferro permaneceu abaixo do LQ, essa amostra não sofreu a influência do pH na detecção do ferro.

5.2 Município B

Na Tabela 2 estão apresentados os resultados para o município B.

Tabela 2 – Resultados médios obtidos das localidades do município de B.

| Parâmetro | Localidades | | | | | CONAMA n° 396/08 | PRC n° 05/17 |
|---------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------------|-----------------|
| | B1 | B2 | B3 | B4 | B5 | | |
| Ferro total (mgFeL ⁻¹) | ≤ LQ | ≤ 0,3 | ≤ 0,3 |
| pH à 25°C | 7,19 ± 0,014 | 6,76 ± 0,007 | 7,08 ± 0,021 | 7,08 ± 0,014 | 6,96 ± 0,021 | * | 6,0 a 9,5 |
| Cor (uH) | 1,7 ± 0,007 | 0,9 ± 0,064 | 0,5 ± 0,007 | 2,5 ± 0,035 | 4,8 ± 0,014 | * | ≤ 15,0 |
| Turbidez (uT) | 0,2 ± 0,007 | 0,1 ± 0,007 | 0,2 ± 0,021 | 0,8 ± 0,014 | 0,4 ± 0,007 | * | ≤ 5,0 |

Fonte: elaborada pelo autor.

LQ = limite de quantificação.

Com base nos resultados da Tabela 2, pode-se verificar que todas as amostras de água apresentam concentração de ferro total menor ou igual ao LQ. Com isso, constatou-se que todas as amostras do município B encontram-se de acordo com os parâmetros analisados estabelecidos pela PRC n° 5/17 e a CONAMA n° 396/08, as quais indicam os valores máximos permitidos em amostras de água para o consumo humano.

No que se refere aos parâmetros cor e turbidez, os maiores valores encontrados foram encontrados na amostra B5 e B4, 4,8 uH e 0,8 uT, respectivamente. Deste modo, verificou-se que todos os resultados estavam de acordo com as legislações e, portanto, as águas podem ser utilizadas para o consumo da população, tendo como base os resultados obtidos para estes parâmetros. Todas as amostras apresentaram pH inferior a 7,5, logo não foi verificado nenhuma influência na detecção de ferro.

5.3 Município C

Os resultados obtidos para o município C estão descritos na Tabela 3.

Tabela 3 – Resultados médios obtidos das localidades do município de C.

| Parâmetro | Localidades | | | | | CONAMA n° 396/08 | PRC n° 05/17 |
|---------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------------|-----------------|
| | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | | |
| Ferro total (mgFeL ⁻¹) | ≤ LQ | ≤ LQ | ≤ LQ | 0,2 ± 0,007 | ≤ LQ | ≤ 0,3 | ≤ 0,3 |
| pH à 25°C | 8,25 ± 0,007 | 7,74 ± 0,007 | 7,63 ± 0,007 | 8,24 ± 0,007 | 5,19 ± 0,007 | * | 6,0 a 9,5 |
| Cor (uH) | 5,6 ± 0,007 | 3,6 ± 0,007 | 3,5 ± 0,007 | 10,3 ± 0,007 | 4,8 ± 0,007 | * | ≤ 15,0 |
| Turbidez (uT) | 2,5 ± 0,007 | 0,5 ± 0,007 | 0,6 ± 0,007 | 0,6 ± 0,007 | 0,9 ± 0,007 | * | ≤ 5,0 |

Fonte: elaborada pelo autor.

LQ = limite de quantificação.

De acordo com os resultados da Tabela 3, observou-se que apenas a amostra de água C4 apresentou concentração de ferro total acima do LQ (0,2 mgFeL⁻¹), mesmo assim a amostra encontra-se dentro dos limites estabelecidos pela PRC n° 5/17 e CONAMA n° 396/08. No entanto, no que se refere ao parâmetro pH, verificou-se que a amostra C5 apresentou pH abaixo de 6,0 (5,19), o que a torna imprópria para consumo humano de acordo com a PRC n° 5/17. O mesmo comportamento observado na amostra A2, onde o valor de pH acima de 7,5 auxilia na detecção de ferro, foi encontrado na amostra C4. Para esta foram obtidos valores de pH 8,24 e ferro 0,2 mgFeL⁻¹.

Quanto a cor e turbidez, observou-se que todas as amostras estavam de acordo com as legislações, sendo o maior valor para cor encontrado na amostra de água C4 (10,3 uH) e para a turbidez na amostra C1 (2,5 uT). Esses valores de cor e turbidez podem está relacionados a presença de ácidos húmicos.

De acordo com estudos realizados por Picanço (2002) que também correlacionou os teores de ferro com os valores de pH nas águas dos poços e também constatou um o teor de ferro elevado em água de pH elevado. Na literatura, águas subterrâneas que apresentam pH mais ácido ou mais básico, possuem condições favoráveis para a formação de ferro ferroso dissolvido ou hidróxido de ferro insolúvel.

Scosarfava (2010) realizou um estudo que correlacionou a influência do ferro com os parâmetros de cor e turbidez, observou-se que amostras de água com altos teores de ferro apresentavam valores de cor e turbidez acima do estabelecido pela legislação.

6 CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtido, as águas subterrâneas analisadas do município B apresentaram teores de ferro dentro do limite de potabilidade de 0,3 mg/L estabelecido pela CONAMA n° 396/08. As amostras A2 e C4 dos municípios A e C apresentaram teores de ferro acima do limite de quantificação, porém dentro do limite de potabilidade. A ocorrência desses teores de ferro acima do limite, pode ser explicado pelos parâmetros que contribuem para a precipitação do ferro.

Somente a amostra C5 do município C apresentou o valor de pH abaixo da faixa estabelecida pela PRC n° 5/17. Caracterizando está água imprópria para consumo humano. Enquanto para os parâmetros de cor e turbidez todas as amostras apresentaram valores dentro do estabelecido pela legislação.

Portanto, os municípios A e B apresentam todos os parâmetros com valores dentro do determinado pela legislação, desta forma, são indicados para a utilização no consumo humano.

REFERÊNCIAS

- APHA – American Public Health Association. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 23rd. Washington, DC: American Public Health Association, 2017.
- BRASIL, AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, **Manual de Usos Consuntivos da Água no Brasil**. Brasília, 2019.
- BRASIL, **Manual de saneamento**. 3. ed. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2007. 39 p.
- BRASIL, Portaria de Consolidação nº 05, de 28 de setembro de 2017, do Ministério da Saúde. **Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde**. 2017.
- COSTA, C. L. ; LIMA, R. F. ; PAIXÃO, G. C. ; PANTOJA, L. D. M. Avaliação da qualidade das águas subterrâneas em poços do estado do Ceará, Brasil. **Semina: Ciências Biológicas e da Saúde**, Londrina, v. 33, n. 2, p. 171-180, 2012.
- CUSTODIO, E.; JUNIOR, G. C. S. **Conceptos básicos sobre o papel ambiental das águas subterrâneas e os efeitos da sua exploração**. Rio de Janeiro, 2008.
- CPRM - SERVIÇO GEOLOGICO DO BRASIL, Diagnóstico dos municípios do Ceará. Fortaleza 1998, Mapas e publicações - Ceará. Disponível em <<http://www.cprm.gov.br/publique/Hidrologia/Mapas-e-Publicacoes/Ceara---Atlas-Digital-dos-Recursos-Hidricos-Subterraneos-588.html>> Acesso em 02 de setembro de 2020.
- DA SILVA, L. B. **Avaliação dos parâmetros da qualidade de água produzida na estação de tratamento de água oeste**. Trabalho de conclusão de curso (Graduação). Curso de Química Bacharelado, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/29769/1/2017_tcc_lbsilva.pdf>. Acesso em 30 de agosto de 2020.
- ECKHARDT, R. R.; DIEDRICH, V. L., FERREIRA, E. R.; STROHSCHOEN, E.; DEMAMAN, L. C., Mapeamento e avaliação da potabilidade subterrânea do município de Lajeado, RS, Brasil. **Ambiente e Água**, Taubaté, v. 4, n. 1, p. 58-80, 2009.
- FEITOSA, F. A. C., **Aspectos sobre água subterrânea em terrenos cristalinos da região semiárida brasileira**. Recife, 2005.
- GARCIA, E. N. A.; MORENO, D. A. A. C.; FERNANDES, A. L. V. **A importância da preservação e conservação das águas superficiais e subterrâneas: Um panorama sobre a escassez da água no Brasil**. 2015. v.11, n 6, 2015.
- KOWATA, E. A.; RIBEIRO, J. T.; TELLES, D. D. **Estudo da influência da turbidez e cor declinantes sobre a coagulação de água de abastecimento no mecanismo de adsorção neutralização de cargas**. São Paulo, 2000. Disponível em: <http://bt.fatecsp.br/bulletins/show_article/107> Acesso em 10 de outubro de 2020

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

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano**. Brasília (DF): Ministério da Saúde, 213p., 2006.

NAMES, P. M. F. Qualidade das águas subterrâneas de poços tipo cacimba: um estudo de caso da comunidade nascença – município de São Sebastião – AL. **III Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**. Goiânia, 2012.

PICANÇO, F. E. L.; LOPES, E. C. S.; SOUZA, E. L. Fatores responsáveis pela ocorrência de ferro em águas subterrâneas da região metropolitana de Belém/PA. **Águas Subterrâneas**, São Paulo, n. 1, 2002. Disponível em: <<https://aguassubterraneas.abas.org/assubterraneas/article/view/22823>> Acesso em 15 de setembro de 2020.

PIVELI, R. P. **Qualidade das Águas e Poluição: Aspectos físico-químicos**. Curso, Aula 8. Ferro, manganês e metais pesados em águas, 22 p., 2012.

RAMOS, M. H. C. Remoção de cor, ferro e manganês de água com matéria orgânica dissolvida por pré-oxidação com dióxido de cloro, coagulação e filtração. 2010. 114 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental). Universidade de Ribeirão Preto, Ribeirão Preto, 2010.

RIBEIRO, L. G. G.; ROLIM, N. D. Planeta água de quem e para quem: uma análise da água doce enquanto direito fundamental e sua valoração mercadológica. **Revista Direito Ambiental e Sociedade**. v. 7, n 1, 2017.

SABESP - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. **Norma Técnica - Determinação de ferro total: método da 1,10 fenantrolina**. São Paulo, 2001.

SCORSAFAVA, M. A.; SOUZA, A.; STOFER, M.; NUNES, C. A.; MILANEZ, T. V. **Avaliação físico-química da qualidade de água de poços e minas destinada ao consumo humano**. 2010, vol. 69, n. 2, pp. 229-232.

SILVEIRA, B. A.; **Tratamento de água de abastecimento com aplicação da moringa oleifera líquida e em pó em diferentes concentrações de solução salina**. Trabalho de conclusão de curso (Graduação). Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2017.

VOGEL, A. I.; MENDHAM, J.; DENNEY, R. C.; BARNES, J. D.; THOMAS, E. M. J. K. **Análise química quantitativa**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2002. 447 p.

WINCK, N. B. **Avaliação hidrogeológica, hidroquímica e da ocorrência de ferro e manganês nas águas subterrâneas do distrito de Ipiranga, região noroeste do município de Gravataí**. Trabalho de conclusão de curso (Graduação). Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.