



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA E FÍSICA
CURSO DE QUÍMICA BACHARELADO

GABRYELLA FREIRE MONTEIRO

ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DAS ÁGUAS DE POÇOS TIPO CACIMBA NA CIDADE
DE AREIA - PB

AREIA - PB

2018

GABRYELLA FREIRE MONTEIRO

ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DAS ÁGUAS DE POÇOS TIPO CACIMBA NA CIDADE
DE AREIA - PB

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Bacharelado em Química da
Universidade Federal da Paraíba como requisito
parcial à obtenção do título bacharel em Química.

Orientadoras: Profa. Dra. Maria Betania
Hermenegildo dos Santos

Ma. Tereziana Silva da Costa.

AREIA - PB

2018

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

M772a Monteiro, Gabryella Freire.

ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DAS ÁGUAS DE POÇOS TIPO
CACIMBA NA CIDADE DE AREIA - PB / Gabryella Freire
Monteiro. - Areia, 2018.

63 f. : il.

Orientação: Maria Betania Hermenegildo dos Santos.

Coorientação: Tereziana Silva da Costa.

Monografia (Graduação) - UFPB/CCA.

1. Água. 2. Potabilidade. 3. Parâmetros
físico-químicos. I. Santos, Maria Betania Hermenegildo
dos. II. Costa, Tereziana Silva da. III. Título.

UFPB/CCA-AREIA

GABRYELLA FREIRE MONTEIRO

ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DAS ÁGUAS DE POÇOS TIPO CACIMBA NA CIDADE
DE AREIA - PB

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Bacharelado em Química da
Universidade Federal da Paraíba como
requisito parcial à obtenção do título bacharel
em Química.

Aprovada em: 10/07/2018.

BANCA EXAMINADORA

Maria Betania Hermegegildo dos Santos
Profa. Dra. Maria Betania Hermegegildo dos Santos (Orientadora)
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)

Edilene Dantas T. Moreira
Profa. Dra. Edilene Dantas Teles Moreira (Examinadora)
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)

Tereziana Silva da Costa
Ma. Tereziana da Silva Costa (Examinadora)
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)

À Deus,
minha família,
e aos amigos que contribuíram
para a realização deste sonho!

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, primeiramente, que em sua excelentíssima bondade guiou-me até aqui, por toda força para superar as adversidades desse caminho tão difícil, mas tão gratificante. E à meu excelso padroeiro Santo Antônio.

Aos meu pais, Maria Gorett Freire Monteiro e Francisco Ivamberto Monteiro, minha base, meu porto seguro, por tantos ensinamentos, pela formação do meu caráter, por toda força e por sua forma tão singular de me apoiar em todos os momentos da minha vida.

Ao meu querido irmão Yuri Gabriel Freire Monteiro, por todas as risadas, por toda força e incentivo e por ser tão prestativo nesta jornada.

Ao meu esposo Geraldo Braga, por toda bondade, carinho, cuidado, apoio e atenção.

Ao meu avô Cícero Monteiro, as tias Elisete e Neide, e as primas Nayane e Nayara, por acreditarem no meu potencial, por serem meu escape e refúgio quando o fardo pesou, por não permitirem que o desânimo permanecesse e por entenderem minha abdicação dos momentos em família quando as obrigações universitárias prevaleceram; e aos meus amados meninos, José Pietro e Heitor, por todo amor e descontração que encontrei ao estar perto de vocês.

Ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), pela oportunidade da vivência acadêmica e a todos os docentes que fizeram parte da minha formação. Sem dúvidas, lembrarei saudosamente de todos.

À minha orientadora Dra. Maria Betania Hermenegildo dos Santos, como sou grata a você! Por seu acolhimento, sua bondade, ajuda, ensinamentos, conselhos, oportunidades, amizade, incentivo, sobretudo por seu lado humano. Por toda edificação! E a Ma. Tereziana da Silva Costa, ou carinhosamente Terê. Pelo apoio, por toda contribuição em minha formação acadêmica e pessoal, e principalmente, por toda paciência.

Aos meus amigos Bruna Alves, Camila Macaúbas, Jefferson Bonifácio e Thamyres Ribeiro, por marcarem minha história. Pela amizade verdadeira, por todas as tardes de estudo, e as inúmeras gargalhadas que tornaram a caminhada leve. Por toda ajuda prestada em quase 5 anos de vivência, pelas contribuições e cumplicidade. Obrigada, vocês fizeram a diferença e eu nunca esquecerei!

As amigas Gerlane Guedes e Luana Araújo por se fazerem presente na minha vida desde o tempo do colegial. Agradeço por todas as risadas, pela torcida e incentivo.

A equipe de análises de água do Laboratório de Química Analítica e aos colegas de turma Carlos Júnior, Ewerton Matias, Leandro Silva, Paulo Gomes e Maysa Dayane; e a todos que contribuíram direta ou indiretamente em minha formação.

“Nunca foi sorte, sempre foi Deus.”

Leandro Sapucahy

RESUMO

A água é um bem natural de extrema importância para a manutenção da vida de todos os seres do Planeta Terra e é utilizada para o desenvolvimento das mais diversas atividades, porém o uso desfreado deste recurso natural representa umas das principais preocupações no cenário atual da sociedade, pois os corpos hídricos estão sofrendo alterações na qualidade e quantidade, ficando cada vez mais comprometidos. Sendo assim, o desenvolvimento de políticas públicas se faz necessário para averiguar e assegurar que a população receba água potável cumprindo o estabelecido pelas normas vigentes na legislação. Ante o exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade físico-química das águas de dois poços (A e B) tipo cacimba, localizados no Centro de Ciências Agrárias, Campus II da Universidade Federal da Paraíba, em Areia – PB. Foram realizadas 5 coletas no Poço A e 5 no Poço B, as quais ocorreram quinzenalmente entre os meses de abril e junho de 2018, por volta das 06h30 em frascos de vidro devidamente higienizados, com capacidade para 500 mL. Posteriormente, esses recipientes foram devidamente identificados, acondicionados e conduzidos imediatamente para análise no Laboratório de Química Analítica do Departamento de Química e Física do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, Campus II, Areia-PB. Os parâmetros físico-químicos alcalinidade total, gás carbônico livre, dureza total, cloretos, cloro residual, amônia total, fósforo total, nitrato, sólidos totais dissolvidos e salinidade foram avaliados de acordo com a literatura, e o pH, turbidez, temperatura, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido e teor de cálcio, sódio e potássio, conforme o manual de instrução dos equipamentos utilizados para tal. Baseado nos resultados obtidos, para os parâmetros analisados, as amostras coletadas no Poço B encontram-se dentro dos padrões estabelecidos de potabilidade, assim como as do Poço A, com exceção do pH desta última que encontra-se abaixo do permitido pelas normas vigentes na legislação.

Palavras-chave: Água. Potabilidade. Parâmetros físico-químicos.

ABSTRACT

Water is a natural resource of extreme importance for the maintenance of life of all organisms on Planet Earth and is used for the development of numerous activities, but the uncontrolled use of this natural resource represents one of the main concerns in the current scenario of society, since the water bodies are going through changes in quality and quantity, becoming compromised. Therefore, the development of public policies is necessary to ascertain and ensure that the population receives potable water, following the norms of the legislation. The objective of this study was to evaluate the physical and chemical quality of two wells (A and B), located in the Centro de Ciências Agrárias, Campus II, Universidade Federal da Paraíba, Areia-PB. Five samples were taken in the Well A and 5 in Well B, which occurred biweekly between April and June of 2018, around 06:30 AM in properly sanitized glass vials, with a capacity of 500 mL. Afterwards, these containers were identified, conditioned and taken immediately for analysis in the Laboratório de Química Analítica of the Departamento de Química e Física of the Centro de Ciências Agrárias of Universidade Federal da Paraíba, Campus II, Areia-PB. The physicochemical parameters of total alkalinity, free carbon dioxide, total hardness, chlorides, residual chlorine, total ammonia, total phosphorus, nitrate, total dissolved solids and salinity were evaluated according to the literature, the pH, turbidity, temperature, conductivity dissolved oxygen, and calcium, sodium and potassium content, were taken according to the instruction manual of the equipment used. Based on the results obtained for the analyzed parameters, the samples collected in Well B are within the established standards of potability, as well as those of Well A, with the exception of the pH, which is below that allowed by the norms of the legislation.

Keywords: Water. Potability, Physico-chemical parameters.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

°C – Graus Celsius

ABAS – Associação Brasileira de Águas Subterrâneas

Ac – Absorbância corrigida

Ag⁺ - Prata

AgNO₃ – Nitrato de prata

APRECE – Associação dos Municípios do Estado do Ceará

ANA – Agência Nacional de Águas

aq - Aquoso

Ca²⁺ - Cálcio

CaCO₃ – Carbonato de cálcio

CCA - Centro de Ciências Agrárias

Cl⁻ - Cloreto

CO – Monóxido de Carbono

CO₂ – Dióxido de Carbono

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

DQF - Departamento de Química e Física

EDTA – Etilenodiaminotetracético

eq - Equivalente

FUNASA – Fundação Nacional de Saúde

g - Gramas

H⁺ - Hidrogênio

H₂O – Água

HCO₃⁻ – Bicarbonato

K⁺ - Potássio

L - Litro

Mg²⁺ - Magnésio

mg/L – miligramas por litro

mL – Mililitro

mm - Milímetro

N₂ – Gás de nitrogênio

Na⁺ - Sódio

$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ – Tiosulfato de sódio

NH_3 - Amônia

NH_4^+ - Amônio

nm - Nanômetro

NO_3^- - Nitrato

O_2 – Gás oxigênio

OD – Oxigênio Dissolvido

OMS – Organização Mundial da Saúde

PB – Paraíba

pH – Potencial Hidrogeniônico

SO_4^{2-} - Sulfato

STD – Sólidos Totais Dissolvidos

UFPB - Universidade Federal da Paraíba

UNICEF – Fundo das Nações Unidas para a Infância

UNT – Unidade Nefelométrica de Turbidez

VMP – Valor Máximo Permitido

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Tipos de poços existentes para captação de água subterrânea.....	20
Figura 2 – Localização dos pontos de coleta no Centro de Ciências Agrárias.....	28
Figura 3 – Amostragem das águas coletadas.....	29
Figura 4 – (A) Coleta no Poço A; (B) Coleta no Poço B.....	29
Figura 5 – Coloração das amostras durante a determinação da alcalinidade: (A) com a adição do indicador verde de bromocresol/vermelho de metila e (B) no ponto final.....	30
Figura 6 - Coloração das amostras durante a determinação do gás carbônico livre: (A) com a adição do indicador fenolftaleína e (B) no ponto final.....	31
Figura 7 – Coloração das amostras durante a determinação da dureza total: (A) com a adição do indicador Negro de Eriocromo T e (B) no ponto final.....	32
Figura 8 – Coloração das amostras durante a determinação da dureza de Ca^{2+} : (A) com a adição do indicador murexida e (B) no ponto final.....	33
Figura 9 – Coloração das amostras durante a determinação de cloreto: (A) com a adição do indicador cromato de potássio e (B) no ponto final.....	34
Figura 10 - Espectrofotômetro <i>Genesys</i> modelo <i>10 UV</i>	35
Figura 11 – Amostras para a análise de amônia	36
Figura 12 – (A) Aquecimento para digestão das amostras; (B) Amostras para a análise de fósforo	38
Figura 13 – Amostras para a análise de nitrato	40
Figura 14 – (A) pHmetro da <i>MS Tecnopon</i> modelo <i>luca-210</i> ; (B) turbidímetro da <i>Del Lab</i> modelo <i>DLT WV</i> ; (C) termômetro de mercúrio; (D) condutivímetro da <i>MS Tecnopon</i> modelo <i>luca-150</i> ; (E) medidor de oxigênio dissolvido da <i>Lutron</i> modelo <i>DO 5519</i> ; (F) fotômetro de chama <i>Analyser</i> modelo <i>910M</i>	41
Figura 15 – (A) Filtragem da amostra; (B) Cápsulas em banho maria.....	42

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Resultados obtidos para alcalinidade nas amostras coletadas nos Poços A e B...	43
Gráfico 2 – Resultados obtidos para o gás carbônico livre nas amostras coletadas nos Poços A e B.....	44
Gráfico 3 - Resultados obtidos para dureza nas amostras coletadas no Poço A.....	45
Gráfico 4 - Resultados obtidos para dureza nas amostras coletadas no Poço B.....	45
Gráfico 5 – Resultados obtidos para dureza total em mg CaCO ₃ /L nas amostras coletadas nos Poços A e B.....	46
Gráfico 6 – Resultados obtidos para cloreto nas amostras coletadas nos Poços A e B.....	47
Gráfico 7 – Resultados obtidos para pH nas amostras coletadas nos Poços A e B.....	48
Gráfico 8 – Resultados obtidos para turbidez nas amostras coletadas nos Poços A e B.....	49
Gráfico 9 – Resultados obtidos para temperatura nas amostras coletadas nos Poços A e B...	50
Gráfico 10 – Resultados obtidos para condutividade elétrica nas amostras coletadas nos Poços A e B.....	51
Gráfico 11 – Resultados obtidos para oxigênio dissolvido nas amostras coletadas nos Poços A e B.....	52
Gráfico 12 – Resultados obtidos para cálcio, sódio e potássio em mg/L nas amostras coletadas no Poço A.....	53
Gráfico 13 – Resultados obtidos para cálcio, sódio e potássio em mg/L nas amostras coletadas no Poço B.....	53
Gráfico 14 – Resultados obtidos para amônia nas amostras coletadas no Poço A.....	54
Gráfico 15 – Resultados obtidos para amônia nas amostras coletadas no Poço B.....	54
Gráfico 16 – Resultados obtidos para fósforo total nas amostras coletadas nos Poços A e B.	55
Gráfico 17 – Resultados obtidos para nitrato nas amostras coletadas nos Poços A e B.....	56
Gráfico 18 – Resultados obtidos para Sólidos Totais Dissolvidos nas amostras coletadas nos Poços A e B.....	57
Gráfico 19 – Resultados obtidos para salinidade nas amostras coletadas nos Poços A e B....	58

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
2 OBJETIVOS	17
2.1 Objetivo Geral.....	17
2.2 Objetivos específicos	17
3 REFERENCIAL TEÓRICO	18
3.1 Água	18
3.1.1 Origem.....	18
3.1.2 Abundância	18
3.1.3 Importância.....	19
3.1.4 Crise hídrica.....	19
3.1.5 Águas subterrâneas	20
3.2 Portarias e Resoluções para o controle da qualidade da água	21
3.3 Parâmetros físicos e químicos da qualidade da água	22
3.3.1 Alcalinidade	22
3.3.2 Gás carbônico livre.....	23
3.3.3 Dureza em Mg²⁺, em Ca²⁺ e total.	23
3.3.4 Cloreto	23
3.3.5 Cloro residual	24
3.3.6 pH.....	24
3.3.7 Turbidez.....	24
3.3.8 Temperatura	25
3.3.9 Condutividade elétrica	25
3.3.10 Oxigênio dissolvido.....	25
3.3.11 Cálcio, sódio e potássio	25
3.3.12 Amônia total.....	26

3.3.13 Fósforo total	26
3.3.14 Nitrato	27
3.3.15 Sólidos Totais Dissolvidos	27
3.3.16 Salinidade.....	27
4 METODOLOGIA.....	28
4.1 Pontos de amostragem e coleta das amostras.....	28
4.2 Análise de variáveis químicas	29
4.2.1 Alcalinidade	30
4.2.2 Gás carbônico livre.....	31
4.2.3 Dureza em Mg^{2+} , em Ca^{2+} e total.	32
4.2.4 Cloreto	33
4.2.5 Cloro residual	34
4.2.6. Amônia, Fósforo e Nitrato	34
4.3 Análise das variáveis físicas	40
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
5.1 Alcalinidade.....	43
5.2 Gás carbônico livre	44
5.3 Dureza em Mg^{2+} , em Ca^{2+} e total.....	45
5.4 Cloreto.....	46
5.5 Cloro residual.....	47
5.6 pH.....	48
5.7 Turbidez.....	49
5.8 Temperatura.....	49
5.9 Condutividade elétrica	50
5.10 Oxigênio dissolvido	51
5.11 Cálcio, sódio e potássio	52
5.12 Amônia total	54

5.13 Fósforo total.....	55
5.14 Nitrato	55
5.15 Sólidos Totais Dissolvidos	57
5.16 Salinidade	57
6 CONCLUSÕES.....	59
REFERÊNCIAS	60

1 INTRODUÇÃO

A água é um bem natural de extrema importância para a manutenção da vida de todos os seres do Planeta Terra. No organismo humano ela desempenha o papel de servir como veículo para a troca de substâncias, além de manter e equilibrar a temperatura corporal, ocupando cerca de 70% da extensão do corpo humano (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2005).

O Planeta Terra é o único do Sistema Solar onde a água pode ser encontrada nos três estados físicos: sólido, líquido e gasoso, ocupando cerca de 70% de sua superfície. Desse total, apenas 3% é considerada água doce e a maior parte dessa água está concentrada nas geleiras e outra parte está disposta no subsolo (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2005; REBOUÇAS, 2004).

Segundo Souza et al. (2014), a população utiliza a água para suprir suas demandas pessoais e desempenhar as mais diversas atividades econômicas, especialmente nos setores da agricultura e industrial. O uso desenfreado deste recurso natural representa umas das principais preocupações no cenário atual da sociedade, pois os corpos hídricos estão sofrendo alterações na qualidade e quantidade, ficando cada vez mais comprometidos.

De acordo com Rodrigues (2014), é por esse motivo que o abastecimento de água para a população necessita de uma atenção especial por parte das autoridades sanitárias para evitar que prejuízos sejam causados à saúde dos consumidores. Silva (2013) defende que a água deve estar livre de contaminantes, sejam eles químicos ou biológicos, de modo a evitar que os usuários (principalmente crianças e idosos) sejam acometidos com doenças como diarreia, febre tifoide, cólera, dentre outras. Portanto, não basta apenas distribuir água em boa quantidade, mas deve-se avaliar e conhecer a sua qualidade para que essa possa ser destinada ao consumo humano.

Sendo assim, o desenvolvimento de políticas públicas se faz necessário para averiguar e assegurar que a população receba água potável cumprindo o estabelecido pela Portaria nº 2914 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde e nº 357 de 17 de março de 2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) e, se tratando de águas subterrâneas, pelo exposto na Resolução nº 396 de 3 de abril de 2008 do CONAMA.

Parron; Muniz; Pereira (2011) ressaltam que a avaliação físico-química deve ser feita com o intuito de identificar e quantificar os compostos iônicos presentes da água. Só então é possível comparar os resultados obtidos na análise com os valores máximos permitidos de cada parâmetro avaliado, conforme os especificados pelas normas regentes.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar a qualidade físico-química segundo as normas estabelecidas na literatura das águas de dois poços tipo cacimba localizados no Centro de Ciências Agrárias, Campus II da Universidade Federal da Paraíba, Areia – PB.

2.2 Objetivos específicos

- Efetuar as análises físico-química da água coletada, sendo estas: alcalinidade, gás carbônico livre, dureza, cloreto, cloro residual, pH, turbidez, temperatura, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, teor de cálcio, sódio e potássio, amônia total, fósforo total, nitrato, sólidos totais dissolvidos e salinidade;
- Quantificar os parâmetros analisados;
- Verificar se os dados obtidos estão dentro dos valores máximos estabelecidos pelas legislações vigentes.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Água

3.1.1 Origem

São várias as hipóteses que justificam a origem da água no planeta Terra, dentre essas pode-se citar a hipótese do bombardeio do planeta com cometas de gelo, acredita-se que em épocas primitivas, sobre a superfície da Terra já em período de esfriamento, colidiram com grandes quantidades de cometas de gelo que auxiliaram no processo de resfriamento do planeta; a água passou por um processo de vaporização e com o arrefecimento da Terra condensou-se, dando origem aos oceanos. Outra hipótese é a da condensação do envelope gasoso da Terra, na qual os compostos gasosos como H₂O, N₂, CO, CO₂ e outros gases nobres compunham a atmosfera do planeta e após o seu resfriamento o vapor de H₂O condensou-se formando corpos hídricos (LENZI; FAVERO; LUCHESE, 2009).

Ainda segundo os autores supracitados, outra hipótese que explica o surgimento da água na Terra seria a dos excessos voláteis. Para explicar essa hipótese existem dois caminhos, os quais se referem às explicações dadas sobre a formação da Terra. A primeira é a hipótese sobre a formação da Terra pelo modelo da acreação e a outra é a hipótese da formação da Terra através da teoria do Big Bang.

O fato é que nenhuma das teorias supracitadas consegue explicar por si só a grande quantidade de água existente no planeta.

3.1.2 Abundância

Apesar do planeta Terra ter a maior parte de sua extensão coberta por água, 97% deste total é de água salgada e encontra-se nos mares e oceanos e apenas 3% representa o quantitativo de água doce, sendo que destes, cerca de 2,5% estão situados nas geleiras, na Antártica e no Ártico e não estão disponíveis para consumo humano. Sendo assim, restam apenas 0,5% para suprir as necessidades humanas e dos ecossistemas em toda Terra. Da quantidade de água doce disponível ao homem, a maior parte são águas subterrâneas, totalizando aproximadamente 10.000.000 km³ (POLETO, 2008; REBOUÇAS, 2004; ANA, 2009).

O Brasil é detentor de aproximadamente 12% de toda a água doce mundial. Contudo, a má distribuição deste recurso fica evidente quando se compara a quantidade de água doce disponível na Região Norte do país, tida com baixo índice populacional, estimado em 80% da

quantia disponível no território brasileiro, com a região Nordeste onde habitam 45% da população nacional, dispondo apenas de 3% dos recursos hídricos do Brasil (ANA, 2017c).

3.1.3 Importância

A água foi berço para formação de condições favoráveis ao desenvolvimento de vida no planeta. A partir desta, do CO₂, da luz visível que penetrava o ambiente aquático e da presença de nutrientes, organismos autotróficos sintetizaram biomassa e gás oxigênio. As atividades destes organismos propiciaram o desenvolvimento da camada de ozônio, que protege a Terra da radiação ultravioleta até os dias atuais e que é considerada indispensável para a manutenção da vida terrestre (LENZI; FAVERO; LUCHESE, 2009).

Além disso, a água serve de transporte para que os nutrientes cheguem até as raízes das plantas. Ela percorre toda a extensão dos seres vivos e ao chegarem às células humana ou vegetais, atuam como principal componente do citoplasma e auxiliam os organismos a excretarem toxinas e a regular a temperatura do corpo, sendo extremamente indispensável (LENZI; FAVERO; LUCHESE, 2009).

É muito importante para o cenário de desenvolvimento econômico, no qual atividades agrícolas dominam o consumo de água doce do planeta, com cerca de 70%, seguido pelo desempenho e funcionamento industrial (22%) e o restante, que representa 8%, é destinado ao uso doméstico (ANA, 2009).

3.1.4 Crise hídrica

O crescimento populacional, o avanço da urbanização, a crescente riqueza mundial e a expansão de atividades econômicas aumentam a demanda de água. Aliados as mudanças climáticas estes fatores acabam por contribuir para um colapso dos recursos hídricos mundiais (ANA, 2009; MELO; MARQUES, 2014).

Em 2017, a Organização Mundial da Saúde (OMS) e o Fundo das Nações Unidas para a Infância (UNICEF) divulgaram um relatório, no qual estimativas demonstram que cerca de 2,1 bilhões da população mundial não tem acesso à água potável, sendo que deste total, 159 milhões ingerem água provenientes de fontes superficiais, como riachos e lagos e que não passam por nenhum tipo de tratamento.

No Brasil, as condições climáticas influenciam diretamente a região Nordeste que é conhecida por sofrer as consequências das secas prolongadas, com baixa incidência de

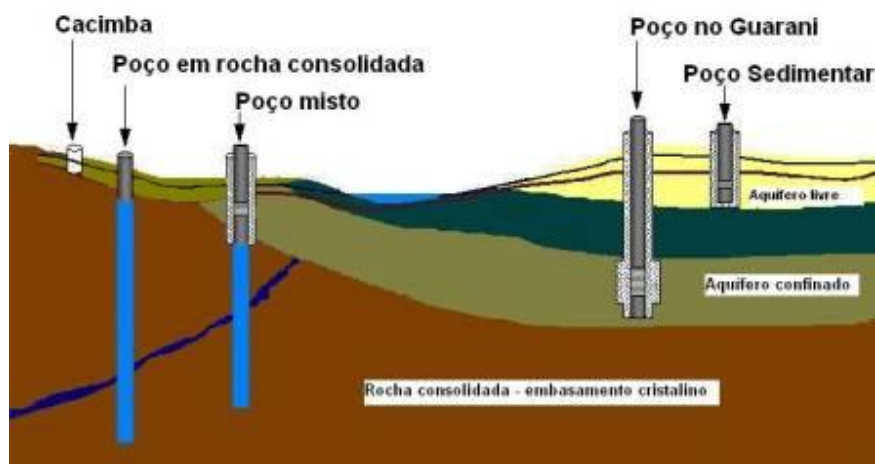
precipitações, má distribuição das chuvas ao longo do ano e altas taxas de evaporação, com uma valor próximo a 2000 mm/ano, enquanto que os níveis de chuva variam entre 300 a 800 mm/ano, resultando em um grande desequilíbrio na relação entre a taxa de precipitação e de evaporação. O resultado da seca no semiárido nordestino é refletido sobre a economia, nos setores agrícolas e pecuários e sobre a população regional que sofre com os prejuízos causados pelos longos períodos de estiagem (MELO; PEREIRA; DANTAS NETO, 2009; UNICEF; APRECE, 2014).

3.1.5 Águas subterrâneas

As águas subterrâneas são oriundas do excesso das águas de chuvas que penetram a superfície terrestre e ocupam os interstícios das formações rochosas do solo. A aglomeração dos volumes de água forma os aquíferos, que atuam como uma reserva que nutre os rios (ANA, 2017a).

Na Figura 1 encontram-se os tipos de poços utilizados para captação da água subterrânea, os quais podem ser classificados como: poços escavados de forma manual e revestidos com tijolos ou anéis de concreto, com diâmetros de 1 metro ou mais, captando água de lençóis freáticos de até 20 metros de profundidade, a exemplo dos poços rasos, cisternas, cacimbas ou amazonas; e os poços tubulares profundos que são resultantes da intervenção de uma perfuratriz, que realiza perfurações verticais atingindo até 2000 metros de profundidade para captação da água, como o poço perfurado em rochas consolidadas ou cristalinas, o poço misto, poço no Aquífero Guarani e poço sedimentar (ABAS, 2018).

Figura 1 - Tipos de poços existentes para captação de água subterrânea.



Fonte: ABAS (2018).

Os poços apresentam-se como um sistema de abastecimento de água vantajoso uma vez que, possuem menor susceptibilidade à contaminação. Além disso, os poços podem ser distribuídos conforme a demanda da população, acarretando a diminuição dos custos operacionais com o abastecimento de água (MONTEIRO, 2012).

Contudo, as fontes de águas subterrâneas não estão totalmente livres de sofrer contaminação, porém estão menos expostas que águas de rios e lagos. A degradação pode ocorrer por meio da disposição inadequada do lixo, vazamentos de oleodutos, fossas sépticas, uso de fertilizantes e agrotóxicos, dentre outros fatores. A escassez das fontes de água doce superficiais tem levado a um aumento da exploração dos corpos hídricos subterrâneos, especialmente em regiões semiáridas. Sendo assim, é indispensável analisar e conhecer a qualidade da água e saber se esta é adequada para consumo humano (ANA, 2017a; CRISPIM et al., 2017; FREITAS, 2001).

3.2 Portarias e Resoluções para o controle da qualidade da água

A Portaria nº 2914 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde diz respeito sobre a qualidade da água destinada ao consumo humano que deve ser assegurada com base nos conceitos de vigilância, controle da qualidade da água e seu padrão de potabilidade, de modo que as doenças hídricas sejam prevenidas, prezando pela saúde e bem estar dos consumidores (RODRIGUES, 2014).

Ainda segundo Rodrigues (2014) a água destinada ao consumo humano deve ser potável podendo ser ingerida, utilizada na preparação e produção de alimentos e na higiene pessoal do usuário independentemente de sua proveniência, sendo água potável toda aquela que cumpra aos padrões de potabilidade estimados na referente Portaria e que não ofereça riscos à saúde. A Portaria ainda destaca a importância do controle da água que será destinada ao consumo humano como um conjunto de ações desempenhadas a fim de aferir se a água distribuída aos consumidores é ou não potável. Nela ainda constam os valores máximos permitidos para certos parâmetros de avaliação da qualidade da água, como cloretos, dureza total, pH, turbidez, nitrato, amônia, teor de sódio e de sólidos totais dissolvidos.

Na Resolução nº 396 de 03 de abril de 2008 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) encontram-se informações sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento, precaução e controle da contaminação das águas subterrâneas. Nesta Resolução, os valores máximos permitidos devem ser observados de acordo com os fins de utilização das águas subterrâneas.

A Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, também dispõe acerca da classificação e das diretrizes ambientais para o enquadramento de corpos hídricos, com um diferencial da Resolução anterior, pois destina-se a águas superficiais. Essa referência classifica as águas como doces, salobras e salinas de acordo com a salinidade que estas apresentam.

3.3 Parâmetros físicos e químicos da qualidade da água

3.3.1 Alcalinidade

A alcalinidade de um corpo hídrico é referente à sua facilidade de aceitar, neutralizar ou reagir com cátions H^+ . Sendo assim, a alcalinidade total da água é tida pela soma da concentração de hidróxidos, carbonatos e bicarbonatos (FUNASA, 2013; LENZI; FAVERO; LUCHESE, 2009).

Segundo Medeiros Filho (2009), em um corpo hídrico as alterações de alcalinidade são provenientes da decomposição rochosa que acontece no ambiente aquoso, além de reações com a presença de CO_2 atmosférico, da oxidação da matéria orgânica e da contaminação das fontes de água com efluentes industriais.

A determinação dos índices de alcalinidade total é realizada através da titulação ácido-base ou de neutralização, que resultará na quantidade de base presente na amostra e é expressa em mg/L de $CaCO_3$. Em águas de abastecimento, a verificação da alcalinidade é de extrema importância para auxiliar no controle de processos de tratamento, como a agregação, floculação e precipitação de íons e partículas contidas na água (SKOOG et al., 2010; PARRON; MUNIZ; PEREIRA, 2011; LENZI; FAVERO; LUCHESE, 2009).

A reação ocorre entre o analito com um reagente padrão, como um ácido ou uma base forte. Uma vez que essas soluções reagem de maneira mais complexa com o analito em comparação com as mais fracas, elas tornam os pontos finais das titulações mais nítidas (SKOOG et al., 2010).

Segundo o autor supracitado, o ponto de equivalência da titulação é determinado com a utilização de métodos instrumentais, como a potenciometria, ou ainda por um indicador químico. Este último, quando empregado em titulações de neutralização denomina-se indicador ácido/base, sendo um ácido ou uma base orgânico fraco, que apresentam coloração diferente de acordo com uma dissociação ou não com base ou ácidos conjugados.

3.3.2 Gás carbônico livre

O gás carbônico é um dos mais importantes ácidos fracos presentes na água, e pode ter origem atmosférica ou de processos microbiológicos de ocorrência espontânea nos corpos hídricos. A quantificação e controle deste parâmetro deve ser realizado para que corrosões sejam evitadas nas estruturas de metal ou de cimento em um sistema de abastecimento (LENZI; FAVERO; LUCHESE, 2009; FUNASA, 2013).

O princípio químico para a determinação de gás carbônico é similar ao da alcalinidade, no qual utilizam-se ácidos e bases fortes em titulações de neutralização por reagirem de forma completa com o analito (SKOOG et al., 2010).

3.3.3 Dureza em Mg^{2+} , em Ca^{2+} e total.

A dureza total pode ser definida como a capacidade que a água terá de inibir a propriedade do sabão de fazer espuma, ou de dissolver ácidos graxos como óleos, graxas e gorduras. Este parâmetro é estimado pelo somatório das concentrações dos íons de cálcio e magnésio na água e expresso em função de carbonatos de cálcio (FUNASA, 2013; LENZI; FAVERO; LUCHESE, 2009).

A dureza total é quantificada pelo teor de dureza temporária - onde ocorre a associação dos cátions de bivalentes como Ca^{2+} e Mg^{2+} com íons de HCO_3^- . Essa é assim denominada pois ao passar por aquecimento ocorre a quebra do bicarbonato que se precipitará na água em forma de carbonato. - e pelo teor de dureza permanente - que se dá pela junção dos cátions bivalentes supracitados com íons de $Cl^-_{(aq)}$, $SO_4^{2-}_{(aq)}$, $NO_3^-_{(aq)}$, dentre outros. Mesmo submetida a altas temperaturas, estes íons não se precipitam e por esse motivo é que se tem a denominação permanente (LENZI; FAVERO; LUCHESE, 2009).

Segundo Medeiros Filho (2009), águas com índices elevados de dureza podem provocar prejuízos industriais, causando incrustações em tubulações ou até explosões em caldeiras. Além disso, provoca interferências nas características organolépticas da água.

3.3.4 Cloreto

Os cloretos podem ser encontrados na água, como o cloreto de sódio, de cálcio ou de magnésio. A presença desses na água pode ser oriunda do contato do corpo hídrico com águas salgadas do mar ou com dejetos domésticos e industriais. Uma das restrições da utilização de

águas com altos níveis de cloretos se dá pela alteração no sabor da água, conferindo a essa sabor salino e propriedades laxativas (FUNASA, 2013; MEDEIROS FILHO, 2009; LENZI; FAVERO; LUCHESE, 2009).

3.3.5 Cloro residual

Em seus estudos, Lenzi; Favero; Luchese, (2009), afirmam que o cloro residual é adicionado a água com intuito de cessar a proliferação de algas e bactérias e de oxidar a matéria orgânica, destruindo qualquer tipo de organismo patogênico presente. Os derivados do cloro mais utilizados para este processo são o hipoclorito de sódio e cálcio, a cal clorada e o dióxido de cloro. O desenvolvimento desta prática é a base para o processo de desinfecção que ocorre em Estações de Tratamento de Água.

3.3.6 pH

O potencial hidrogeniônico ou pH estima a concentração de íons de hidrogênio numa solução qualquer. Na água, especificamente, este parâmetro é de extrema importância, principalmente no seu tratamento, pois auxilia nas etapas de coagulação, floculação e desinfecção ao longo do processo. A faixa de pH ideal que a água deve apresentar é 7,0 quando é considerada neutra. Abaixo disso a água é classificada como ácida e corrosiva e acima temos uma água dita como básica que contribui para as precipitações de sais, resultando em incrustações em tubulações (FUNASA, 2013; LENZI, FAVERO; LUCHESE, 2009).

3.3.7 Turbidez

A turbidez é referente ao impedimento da passagem de um feixe de luz sobre a água que pode ser causada pela presença de materiais em suspensão na água como silte, areia, argila, algas, detritos, dentre outros; que absorvem e espalham a luz. A principal fonte natural que causa a turbidez são as erosões do solo, que se intensificam em períodos chuvosos, mas também pode ser causado por atividades antrópicas como a mineração e a descarga de esgotos domésticos e industriais nas fontes de água. Como resultado do aumento da turbidez, a preservação da biota aquática é comprometida, assim como seu uso industrial e para atividades de recreação (ANA, 2017b).

3.3.8 Temperatura

A temperatura é um parâmetro que influencia a tensão superficial e a viscosidade da água. Além disso, durante o processo de tratamento, esse parâmetro poderá afetar a fluoretação, solubilidade e ionização das substâncias de fins coagulantes e a desinfecção. A variação de temperatura em corpos hídricos é frequente ao longo do dia e de acordo com as estações do ano, entretanto, mudanças bruscas de temperatura poderão ocorrer com o descarte de dejetos industriais com temperaturas elevadas, podendo causar sérios danos às fontes hídricas (FUNASA, 2013; ANA, 2017b).

3.3.9 Condutividade elétrica

De acordo com Parron; Muniz; Pereira (2011) e Medeiros Filho (2009), a condutividade elétrica está relacionada com a disponibilidade de determinada solução para conduzir corrente elétrica. Essa capacidade é diretamente proporcional ao aumento da quantidade de íons.

3.3.10 Oxigênio dissolvido

O oxigênio é vital para a manutenção da vida aquática. Águas com população elevada de algas possuem maior quantidade de oxigênio durante o dia, pois realizam o processo de fotossíntese através da luz. No período noturno, não ocorre a fotossíntese, mas os organismos vivos continuam respirando e consumindo o oxigênio, tornando-o escasso e podendo provocar a morte de peixes. Águas poluídas por efluentes domésticos e industriais apresentam baixos níveis de oxigênio, visto que estes tipos de dejetos são ricos em matéria orgânica, que precisam de oxigênio para se manter vivas. Sendo assim, esses organismos acabam consumindo todo o oxigênio do meio e os peixes e demais organismos aeróbicos acabam sendo dizimados devido a sua falta (ANA, 2017b; LENZI; FAVERO; LUCHESE, 2009).

3.3.11 Cálcio, sódio e potássio

Segundo Parron; Muniz; Pereira (2011), a presença do cálcio nas águas pode ser justificada pela proximidade de depósitos de minerais como a calcita, dolomita e gipsita. Quanto ao sódio, este é um íon que produz sais de alta solubilidade em meio aquoso. A

concentração deste varia de acordo com as condições geológicas da região onde a fonte hídrica está situada e também com o descarte de efluentes neste local. O potássio é muito importante no desenvolvimento e nutrição dos seres vivos, e sua ocorrência nas águas está associada com a dissolução mineral de material vegetal em decomposição ou pela descarga de resíduos agrícolas. Em meio aquoso este elemento rapidamente se une a argila ou é absorvido pelas plantas e por este motivo se apresenta em concentrações relativamente baixas em águas naturais.

3.3.12 Amônia total

Nas soluções aquosas, a amônia pode ser encontrada na forma ionizada (NH_4^+) ou não ionizada (NH_3) e a soma dessas duas espécies resulta na quantificação da amônia total. Essa substância ocorre naturalmente em corpos hídricos, oriunda da degradação de compostos orgânicos e inorgânicos seja do solo ou da água, que por sua vez é consequência da excreção da biota, redução do nitrogênio gasoso da água por ação de microrganismos ou ainda da troca gasosa que ocorre entre a atmosfera e os corpos d'água (REIS; MENDONÇA, 2009).

O autor supracitado revela ainda que este composto faz parte da composição do esgoto sanitário formado por efluentes domésticos e industriais, da hidrólise da ureia e da decomposição biológica de aminoácidos e outros compostos orgânicos nitrogenados. Caso estas fontes antrópicas não sejam controladas, podem acarretar em contaminações da água.

3.3.13 Fósforo total

O fósforo é um nutriente muito importante para o desenvolvimento dos processos biológicos na água, armazenando energia e atuando na estruturação celular. Sua ocorrência em águas naturais se dá na forma de fosfatos e o aporte nos corpos d'água desta substância pode ocorrer por detergentes superfosfatados e dejetos fecais presentes nos esgotos domésticos; além de efluentes industriais, de fábricas de fertilizantes, por exemplo, e é favorecida pela presença de CO_2 e limitada pela ocorrência de Ca^{2+} na água. Além disso, apresenta facilidade para formar compostos com diversos íons e complexos com minerais de argila (ANA, 2017b; FEITOSA et al., 2008).

3.3.14 Nitrato

A presença de nitrogênio nos corpos hídricos pode se dá nas formas de nitrogênio orgânico, amoniacal, nitrito e nitrato. Este último geralmente ocorre em quantias ínfimas em águas naturais e pode ter origem variada, como lançamento de esgotos sanitários, dejetos industriais, depósitos de lixo, fertilizantes nitrogenados (ANA, 2017b; FEITOSA et al., 2008).

Os nitratos são compostos muito tóxicos para os seres humanos e altas concentrações deste em corpos d'água causa uma doença denominada metahemoglobinemia infantil, que é fatal para crianças (ANA, 2017b).

3.3.15 Sólidos Totais Dissolvidos

Os Sólidos Totais Dissolvidos (STD) são conceituados como a massa total dos constituintes minerais presentes no aquífero por unidade de volume. Sendo assim, o STD resulta da matéria que permanece após o processo de evaporação, secagem ou calcinação da amostra de água, submetida a um tempo e temperatura específica (FEITOSA et al., 2008; ANA, 2017b).

3.3.16 Salinidade

A salinidade em águas naturais é referente a quantia total dos compostos dissolvidos em certo volume de água que podem se precipitar como sais na forma sólida. A quantificação deste parâmetro pode ocorrer pela medida da condutividade elétrica, densidade, velocidade sonora ou índice de refração (FEITOSA et al., 2008).

As fontes subterrâneas apresentam baixa variação sazonal da concentração de sais, uma vez que são menos afetadas pela evaporação do que as fontes superficiais e teores de salinidade mais elevados que os corpos hídricos superficiais devido à baixa renovação das águas (PEREIRA et al., 2006).

4 METODOLOGIA

4.1 Pontos de amostragem e coleta das amostras

As amostras foram coletadas em dois poços (A e B) do tipo cacimba utilizados pela população local e localizados no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), no município de Areia-PB (Figura 2). As coletas ocorreram quinzenalmente entre os meses de abril e junho de 2018, totalizando 5 coletas no Poço A e 5 no Poço B.

Figura 2 - Localização dos pontos de coleta no Centro de Ciências Agrárias.

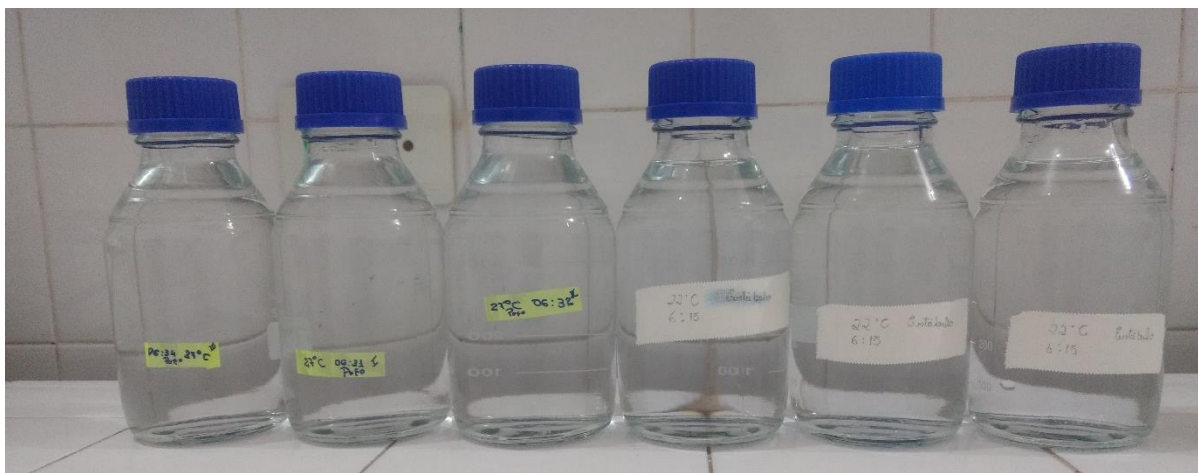


Fonte: Adaptado de Google Maps.

O Poço A estava localizado no setor de bovinocultura da Instituição a uma latitude de -6,973691 e a uma longitude de -35,720872. Já o poço B localiza-se na posição latitudinal de -6,969194 e longitudinal de -35,713757, próximo ao setor piscicultura.

As amostras foram coletadas por volta das 06h30 da manhã em frascos de vidro devidamente higienizados, com capacidade para 500 mL (Figura 3), conforme o proposto por Brasil (2013).

Figura 3 - Amostragem das águas coletadas.



Fonte: própria.

Posteriormente, os recipientes foram devidamente identificados, acondicionados em caixa de isopor e conduzidos imediatamente para análise no Laboratório de Química Analítica do Departamento de Química e Física do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba. O Poço A possuía um sistema de bombeamento e a água captada escoava por uma tubulação em processo contínuo (Figura 4 A), enquanto que no Poço B não existia nenhum tipo de bombeamento (Figura 4 B).

Figura 4 - (A) Coleta no Poço A; (B) Coleta no Poço B.



Fonte: própria.

4.2 Análise de variáveis químicas

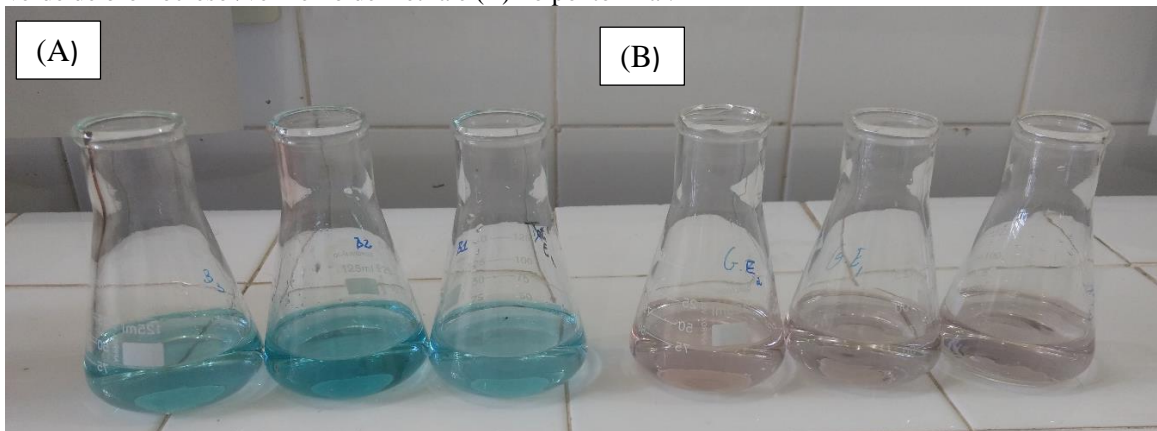
Os parâmetros químicos analisados foram: alcalinidade em hidróxidos, em carbonatos, em bicarbonatos e a alcalinidade total; gás carbônico livre; dureza em magnésio, em cálcio e dureza total, cloreto, cloro residual, amônia, fósforo e nitrato, determinados de acordo com a

metodologia proposta pelo Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (1998), com exceção do parâmetro amônia, que foi analisado conforme a ASTM D 1426 (2008). Todas as análises foram realizadas em triplicata.

4.2.1 Alcalinidade

A determinação da alcalinidade na água foi realizada por meio de uma titulação de neutralização. Inicialmente determinou-se a alcalinidade na amostra devido a hidróxidos e carbonatos com a adição do indicador fenolftaleína e titulação contra um padrão de ácido sulfúrico 0,02 N até o ponto de viragem, caracterizado com a solução incolor. Em seguida com a finalidade de determinar a alcalinidade devido à bicarbonatos, adicionou-se a essa amostra o indicador verde de bromocresol/vermelho de metila e a titulou com ácido sulfúrico a 0,02 N. O ponto final da titulação foi determinado quando a amostra mudou da coloração azul-esverdeada para rosa claro, conforme a Figura 5.

Figura 5 – Coloração das amostras durante a determinação da alcalinidade: (A) com a adição do indicador verde de bromocresol/vermelho de metila e (B) no ponto final.



Fonte: própria.

A quantificação da alcalinidade foi realizada de acordo com a Equação 1:

$$mg \frac{CaCO_3}{L} = \frac{N_{H_2SO_4} * V_{H_2SO_4} * \frac{50g}{eq} * 1000 \frac{mg}{g}}{V_{AMOSTRA}} \quad \text{Equação 1}$$

Onde, N é a normalidade real do ácido sulfúrico, V é o volume gasto de titulante e Vamostra é o volume de amostra utilizado.

Para a realização dos cálculos, deve-se observar que a maioria das águas naturais contém alcalinidade apenas devido a bicarbonato, sendo assim, continuam incolor com a adição de fenolftaleína e não há gasto de titulante. Logo: $V_{H_2SO_4} = T$.

A quantificação da alcalinidade devido a hidróxidos e carbonatos deve ser realizada levando em consideração o resultado das equações apresentadas na Tabela 1, onde P expressa o volume gasto na titulação com o uso de fenolftaleína e T é o volume total gasto.

Tabela 1 – Tabela para cálculo da alcalinidade.

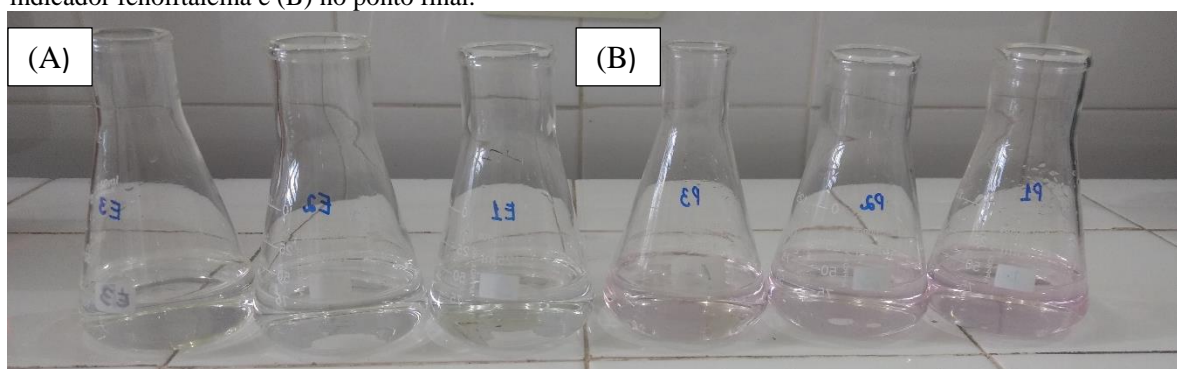
Volume gado na titulação	Alcalinidade expressa em mg/L de $CaCO_3$		
	OH^-	CO_3^{2-}	HCO_3^-
$P = 0$	0	0	T
$P < \frac{1}{2}T$	0	2P	$T - 2P$
$P = \frac{1}{2}T$	0	2P ou T	0
$P > \frac{1}{2}T$	$2P - T$	$2(T - P)$	0
$P = T$	T	0	0

Fonte: Adaptado de Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (1998).

4.2.2 Gás carbônico livre

Para a determinação de gás carbônico livre utilizou-se uma solução padrão de NaOH 0,02 N e como indicador do ponto de equivalência a fenolftaleína. Após adição da fenolftaleína as amostras devem-se apresentar incolor, e o ponto de equivalência da titulação é obtido quando as amostras desenvolverem coloração rósea, conforme a Figura 6.

Figura 6 - Coloração das amostras durante a determinação do gás carbônico livre: (A) com a adição do indicador fenolftaleína e (B) no ponto final.



Fonte: própria.

O teor de gás carbônico livre das amostras foi determinado de acordo com a Equação 2:

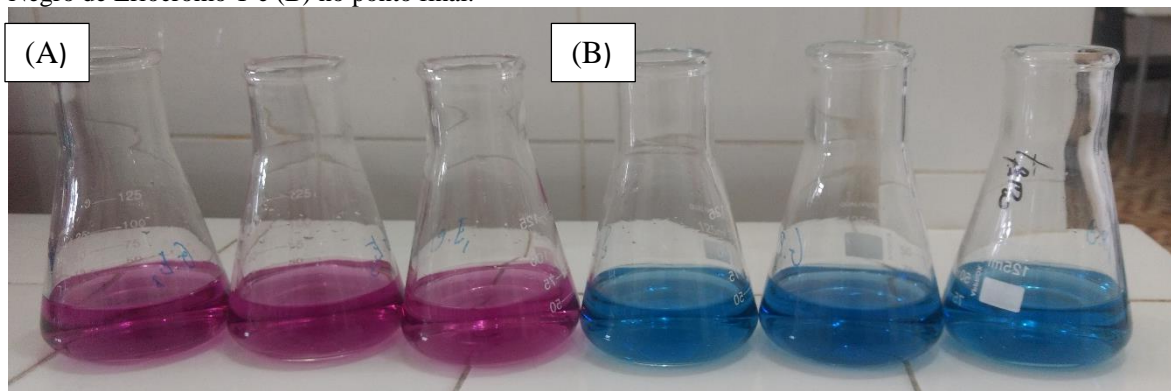
$$mg \frac{CO_2}{L} = \frac{N_{NaOH} * V_{NaOH} * \frac{44g}{eq} * 1000 \frac{mg}{g}}{V_{AMOSTRA}} \quad \text{Equação 2}$$

Onde, N é a normalidade real do hidróxido de sódio, V é o volume gasto de titulante e Vamostra é o volume de amostra utilizado.

4.2.3 Dureza em Mg^{2+} , em Ca^{2+} e total.

Inicialmente determinou-se a dureza total – as amostras foram tamponadas a pH 10, em seguida foi adicionado 0,05 g do indicador Negro de Eriocromo T e realizada a titulação com EDTA 0,1 M. Na Figura 7 é possível observar as colorações adquiridas pela amostra assim que o indicador foi adicionado a amostra (Figura 7A) e a coloração a ser obtida ao fim da titulação (Figura 7B).

Figura 7 - Coloração das amostras durante a determinação da dureza total: (A) com a adição do indicador Negro de Eriocromo T e (B) no ponto final.



Fonte: própria.

A partir da Equação 3 foi possível determinar a dureza total:

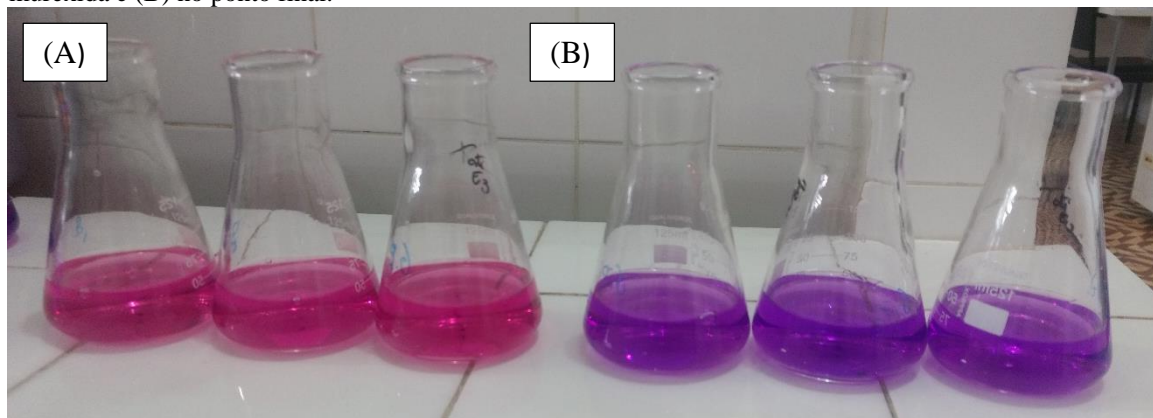
$$mg \frac{CaCO_3}{L} = \frac{M_{EDTA} * V_{EDTA} * \frac{100,09g}{mol} * 1000 \frac{mg}{g}}{V_{AMOSTRA}} \quad \text{Equação 3}$$

Onde M é a molaridade do EDTA, V é o volume gasto de EDTA na titulação com o uso do indicador negro de Eriocromo T.

Quanto a determinação dos íons Ca^{2+} , inicialmente o pH das amostras foi elevado para 10, seguido pela adição de 0,05 g do indicador murexida (Figura 8A) e titulação contra um

padrão de EDTA 0,1 M até que as amostras apresentassem coloração violeta, conforme a Figura 8 B.

Figura 8 - Coloração das amostras durante a determinação da dureza de Ca^{2+} : (A) com a adição do indicador murexida e (B) no ponto final.



Fonte: própria.

A quantificação da dureza de Ca^{2+} foi determinada a partir da Equação 4:

$$\text{mg} \frac{\text{CaCO}_3}{\text{L}} = \frac{M_{\text{EDTA}} * V_{\text{EDTA}} * \frac{100,09\text{g}}{\text{mol}} * 1000 \frac{\text{mg}}{\text{g}}}{V_{\text{AMOSTRA}}} \quad \text{Equação 4}$$

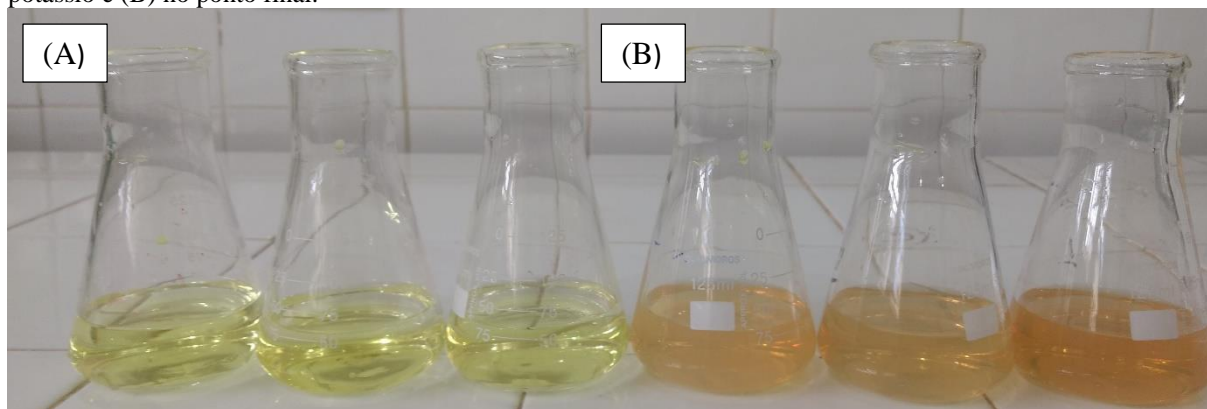
Onde M é a molaridade do EDTA, V é o volume gasto de EDTA na titulação com o uso do indicador murexida.

A partir da diferença entre a dureza total e a dureza de Ca^{2+} estimou-se a dureza de Mg^{2+} .

4.2.4 Cloreto

A análise de cloreto foi realizada após ajuste do pH das amostras entre 7 e 10; em seguida adicionou-se uma alíquota de 1 mL do indicador cromato de potássio e o processo de titulação foi realizado com o nitrato de prata 0,0141 N como titulante. Na Figura 9 é possível visualizar as cores adquiridas pela solução após a adição do indicador e ao fim do processo de titulação.

Figura 9 - Coloração das amostras durante a determinação de cloreto: (A) com a adição do indicador cromato de potássio e (B) no ponto final.



Fonte: própria.

Por meio da Equação 5 é possível determinar a quantidade de cloreto presente na amostra:

$$mg \frac{Cl^-}{L} = \frac{(A - B) * N * \frac{35,45g}{eq} * 1000mg/g}{V_{AMOSTRA}} \quad \text{Equação 5}$$

Onde A é o volume do titulante gasto na amostra, B é o volume do titulante gasto no branco e N é a normalidade real do $AgNO_3$.

4.2.5 Cloro residual

A quantificação do cloro residual foi realizada através da adição de 1,0 g de iodeto de potássio a cada amostra, em seguida essas foram solubilizadas e deixadas no escuro durante 6 minutos.

Através da Equação 6 é possível quantificar o cloro residual presente na amostra:

$$mg \frac{Cl - Cl_2}{L} = \frac{N_{Na_2S_2O_3} * V_{Na_2S_2O_3} * 35,45 \frac{g}{eq} * 1000mg/g}{V_{AMOSTRA}} \quad \text{Equação 6}$$

Onde N é a normalidade do tiosulfato e V o volume gasto na titulação.

4.2.6. Amônia, Fósforo e Nitrato

Para determinação da amônia, fósforo e nitrato, realizou-se a princípio uma curva de calibração individualmente para cada parâmetro a fim de obter a concentração da substância diretamente a partir da absorbância, que por sua vez, foram lidas em espectrofotômetro da marca Genesys modelo 10 UV (Figura 10).

Figura 10 - Espectrofotômetro *Genesys* modelo *10 UV*.



Fonte: LabMakelaar Benelux B.V. (2018).

A análise da amônia foi executada inicialmente com o preparo da curva de calibração com seis pontos, realizada em balões volumétricos de 25 mL, para os quais transferiu-se os volumes ($V_{\text{solução}}$) padrão de amônia determinados na Tabela 2. Posteriormente, os baões foram aferidos com água destilada e homogeneizados. Logo após, a cada um, adicionou-se 0,5 mL do reagente de Nessler, seguida por uma leve agitação para dissolver o composto adicionado na solução. Após 30 minutos, as amostras foram transferidas para uma cubeta de 10 mm e lidas em comprimento de onda 425 nm. A partir das absorvâncias obtidas, o gráfico de N (mg/L) *versus* absorvâncias foi construído a fim de gerar a equação da reta que relaciona essas medidas.

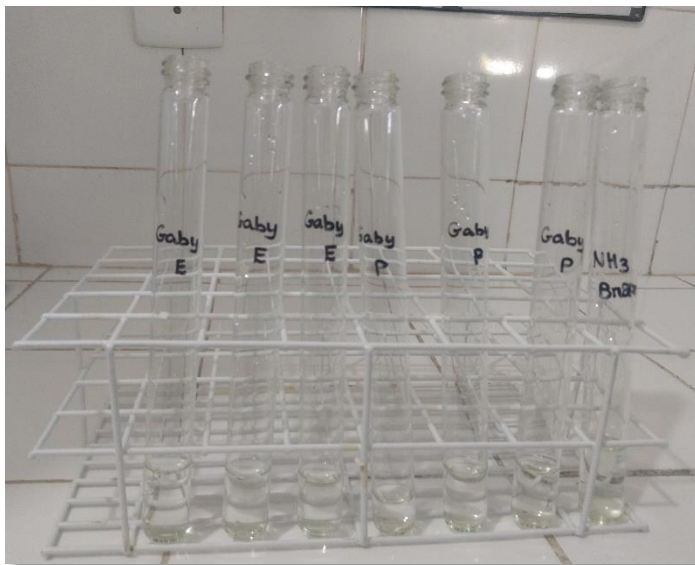
Tabela 2 – Dados para construção da curva de calibração para amônia.

Pontos	$V_{\text{solução}}$ (mL)
1	0,00
2	0,05
3	1,50
4	2,50
5	4,00
6	5,00

Fonte: própria.

Quanto à análise das amostras, uma alíquota de 10 mL foi transferida para três tubos de ensaio, seguido pela adição de 0,2 mL do reagente de Nessler, homogeneização e deixada em repouso por 30 minutos. A preparação do branco foi feita da mesma forma, entretanto no lugar da amostra, utiliza-se 10 mL de água destilada. A absorvância foi medida a 425 nm em cubeta de 10 mm. As amostras estão evidenciadas na Figura 11.

Figura 11 – Amostras para a análise de amônia.



Fonte: própria.

A partir da Equação 7 a quantidade de N (mg) presente na alíquota (mL) foi convertida em concentração. Este cálculo foi efetuado para cada ponto da curva de calibração.

$$N \left(\frac{mg}{L} \right) = \frac{mg N * 1000}{volume da amostra (mL)} \quad \text{Equação 7}$$

Substituindo os valores obtidos pela equação da reta, pode-se reescrever a Equação 7 e obter a concentração de amônia presente nas amostras analisadas:

$$NH_3 \left(\frac{mg}{L} \right) = N \left(\frac{mg}{L} \right) * 1,22 \quad \text{Equação 8}$$

Quanto à análise de fósforo, inicialmente foi construída a curva de calibração com doze pontos, em balões volumétricos de 10 mL, aos quais foram adicionados a alíquota de solução padrão de fosfato (conforme a Tabela 3) e 2 mL do reagente vanadato-molibdato de amônio. A aferição com água destilada foi feita imediatamente, de acordo com o expresso na

Tabela 3. Após 10 minutos, as amostras foram lidas em comprimento de onda de 420 nm. Por último, o gráfico de P (mg/L) *versus* absorvância foi construído e a equação da reta foi obtida.

Tabela 3 - Dados para construção da curva de calibração para fosfato.

Pontos	V _{solução} (mL)
1	0,00
2	0,20
3	0,40
4	0,80
5	1,20
6	1,60
7	2,00
8	2,40
9	2,80
10	3,20
11	3,60
12	4,00

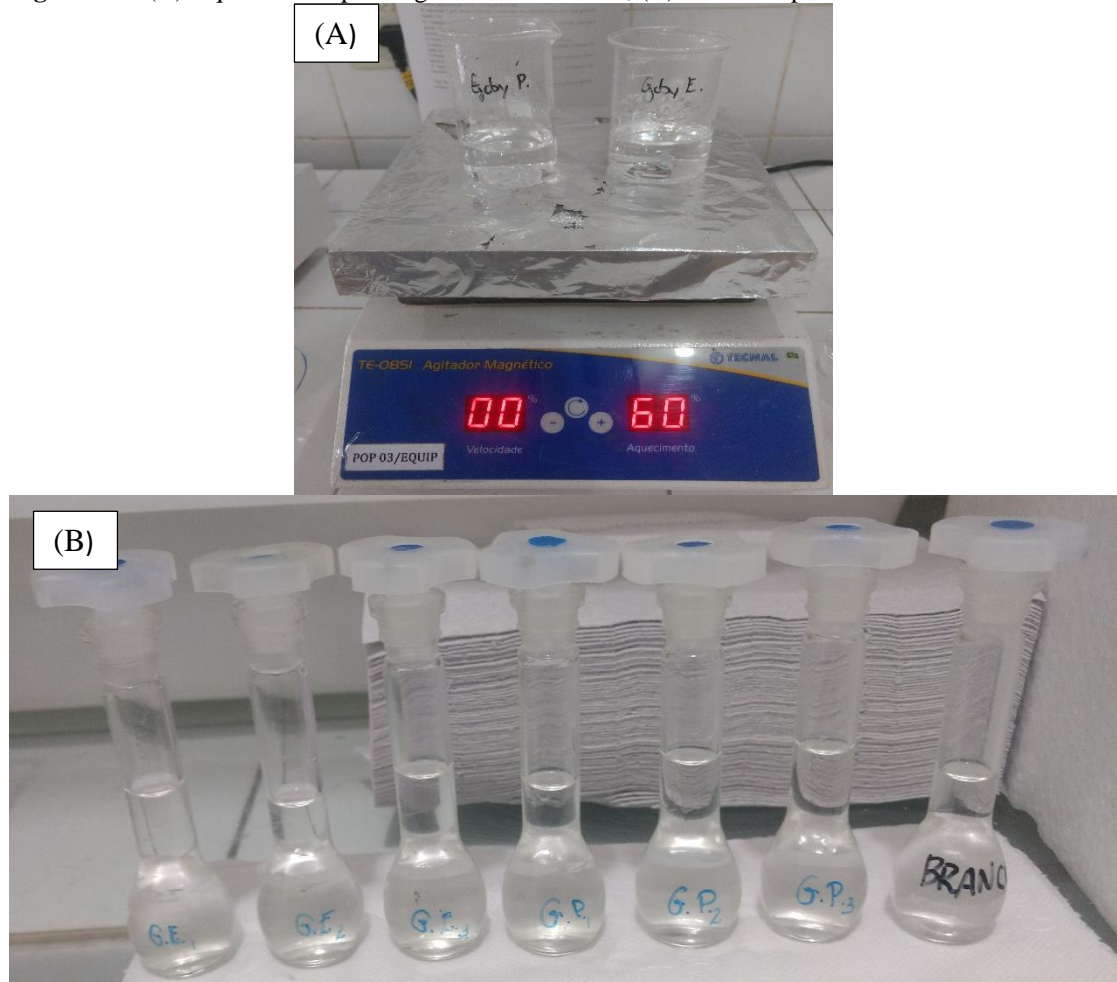
Fonte: própria.

A primeira etapa para análise de fósforo na amostra foi à digestão, onde 50 mL da amostras foi transferida para um béquer de 100 mL, seguido pela adição de 1 gota de fenolftaleína e gotas de H₂SO₄ 10,8 N até que as amostras descolorissem. Posteriormente, foi adicionado a amostra 1 mL de H₂SO₄ 10,8 N, 0,5g de persulfato e pérolas de vidro, em seguida essas foram levadas para aquecimento (Figura 12 A), evitando a fervura e consequentemente a projeção e perda de amostra. A solução evaporou até um volume final de aproximadamente 10 mL. Atingindo esta alíquota a amostra foi retirada do aquecimento e, após esfriar, realizou-se a diluição com cerca de 30 mL de água destilada. Em seguida, adicionou-se 1 gota de fenolftaleína na amostra e procedeu-se a sua neutralização com gotas de NaOH 1 N até a coloração rosa claro. A solução foi transferida para um balão volumétrico de 50 mL e o volume final completado com água destilada.

Para a determinação do fósforo na amostra, uma alíquota de 7 mL da amostra digerida foi transferida para um balão volumétrico de 10 mL e adicionou-se 2 mL do reagente vanadato-molibdato de amônio e água destilada até a marca do menisco. O branco foi obtido

da forma descrita anteriormente, apenas com água destilada e o reagente (Figura 12 B). Após 10 minutos, a leitura foi feita em espectrofotômetro utilizando comprimento de onda de 420 nm.

Figura 12 – (A) Aquecimento para digestão das amostras; (B) Amostras para a análise de fósforo.



Fonte: própria.

A quantidade de P (mg) presente na alíquota (mL) foi convertida em concentração por meio da Equação 9. Esse cálculo foi efetuado para cada ponto da curva de calibração e a concentração de fósforo em mg/L, neste caso, foi obtida diretamente da equação da reta gerada a partir da curva de calibração.

$$mg \frac{P}{L} = \frac{mg P * 1000}{volume da amostra (mL)}$$

Equação 9

Na Tabela 3 encontram-se as alíquotas de solução de nitrato que devem ser adicionadas a fim da obtenção dos 15 pontos da curva de calibração do nitrato. Para tal, o

intervalo de concentração de $\text{N-NO}_3^-/\text{L}$ utilizado, variou de 0 a 7 mg. As quantias determinadas na Tabela supracitada foram transferidas para balões volumétricos de 50 mL e o menisco foi aferido com água destilada. Posteriormente, 1 mL de solução de HCl 1 N foi acrescida ao balão. Após serem homogeneizadas, as amostras foram lidas em comprimento de onda de 220 nm e 275 nm.

Tabela 3 - Dados para construção da curva de calibração para nitrato.

Pontos	$V_{\text{solução}}$ (mL)
1	0,00
2	1
3	2
4	4
5	7
6	10
7	13
8	16
9	19
10	22
11	25
12	28
13	31
14	33
15	35

Fonte: própria.

A absorvância corrigida (A_c) foi calculada a partir da Equação 10:

$$A_c = A_{220} - 2 * A_{275}$$

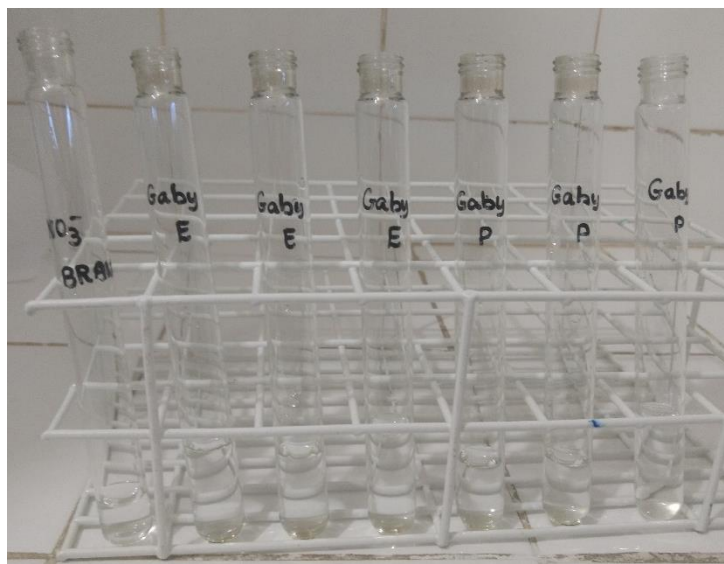
Equação 10

A partir da A_c , o gráfico que relaciona N (mg/L) *versus* absorvância para obter a equação da reta foi construído,

Quanto ao procedimento de análise das amostras, transferiu-se dessas 10 mL para um tubo de ensaio com tampa, ao qual adicionou-se 0,2 mL de HCl 1 N. O frasco foi fechado e

homogeneizado (Figura 13) e o branco foi feito com a substituição da amostra por água destilada. As amostras foram lidas em comprimento de onda de 220 nm e 275 nm e a absorvância corrigida calculada.

Figura 13 – Amostras para a análise de nitrato.



Fonte: própria.

A concentração de nitrato foi determinada a partir da equação da reta obtida com a curva de calibração, relacionando-a com a absorvância corrigida e obtendo o resultado de nitrato em N (mg/L).

4.3 Análise das variáveis físicas

Os parâmetros físicos foram analisados: pH, turbidez, temperatura (no momento da coleta), condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, teor de cálcio, sódio e potássio, sólidos totais dissolvidos (STD) e salinidade. Com exceção do STD e da salinidade, os parâmetros supracitados foram quantificados de acordo com a manipulação dos equipamentos conforme seu manual de instruções, sendo assim, utilizou-se o pHmetro da *MS Tecnozon* modelo *luca-210* (Figura 14 A), previamente calibrado bem como o turbidímetro da *Del Lab* modelo *DLT WV* (Figura 14 B), termômetro de mercúrio (Figura 14 C), o condutivímetro da *MS Tecnozon* modelo *luca-150* (Figura 14 D), o medidor de oxigênio dissolvido da *Lutron* modelo *DO 5519* (Figura 14 E) e o fotômetro de chama *Analyser* modelo *910M* (Figura 14 F). Esses também foram analisados em triplicata.

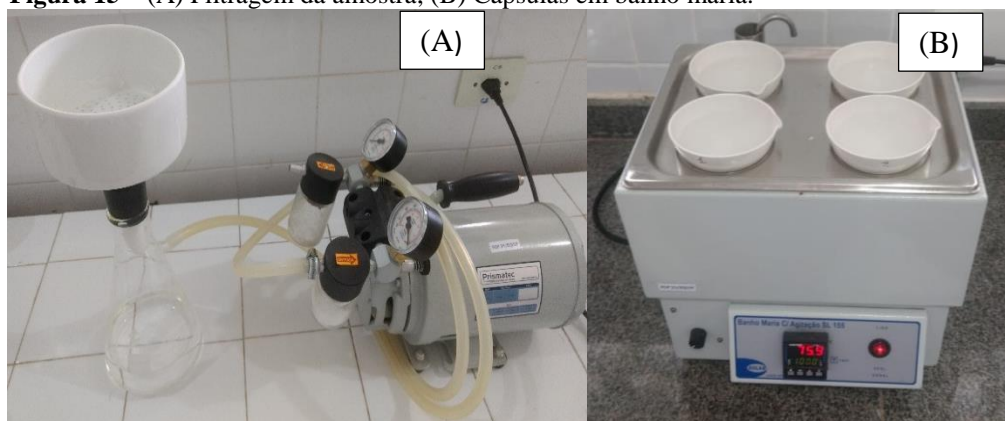
Figura 14 – (A) pHmetro da *MS Tecnopon* modelo *luca-210*; (B) turbidímetro da *Del Lab* modelo *DLT WV*; (C) termômetro de mercúrio; (D) condutivímetro da *MS Tecnopon* modelo *luca-150*; (E) medidor de oxigênio dissolvido da *Lutron* modelo *DO 5519*; (F) fotômetro de chama *Analyser* modelo *910M*.



Fonte: própria.

Quanto aos sólidos totais dissolvidos, a amostra inicialmente foi filtrada (Figura 16 A), e uma alíquota de 100 mL foi disposta em uma cápsula (previamente secas em estufa por 1 hora a 180° C, levadas ao dessecador e pesadas em balança analítica) e encaminhadas ao banho maria (Figura 16 B) até total evaporação. Em seguida, as cápsulas foram deixadas na estufa à 180° C por três horas, levadas ao dessecador e pesadas. A quantificação dos sólidos totais em mg/L foi então obtida através da diferença do peso da cápsula com e sem os sólidos restantes.

Figura 15 – (A) Filtragem da amostra; (B) Cápsulas em banho maria.



Fonte: própria.

Por fim a salinidade foi quantificada através da condutividade elétrica.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

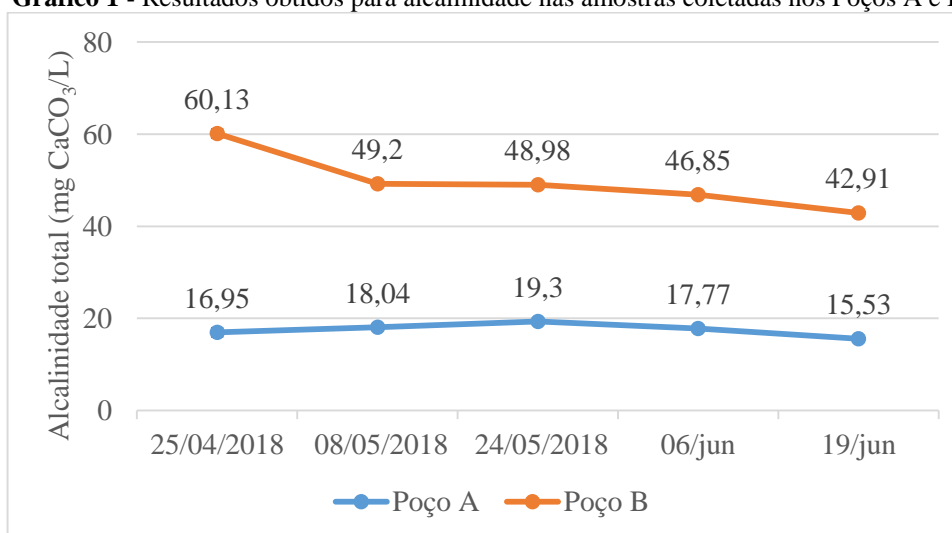
Os resultados obtidos foram comparados com as Resoluções 357 de 2005 e 396 de 2008 do Conselho Nacional do Meio Ambiente, e a Portaria nº 2914 de 2011 do Ministério da Saúde que avaliam a qualidade da água e determinam os padrões de potabilidade.

5.1 Alcalinidade

Águas com pH acima de 8,3 apresentam alcalinidade devido à presença de hidróxidos e carbonatos e ao ser adicionada fenolftaleína à solução, na presença dos íons supracitados, a amostra desenvolve a coloração rosa, confirmando a presença dos mesmos (LENZI; FAVERO; LUCHESE, 2009), entretanto, para nenhuma das amostras estudadas isto foi observado. Sendo assim, essas apresentaram apenas alcalinidade devido a bicarbonatos.

Os resultados obtidos para a alcalinidade total estão expressos no Gráfico 1. Conforme é possível observar no gráfico, os dados apresentaram-se quase constantes ao longo das coletas com exceção do valor bem superior obtido para a primeira coleta no Poço B. Piratoba et al. (2017) revelam em seus estudos que a análise deste parâmetro interage diretamente com a sazonalidade, podendo haver alteração nos teores médios de alcalinidade de acordo com as condições climáticas do período.

Gráfico 1 - Resultados obtidos para alcalinidade nas amostras coletadas nos Poços A e B.



Fonte: própria.

Os documentos utilizados para comparação não objetam um valor máximo para este parâmetro; porém Santos (2015) encontrou um valor médio de 13,04 mg CaCO₃ mg/L para a alcalinidade ao analisar a água proveniente de um poço do município de Brejo do Cruz-PB,

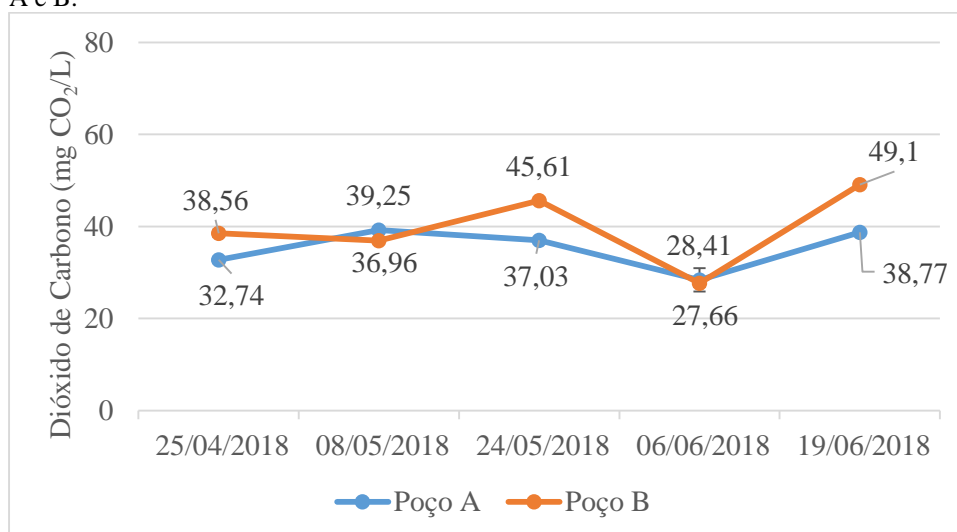
entre os meses de dezembro/2014 a maio/2015, esses valores foram menores que os obtidos nessa pesquisa. Já Crispim et al. (2017) obtiveram valores entre 392,00 mg CaCO₃/L a 432,00 mg CaCO₃/L para alcalinidade em suas análises realizadas entre de agosto e dezembro de 2012, em águas provenientes de três poços distintos oriundos do município de Pombal-PB, valores estes bem acima dos encontrados no referente estudo.

5.2 Gás carbônico livre

No Gráfico 2 estão dispostos os teores de gás carbônico livre, expressos em mg CO₂/L. Observa-se que os resultados obtidos para as amostras coletadas no Poço A se mostraram relativamente constantes ao longo das coletas, enquanto que para as coletadas no Poço B notou-se dois picos, um no dia 24/05 e outro no dia 19/06.

O CO_{2(g)} é um dos ácidos fracos mais importantes que compõem as águas naturais, e pode ser oriundo da atmosfera ou de processos microbiológicos de ocorrência natural. O principal fator que determina a presença do gás carbônico em águas subterrâneas é a decomposição da matéria orgânica contida no subsolo (FEITOSA et al., 2008). Quanto à distribuição deste composto na água, ele pode ser encontrado na forma molecular e ionizada com bicarbonatos e carbonatos, associado a reações de decomposição das rochas, ou ainda como íon comum proveniente do equilíbrio com os carbonatos dissolvidos no corpo hídrico (LENZI; FAVERO; LUCHESE, 2009). A indicação desta vasta gama de associações do CO_{2(g)} na água, torna difícil associar um motivo para as variações deste parâmetro na análise.

Gráfico 2 - Resultados obtidos para gás carbônico livre nas amostras coletadas nos Poços A e B.



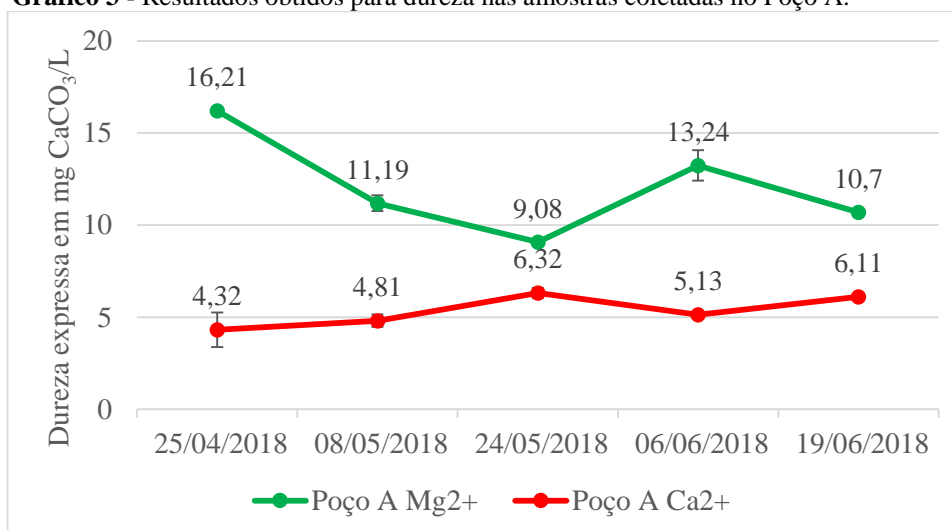
Fonte: própria.

Assim como a alcalinidade, os documentos utilizados para comparação dos dados obtidos também não estimam um valor máximo permitido (VMP) para o parâmetro de gás carbônico livre. Santos (2015) encontrou valores de 13,72 mg CO₂/L em suas análises e ainda ressalta que em águas superficiais encontra-se habitualmente concentrações inferiores a 10 mg/L, porém, nas águas subterrâneas CO₂ livre pode ser encontrado em valores superiores a este.

5.3 Dureza em Mg²⁺, em Ca²⁺ e total.

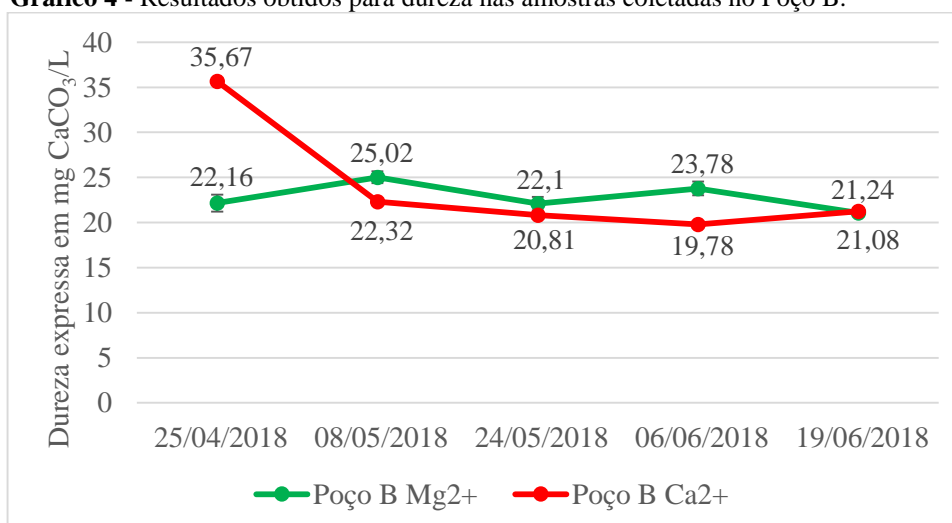
Nos Gráficos 3 e 4 estão dispostos os valores encontrados para dureza causada pelos íons Mg²⁺ e Ca²⁺ para as amostras coletadas no Poço A e B, respectivamente.

Gráfico 3 - Resultados obtidos para dureza nas amostras coletadas no Poço A.



Fonte: própria.

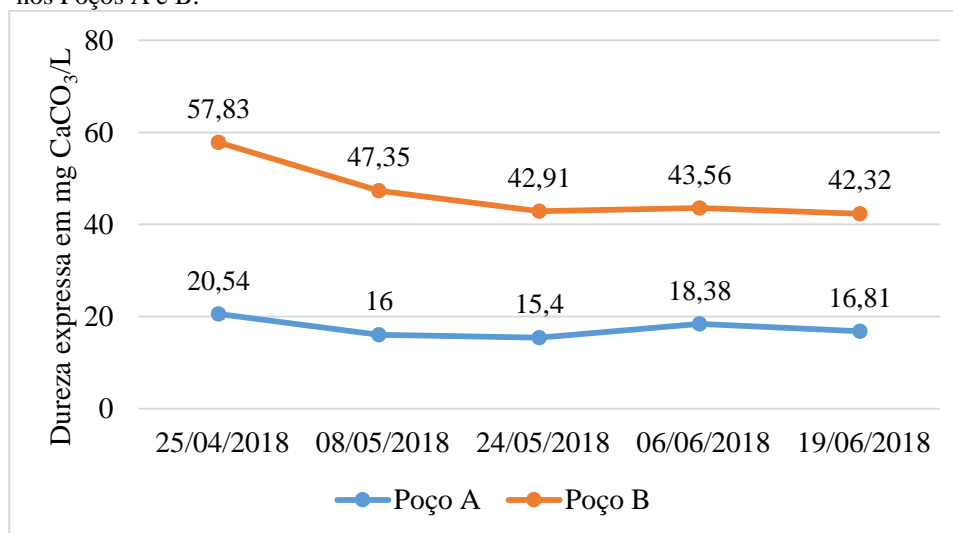
Gráfico 4 - Resultados obtidos para dureza nas amostras coletadas no Poço B.



Fonte: própria.

De acordo com Abdalla et al. (2010) a dureza pode ser classificada como temporária (presença de bicarbonatos de cálcio e magnésio) que pode ser eliminada pela ação do calor ou permanente (presença de sulfatos, cloretos e nitratos de cálcio e magnésio) que não se decompõe com o aquecimento e causam incrustações em caldeiras e tubulações. Logo, a dureza total é quantificada através do somatório da dureza temporária com a permanente e expressa em mg/ de CaCO_3 (Gráfico 5).

Gráfico 5 - Resultados obtidos para dureza total em mg CaCO_3/L nas amostras coletadas nos Poços A e B.



Fonte: própria.

As normas vigentes sobre o controle da potabilidade da água estimam que a dureza máxima permitida na água é de 500 mg de CaCO_3/L , estando as amostras analisadas dentro do padrão; assim como as de Oliveira (2018) que obteve valores entre 35,2 e 49,6 mg de CaCO_3/L ao analisar a qualidade de água de poços tubulares utilizadas no cultivo de hortaliças no município de Areia-PB, entre novembro/2017 e janeiro/2018 e Martins (2017) ao analisar a água de um poço artesiano para uso doméstico no município de Pitimbu-PB que obteve um teor de 280 mg de CaCO_3/L .

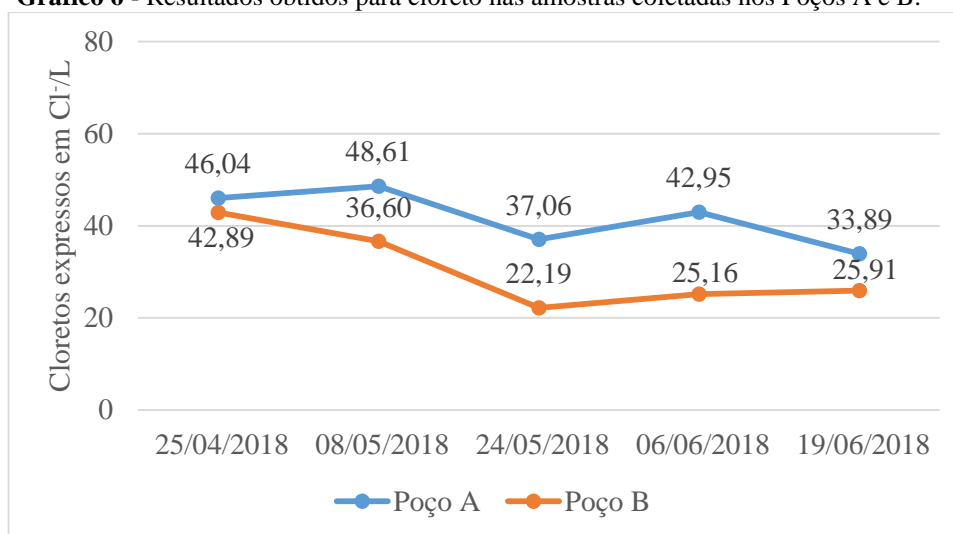
5.4 Cloreto

A quantificação do parâmetro cloreto é realizada através do método de Mohr, onde o titulante é o nitrato de prata e o indicador utilizado é o cromato de potássio. Sendo assim, no final da titulação, a concentração do íon cloreto tende a ser nula, enquanto a concentração do íon Ag^+ aumenta progressivamente excedendo o K_{ps} do indicador cromato de potássio,

formando um precipitado vermelho-tijolo sinalizando o ponto final da titulação (LENZI; FAVERO; LUCHESE, 2009).

No Gráfico 6 encontram-se os teores de cloreto presentes nas amostras. A partir deste é possível avaliar que para as amostras coletadas no Poço A os teores de $\text{mg Cl}^-/\text{L}$ variaram de 48,61 a 33,89, enquanto que para as do Poço B oscilou de 42,89 a 22,19 $\text{mg Cl}^-/\text{L}$. Ambas, estão dentro do valor máximo permitido pela literatura que é de 250 $\text{mg Cl}^-/\text{L}$.

Gráfico 6 - Resultados obtidos para cloreto nas amostras coletadas nos Poços A e B.



Fonte: própria.

Resultados similares foram obtidos por Oliveira (2018), que quantificou em sua pesquisa teores entre 30 e 50 $\text{mg Cl}^-/\text{L}$. Já Martins (2017) obteve um valor de 389,95 $\text{mg Cl}^-/\text{L}$ teor esse, considerado superior ao permitido pela literatura consultada.

5.5 Cloro residual

A quantificação do cloro residual foi realizada através da solução indicadora de iodo-amido, um princípio químico baseado na oxidação do iodeto pelo cloro presente na amostra analisada. Na primeira etapa da reação, o iodo contido na solução apresenta coloração amarelo-castanha visível. Neste método, o próprio iodo serve como indicador, mas a utilização de outro indicador como o amido, torna o ponto final da titulação mais visível (LENZI; FAVERO; LUCHESE, 2009; BACCAN; et al, 1979).

Ao realizar adicionar iodeto de potássio as amostras constatou-se que as mesmas não desenvolveram uma coloração amarela, e por conta disso a análise foi encerrada pois as amostras estudadas não apresentaram cloro residual.

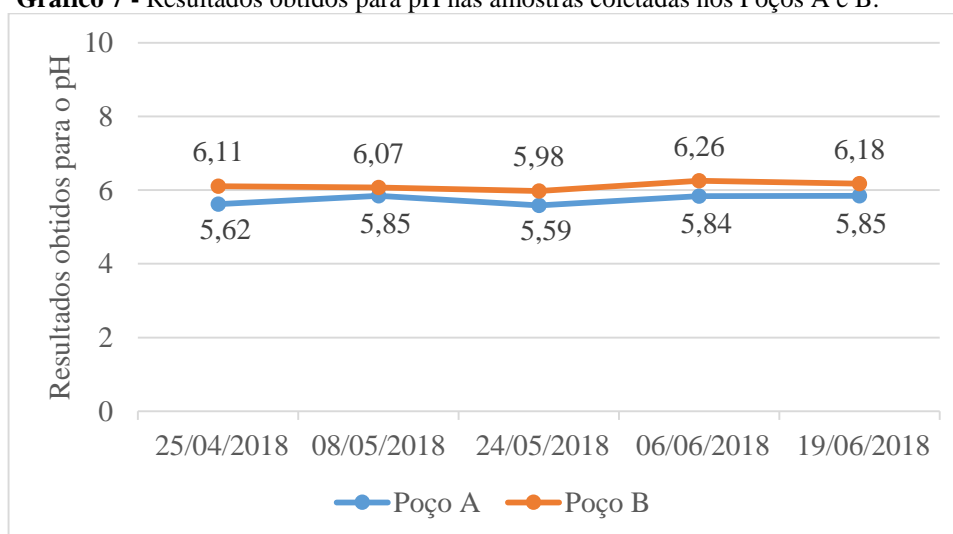
A presença do cloro residual na água é muito importante, pois garante a sua desinfecção, eliminando microrganismos como bactérias, vírus, fungos, algas, etc. Tal processo é realizado por ação antrópica, como a adição de cloro que ocorre numa estação de tratamento de água. Portanto, águas subterrâneas não devem apresentar cloro residual de ocorrência natural (SANTOS, 2017; LENZI; FAVERO; LUCHESE, 2009).

Sendo assim, como sugere a literatura, as amostras analisadas não apresentaram cloro residual, bem como as amostras analisadas por Oliveira (2018) e Gomes (2017).

5.6 pH

De acordo com a Portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde, para que se obedeça ao critério de potabilidade estabelecido, a água deve apresentar pH entre 6,0 à 9,5. Logo, os resultados obtidos para amostras coletadas no Poço B estão dentro do padrão de referência, entretanto, o pH das amostras coletadas no Poço A mostrou-se abaixo do estabelecido em todas as análises realizadas (Gráfico 7).

Gráfico 7 - Resultados obtidos para pH nas amostras coletadas nos Poços A e B.



Fonte: própria.

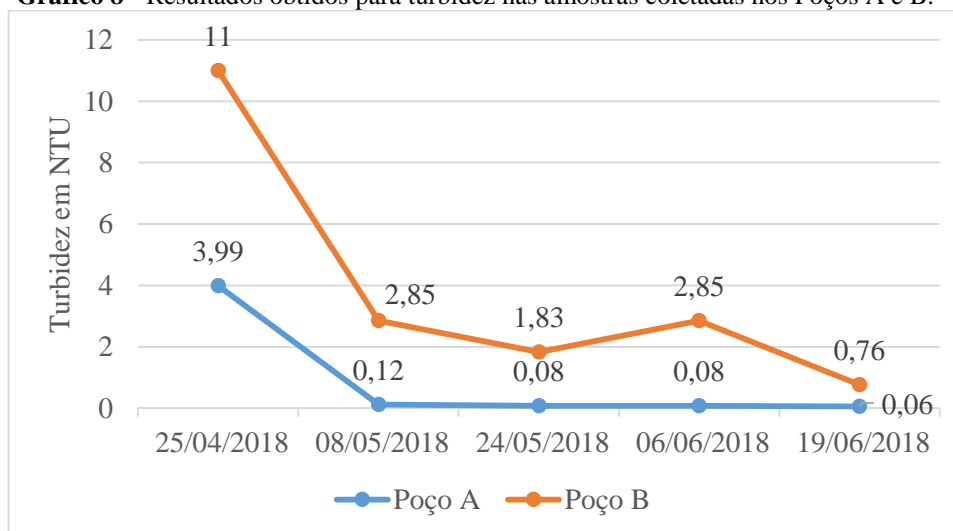
Oliveira (2018) revela que as condições climáticas influenciam nas variações de pH de amostras de água, bem como o tipo de rocha que compõe o solo semiárido do Nordeste que favorecem naturalmente a acidez da água. O autor supracitado revela que águas subterrâneas tendem a se mostrar com pH menor do que o de águas superficiais, uma vez que aprisionam CO₂, um composto que contribui para esta redução. Portanto, é possível que as Amostras do

poço A estejam sofrendo influências dos tipos de rochas que a cercam, desenvolvendo assim, pH ácidos na água.

5.7 Turbidez

No Gráfico 8 estão dispostos os valores encontrados para a turbidez nas amostras analisadas. É possível observar que a primeira coleta foi a que resultou nos maiores valores de turbidez ao longo do período de análises, provavelmente isso tenha ocorrido devido às fortes chuvas ocorrida no dia da coleta. Segundo ANA (2017b), em períodos chuvosos acentua-se o processo de erosão e lixiviação do solo causando um arraste de materiais sólidos pelas águas pluviais até os corpos hídricos. Desta forma, é possível justificar a elevação da turbidez na primeira análise devido às condições climáticas do período.

Gráfico 8 - Resultados obtidos para turbidez nas amostras coletadas nos Poços A e B.



Fonte: própria.

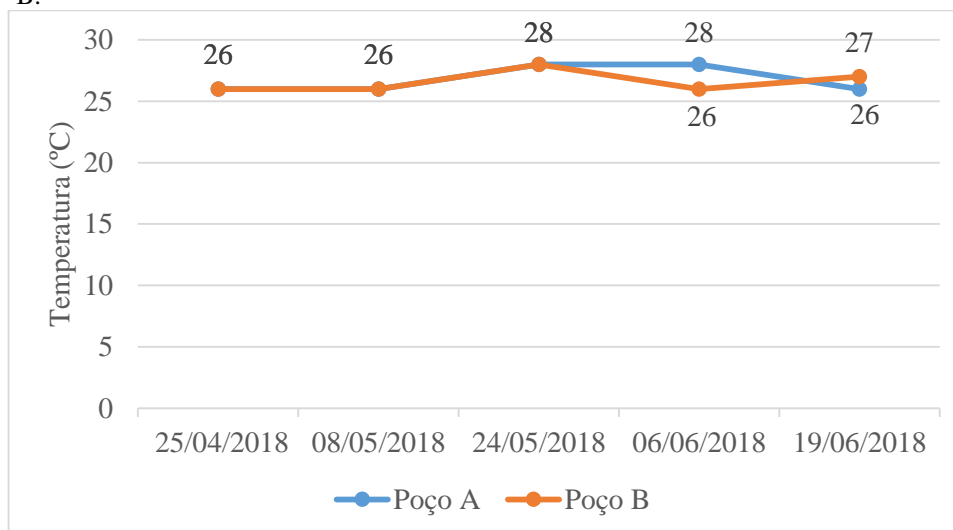
A Portaria nº 2914/2011 estima um VMP para a turbidez de 5,0 NTU para que a água possa ser destinada ao consumo humano. Sendo assim, as amostras estão dentro do valor o máximo estipulado, com exceção da primeira análise do Poço B.

5.8 Temperatura

Os resultados obtidos para a temperatura podem ser visualizados no Gráfico 9. A temperatura durante o período de análise para o Poço A apresentou variações de 26 a 28°C, e o mesmo foi observado para o Poço B. De acordo com Percebon; Bittencourt; Rosa Filho (2005) o aquecimento de corpos hídricos pode advir de atividades naturais como processos geotérmicos e variações sazonais da temperatura ambiente, mas também pode provir de

contaminações por ação antrópica. Fontes hídricas subterrâneas ainda contam com uma disposição de camadas de solo e rochas sobre elas que as impede de estabelecer contato direto com a superfície do ar, e por consequência, ocorre uma menor variação da temperatura da água diária e mensal (MARION; CAPOANE; SILVA, 2007).

Gráfico 9 - Resultados obtidos para temperatura nas amostras coletadas nos Poços A e B.



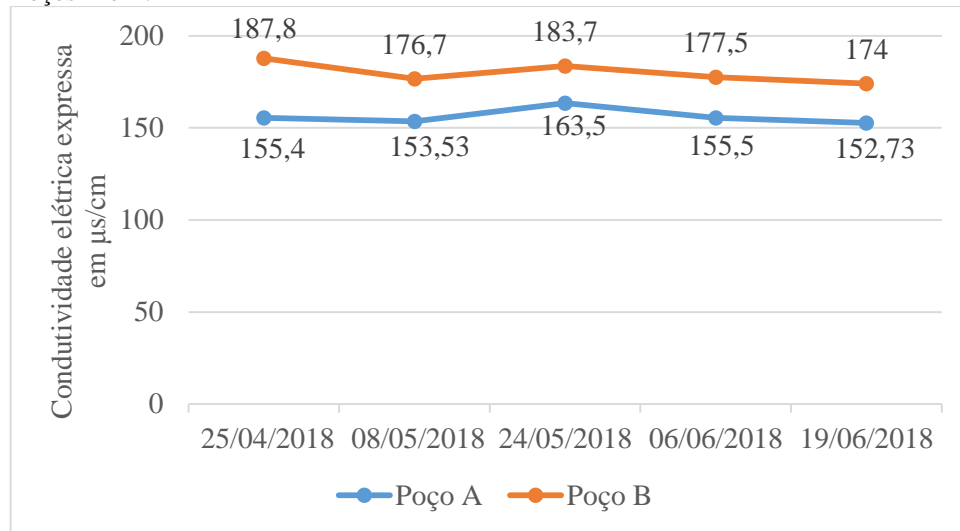
Fonte: própria.

Os documentos de comparação dos parâmetros não determinam um valor máximo permitido para a temperatura. Porém valores similares ao encontrado nesse estudo foram obtidos por Oliveira (2018) ao realizar análises de amostras de água subterrâneas no município de Areia-PB.

5.9 Condutividade elétrica

De acordo Mendes; Chaves; Chaves (2008), a condutividade elétrica é um parâmetro da água que é fortemente influenciado por fatores climatológicos, pelo mal uso de agrotóxicos e fertilizantes e pelo destino inadequado de dejetos animais e humanos. No Gráfico 10 é possível consultar os valores obtidos para a condutividade elétrica nas amostras estudadas.

Gráfico 10 - Resultados obtidos para condutividade elétrica nas amostras coletadas nos Poços A e B.



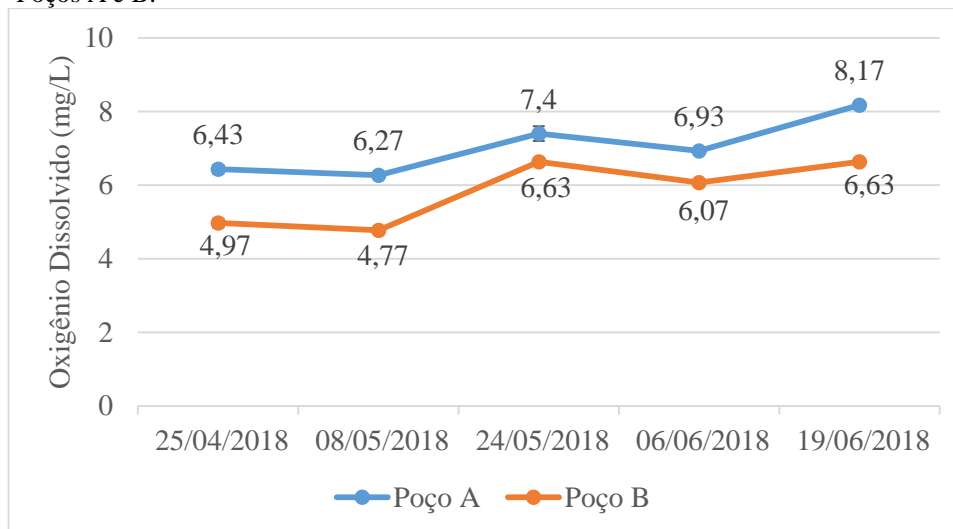
Fonte: própria.

Os resultados obtidos não apresentaram nenhuma variação brusca ao longo do período de análises e foram bem menores que os valores encontrados por Crispim et al. (2017); segundo esse último os valores obtidos (1086 a 1362 $\mu\text{s}/\text{cm}$) podem ser atribuídos a geologia e ao tipo de solo predominante em Pombal-PB, município onde foram coletadas as amostras analisadas.

5.10 Oxigênio dissolvido

Em águas subterrâneas o oxigênio dissolvido (OD) é encontrado em pequenas quantidades, pois durante o caminho percorrido pela água até o lençol freático, o OD é consumido na oxidação da matéria orgânica (FEITOSA et al., 2008). No Gráfico 11 estão expressos os teores de oxigênio dissolvido em mg/L.

Gráfico 11 - Resultados obtidos para oxigênio dissolvido nas amostras coletadas nos Poços A e B.



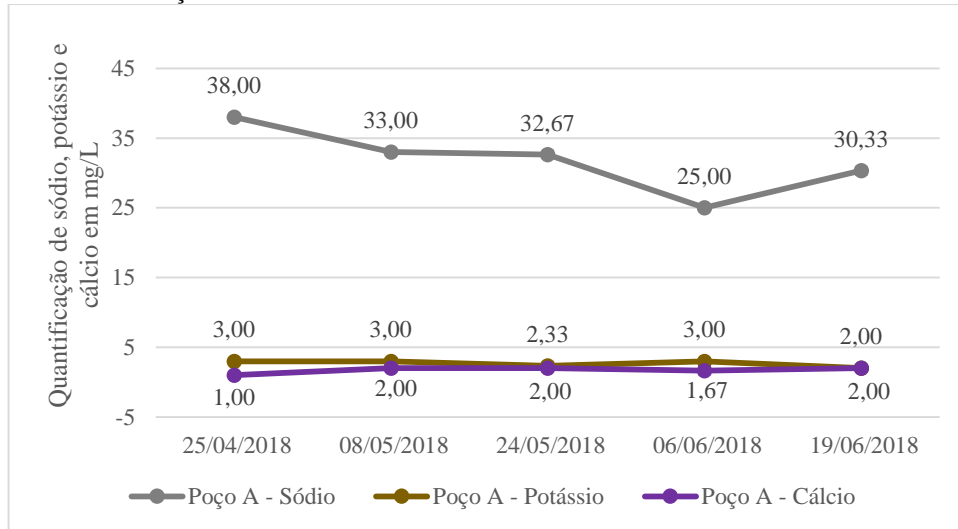
Fonte: própria.

No Gráfico 11 é possível observar que para as amostras coletadas no Poço A os índices obtidos variaram de 6,43 a 8,17 mg/L. Já para as coletadas no Poço B, o teor de oxigênio dissolvido foi entre 4,77 e 6,63 mg/L. A Portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde assim como a Resolução nº 396/2008 não objetam um VMP para este parâmetro. Feitosa et al., (2008) revela que a maioria das águas subterrâneas apresentam concentrações de O₂ entre 0 e 5 mg/L, mas os valores encontrados, em sua maioria, foram superiores a esses.

5.11 Cálcio, sódio e potássio

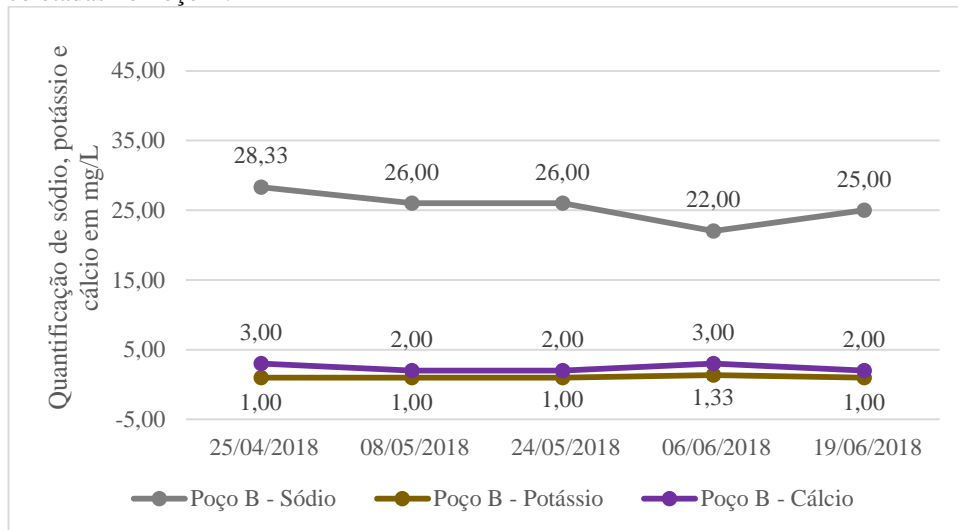
A quantificação de cálcio, sódio e potássio pode ser consultada nos Gráficos 12 e 13, para as amostras coletadas nos Poços A e B, respectivamente. Nesses, é possível inferir que a água analisada no Poço A, apresentou valores médios de 1,73 mg/L de Ca²⁺, de 32 mg/L de Na⁺ e 2,7 de K⁺. Já para o Poço B, têm-se uma média de 2,4 mg/L de Ca²⁺, de 25,50 mg/L de Na⁺ e 1,07 de K⁺.

Gráfico 12 - Resultados obtidos para cálcio, sódio e potássio em mg/L nas amostras coletadas no Poço A.



Fonte: própria.

Gráfico 13 - Resultados obtidos para cálcio, sódio e potássio em mg/L nas amostras coletadas no Poço B.



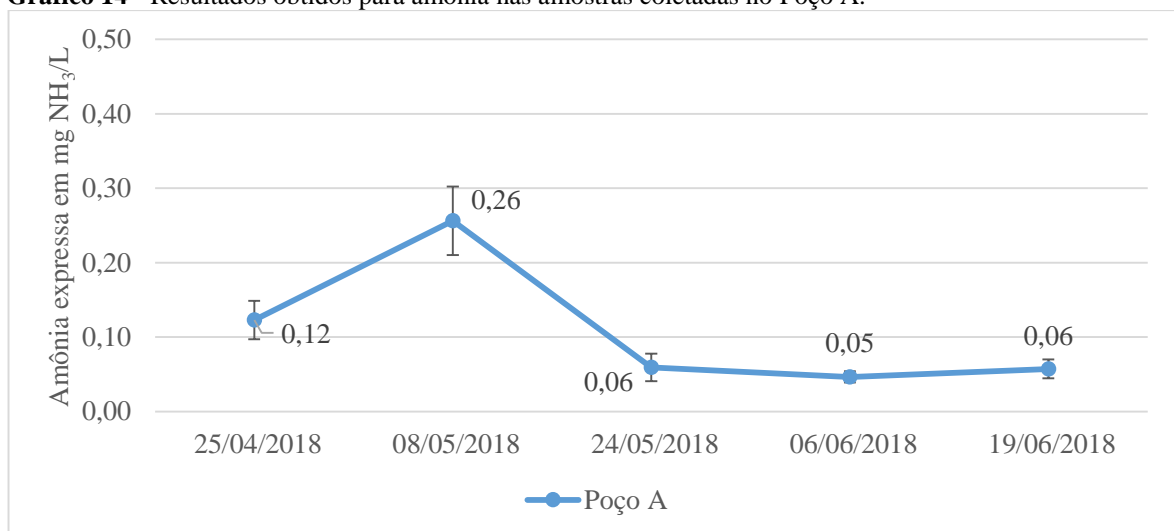
Fonte: própria.

Os documentos de referência objetam apenas o VMP do sódio, 200 mg/L, estando as amostras analisadas em concordância com o determinado. Segundo Feitosa et al. (2008) em águas subterrâneas a concentração de cálcio varia, geralmente, entre 10 e 100 mg/L e o sódio entre 0,1 até 100 mg/L. O potássio ocorre em quantidades ínfimas, inferiores a 10 mg/L ou pode não ser encontrado por participar ativamente do processo de troca iônica, podendo ser facilmente absorvido por minerais de argila. Oliveira (2018) obteve em seus estudos concentrações entre 2 e 3 mg/L de cálcio, entre 44, 3 e 40 mg/L de sódio e 3 a 5 mg/L de potássio, similares aos obtidos no presente estudo.

5.12 Amônia total

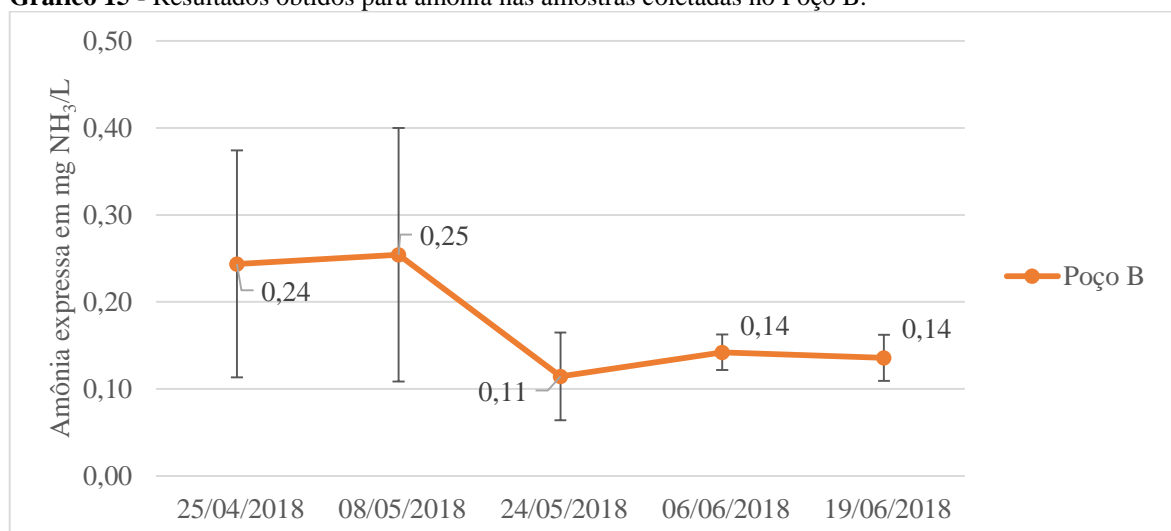
A presença de amônia pode ocorrer naturalmente, mas também pode ser oriunda de contaminação por ações antrópicas como a descarga de esgotos sanitários e industriais (REIS; MENDONÇA, 2009). A equação da reta obtida a partir da curva de calibração foi $y = 0,1573x - 0,004$, com um coeficiente linear igual a 0,9991 e os teores encontrados de amônia estão expressos nos Gráficos 14 e 15, para as amostras coletadas nos Poços A e B, respectivamente.

Gráfico 14 - Resultados obtidos para amônia nas amostras coletadas no Poço A.



Fonte: própria.

Gráfico 15 - Resultados obtidos para amônia nas amostras coletadas no Poço B.



Fonte: própria.

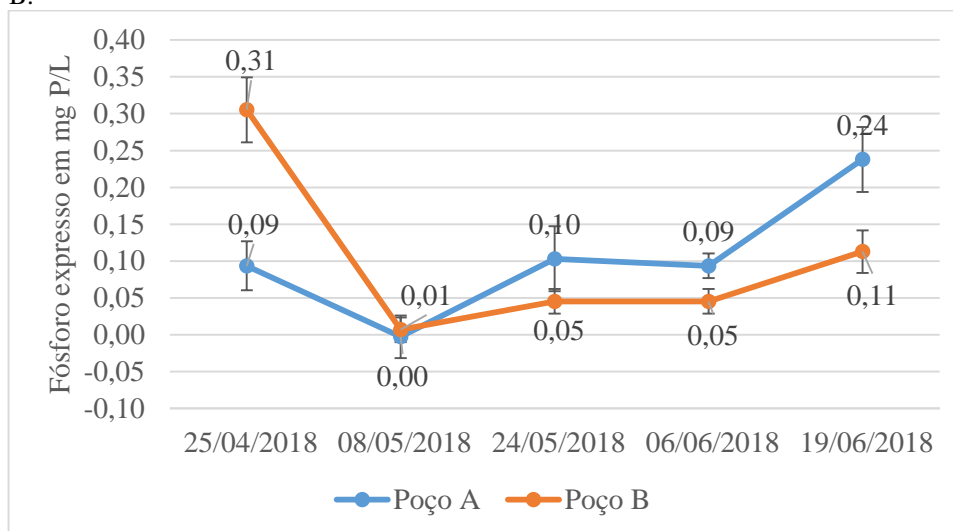
Conforme é possível observar, os teores médio de amônia encontrados para as amostras coletadas no Poço A foi de 0,11 mg NH₃/L e no Poço B foi de 0,18 mg NH₃/L. De

acordo com a Portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde, o VMP é 1,5 mg NH₃/L. Sendo assim, os valores obtidos condizem com o permitido pela legislação.

5.13 Fósforo total

Em águas subterrâneas as fontes de fósforo na água podem ser originadas do descarte de efluentes domésticos e industriais, como as indústrias de fertilizantes (ANA, 2017b). A equação da reta obtida no estudo deste parâmetro foi $y = 0,0346x + 0,0031$ e o valor do R² foi de 0,9998. No Gráfico 16, estão dispostos os resultados encontrados na análise para o teor de fósforo nas amostras.

Gráfico 16 - Resultados obtidos para fósforo total nas amostras coletadas nos Poços A e B.



Fonte: própria.

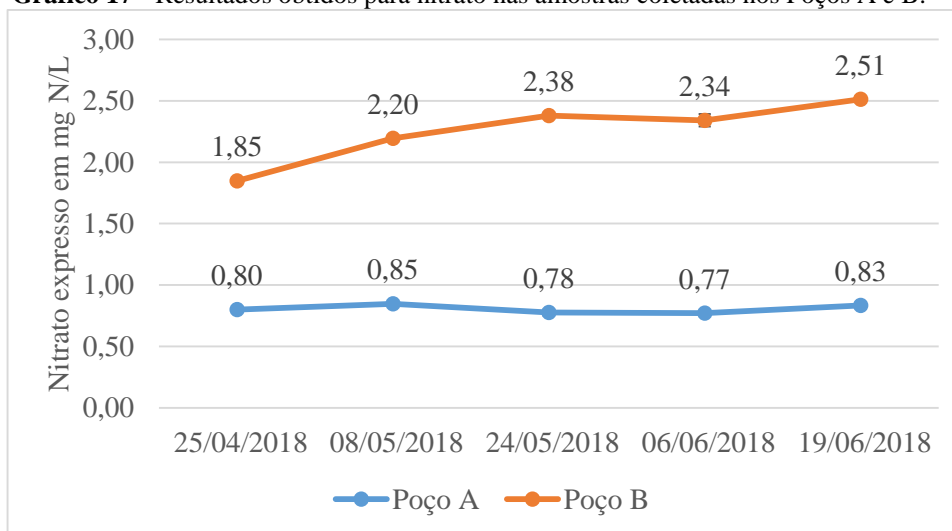
Os documentos de referências não expressam um VMP para este parâmetro, porém, de acordo com Feitosa et al. (2008), a concentração de fósforo em águas naturais é baixa e não excede 1,0 mg/L. Valores acima deste são indicativos de contaminação na água. A partir dos valores obtidos para as amostras coletadas em ambos os Poços, é possível afirmar que as quantidades encontradas de fósforo em mg P/L são muito baixas e provavelmente de ocorrência natural do próprio corpo hídrico.

5.14 Nitrato

A absorvância corrigida (Ac) foi calculada para eliminar as interferências da matéria orgânica na análise e caso esta correção seja maior que 10%, o método não deve ser utilizado

devido a interferência considerável causada no sinal pela presença exacerbada de compostos orgânicos (SOUTO et al., 2006). A equação da reta obtida a partir da curva de calibração para esse parâmetro foi $y = 0,2788x + 0,0043$ e o coeficiente linear foi 0,9994. Através dessa foi possível determinar as concentrações de nitrato presente nas amostras conforme o Gráfico 17. Neste, apenas os dados registrados para as duas primeiras coletas, tanto para as amostras coletadas no Poço A, quanto as do Poço B, não apresentam confiabilidade, uma vez que, o valor da correção (absorbância obtida em 275 nm multiplicado por 2) excedeu os 10% do valor da leitura da absorbância em 220 nm, podendo ser resultado de uma quantidade apreciável de compostos orgânicos que interferiram bruscamente no sinal obtido (SOUTO et al., 2006).

Gráfico 17 - Resultados obtidos para nitrato nas amostras coletadas nos Poços A e B.



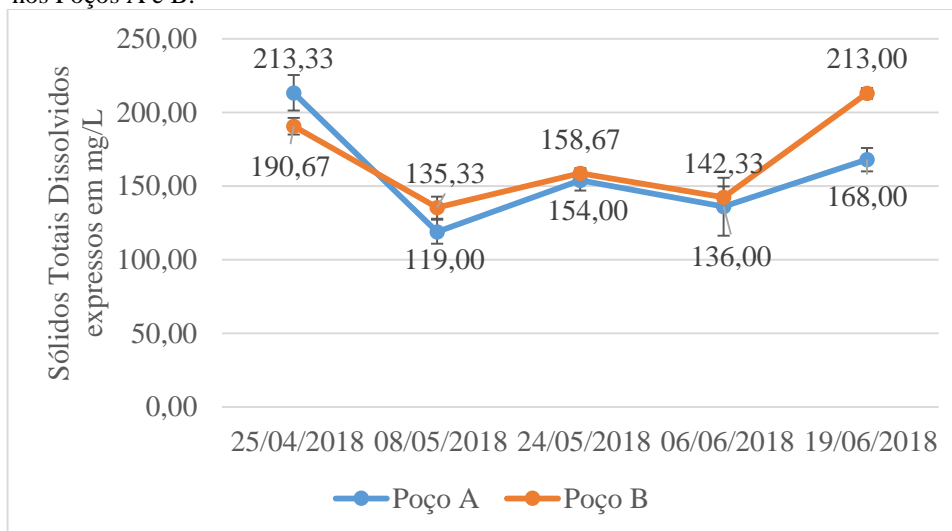
Fonte: própria.

A ocorrência de nitrato em águas subterrâneas é proveniente do último estágio de oxidação da matéria orgânica presente nos corpos hídricos (FEITOSA et al., 2008) e a partir dos valores obtidos, constata-se que as amostras do Poço A, apresentou valores entre 2,38 mg N/L e 2,51 mg N/L, enquanto que os resultados para o Poço B oscilaram entre 0,77 mg N/L e 0,83 mg N/L. Segundo a Portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde, o valor máximo permitido para este parâmetro é de 10 mg N/L, estando as amostras analisadas dentro do estabelecido. Em seus estudos, Santos (2015) encontrou valores entre 1,8 e 5,9 mg N/L na amostra de água subterrânea que analisou.

5.15 Sólidos Totais Dissolvidos

A quantificação dos sólidos totais está expressa no Gráfico 18.

Gráfico 18 - Resultados obtidos para Sólidos Totais Dissolvidos nas amostras coletadas nos Poços A e B.

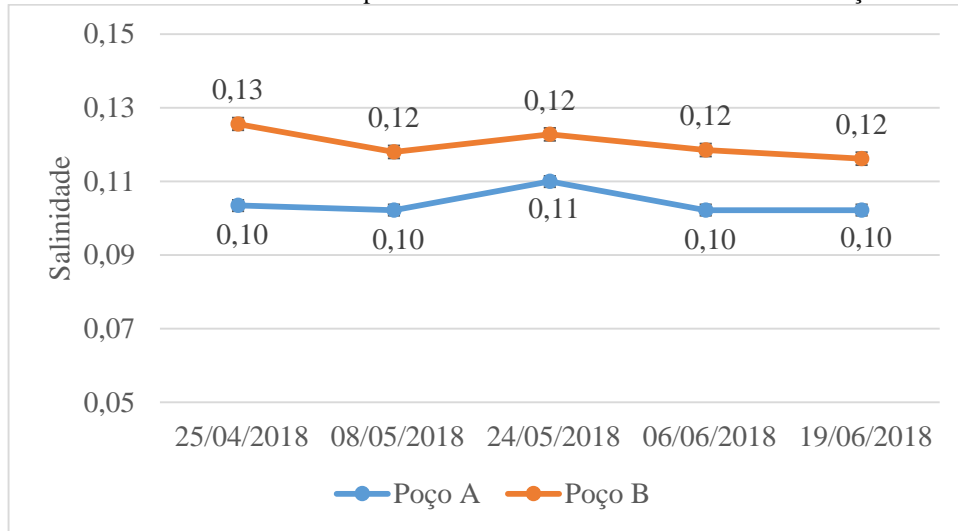


Fonte: própria.

Para as amostras coletadas no Poço A houve variação de STD entre 119,00 mg/L e 213,33 mg/L, enquanto que, para as do Poço B observa-se valores entre 135,33 mg/L e 213,00 mg/L ao longo do período de análise. O teor de sólidos totais obtidos condiz com o valor máximo permitido pela Resolução nº 396/2008 do CONAMA que é de 1000 mg/L. Santos (2015) relata ter obtido teor médio de 55,5 mg/L em suas análises, e Crispim et al (2017) encontrou teores entre 568,1 e 705 mg/L nas amostras que estudou, valores esses, que também estão dentro do permitido pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente.

5.16 Salinidade

As amostras coletadas no Poço A apresentaram salinidade média de 0,10, e as do Poço B de 0,12 conforme pode ser consultado no Gráfico 19.

Gráfico 19 - Resultados obtidos para salinidade nas amostras coletadas nos Poços A e B.

Fonte: própria.

A literatura classifica as águas quanto sua salinidade como sendo assim, águas doces devem apresentar salinidade igual ou inferior a 0,50%; águas salobras são aquelas com salinidade entre 0,5% e 30%; e por fim as águas salinas que contém salinidade igual ou acima de 30%. Baseado no exposto, as amostras analisadas podem ser classificadas como água doce, assim como as que Santos (2015) estudou.

6 CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos é possível afirmar que os parâmetros dureza total, cloretos, sódio, amônia, nitrato e sólidos totais dissolvidos encontram-se dentro do valor máximo permitido pela Portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde e pela Resolução 396/2008 do Conselho Nacional do Meio Ambiente.

O pH das amostras coletadas no Poço B condiz com o valor permitido pela literatura, entretanto o pH encontrado para as do Poço A encontra-se abaixo do valor mínimo permitido e isto pode ser justificado pela acidez do solo onde o aquífero se encontra.

A turbidez das amostras coletadas no Poço A apresentou valores dentro do estimado pela legislação. Já em uma das quantificações da turbidez da Poço B, foram encontrados teores acima do permitido e o fato pode ser justificado de acordo com o período climático de chuvas que atingiam a região no dia da coleta, uma vez que os demais resultados obtidos no período de monitoramento se mostraram dentro do valor máximo permitido.

A partir da verificação da salinidade das amostras é possível inferir que essas podem ser classificadas como água doce, entretanto a ausência de cloro residual delas pode permitir a presença de microrganismos patogênicos como vírus e bactérias.

Baseado nos resultados obtidos para os parâmetros físico-químicos analisados, as amostras coletadas no Poço B encontram-se dentro dos parâmetros de potabilidade estabelecidos, assim como as do Poço A, com exceção do pH desta última que encontra-se abaixo do permitido pelas normas vigentes na legislação.

REFERÊNCIAS

ABAS – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. **Educação:** poços para captação de água. Disponível em: <http://www.abas.org/educacao_pocos.php>. Acesso em 01 jul. 2018.

ABDALLA, K. V. P. et al. Avaliação da dureza e das concentrações de cálcio e magnésio em águas subterrâneas da zona urbana e rural do município de Rosário - MA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 16., 2010. São Luís. **Anais eletrônicos...** São Luís: ABAS, 2010. Disponível em: <<https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/22915/15056>>. Acesso em: 09 fev. 2018.

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Água subterrânea.** 2017a. Disponível em: <<http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/panorama-das-aguas/quantidade-da-agua/agua-subterranea>>. Acesso em: 09 fev. 2018.

_____. **Fatos e tendências.** 2009. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/publicacoes/fatosetendencias/edicao_2.pdf>. Acesso em: 08 fev. 2018.

_____. **Indicadores de qualidade – Índice de Qualidade das Águas (IQA).** 2017b. Disponível em: <<http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>>. Acesso em: 09 fev. 2018.

_____. **Quantidade da água.** 2017c. Disponível em: <<http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/panorama-das-aguas/quantidade-da-agua>>. Acesso em: 08 fev. 2018.

APHA, AWWA, WEF. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.** 20th ed., Washington, D.C: American Public Health Association/ American Water Works Association/ Water Environment Federation, 1998.

ASTM D 1426. **Standard Test Methods for Ammonia Nitrogen in Water.** 2008.

BACCAN, N. et al. **Química Analítica Quantitativa.** São Paulo: Edgard Blücher; Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 1979.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Orientações técnicas para coleta, acondicionamento e transporte de amostras de água para consumo humano.** Brasília, DF, 2013.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005.** Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 01 jul. 2018.

_____. **Resolução nº 396, de 03 de abril de 2008.** Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=562>>. Acesso em: 08 fev. 2018.

CRISPIM, D. L. et al. Análise físico-química das águas de três poços amazonas no centro da cidade de Pombal-PB. **Geografia, Ensino & Pesquisa**, Santa Maria, v. 21, n. 2, p. 155-163, 2017.

FEITOSA, F. A. C. et al. **Hidrogeologia: conceitos e aplicações**. 3. ed. Rio de Janeiro: CPRM: LABHID, 2008.

FREITAS, V. P. Sistema jurídico brasileiro de controle da poluição das águas subterrâneas. **Direito e Democracia**, São Paulo, v. 2, n. 2, p. 257-273, 2001.

FUNASA - Fundação Nacional de Saúde. **Manual Prático de Análise de Água**. 4. ed. rev. Brasília, p.150, 2013.

GOMES, F. D. C. **Avaliação das características físico-químicas de água de poço e de cisterna**. 2017. 26 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química Industrial) – Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande-PB, 2017.

LABMAKELAAR BENELUX B. V. **Thermo Spectronic GENESYS 10 UV Spectrophotometer**. Disponível em: <<https://www.labmakelaar.com/eng/detail/spectrophotometers/9017-thermo-spectronic-genesys-10-uv-spectrophotometer/9017>>. Acesso em: 05 jul. 2018.

LENZI, E.; FAVERO, L. O. B. **Introdução à Química da atmosfera: ciência, vida e sobrevivência**. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

LENZI, E.; FAVERO, L. O. B.; LUCHESE, E. B. **Introdução à Química da água: ciência, vida e sobrevivência**. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

MARION, F. A.; CAPOANE, V.; SILVA, J. L. S. Avaliação da qualidade da água subterrânea em poço no campus da UFSM, Santa Maria – RS. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 29, n. 1, p. 97-109, 2007.

MARTINS, J. M. F. **Análise da qualidade físico-química de água de poço artesiano**. 2017. 31 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) – Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande-PB, 2017.

MEDEIROS FILHO, C. F. **Abastecimento de Água**, Universidade Federal de Campina Grande – UFCG. Campina Grande – PB, 2009. Disponível em: <<http://www.dec.ufcg.edu.br/saneamento/Abastece.pdf>>. Acesso em: 09 fev. 2018.

MELO, J. A. B.; PEREIRA, R. A.; DANTAS NETO, J. Atuação do estado brasileiro no combate à seca no Nordeste e ampliação das vulnerabilidades locais. **Qualit@s Revista Eletrônica**, Campina Grande, v. 8, n. 2, p. 13, 2009.

MELO, J. A. T.; MARQUES, G. O. P. O direito à água e sua violação pelas políticas públicas de desenvolvimento no Ceará: escassez e injustiça hídrica. Os casos da mina de urânio de Itaitaia e das indústrias sedentas do Pecém. **REDE – Revista Eletrônica do PRODEMA**, Fortaleza, Brasil, v. 8, n. 2, p. 64-76, 2014.

MENDES, J. S.; CHAVES, L. H. G.; CHAVES, I. B. Qualidade de água para consumo humano em comunidades rurais do município de Congo, PB. **Rev. Ciên. Agron.**, Fortaleza, v. 39, n. 02, p. 333-342, abr./jun., 2008.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Portaria nº 2914, de 12 de dezembro de 2011**. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html>. Acesso em: 08 fev. 2018.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Consumo sustentável: manual de educação**. Brasília: Consumers International/MMA/ MEC/IDEC, 2005. 160p. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/dmdocuments/publicacao8.pdf>>. Acesso em: 01 fev. 2018.

MONTEIRO, I. Nobre e indispensável. **Rev. Água e Meio Ambiente**. Ano 4, n. 27, mai./jun., 2012. Disponível em: <<http://www.abas.org/imagens/revista27.pdf>>. Acesso em 01 jul. 2018.

OLIVEIRA, V. S. **Qualidade de água de poços tubulares utilizada no cultivo de hortaliças**. 2018. 36 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal da Paraíba, Areia-PB, 2018.

PARRON, L. M.; MUNIZ, D. H. F.; PEREIRA, C. M. **Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água**. Colombo: Embrapa Florestas, 2011. 68 p. Disponível em: <<https://core.ac.uk/download/pdf/15440973.pdf>>. Acesso em: 08 fev. 2018.

PERCEBON, C. M.; BITTENCOURT, A. V. L.; ROSA FILHO, E. F. DIAGNÓSTICO DA TEMPERATURA DAS ÁGUAS DOS PRINCIPAIS RIOS DE BLUMENAU, SC. **Boletim Paranaense de Geociências**, Curitiba, n. 56, p. 7-19, 2005.

PEREIRA, L. et al. A salinidade das águas superficiais e subterrâneas na Bacia da Gameleira, município de AIUABA/CE. **Águas Subterrâneas**, São Paulo, v. 20, n. 2, p. 9-18, 2006.

PIRATOBA, A. R. A. et al. Caracterização de parâmetros de qualidade da água na área portuária de Barcarena, PA, Brasil. **Rev. Ambient. Água**, Taubaté, v. 12, n. 3. Taubaté – mai./jun. 2017.

POLETO, C. **Gestão de recursos hídricos**. Porto Alegre: Escola Técnica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2008, p. 40. Disponível em: <http://200.17.32.215/bitstream/handle/123456789/721/Gestao%20de%20Recursos%20Hidricos_PB.pdf?sequence=4&isAllowed=y>. Acesso em: 08 fev. 2018.

REBOUÇAS, A. **Uso inteligente da água**. São Paulo: Escrituras Editora. 2004.

REIS, J. A. T.; MENDONÇA, A. S. F. Análise técnica dos novos padrões brasileiros para amônia em efluentes e corpos d'água. **Eng. Sanit. Ambient.**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 3, p. 353-362, jul./set., 2009.

RODRIGUES, A. B. **Avaliação de risco da qualidade da água de abastecimento de um hospital público regional de urgência e emergência**. 104 f. 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba.

SANTOS, J. F. **Análise físico-química e bacteriológica da água do poço valdemiro Francisco Mota, do município Brejo do Cruz – Paraíba**. 2015. 59 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química Industrial) – Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande-PB, 2015.

SANTOS, W. B. **Modelagem da degradação de cloro residual livre na rede de distribuição de água da cidade de Campina Grande–PB**. 2017. 74 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande-PB, 2017.

SILVA, S. P. **Avaliação dos parâmetros sentinelas de qualidade da água de abastecimento das escolas municipais de Cabedelo/PB**. 2013. 35 f. Monografia (Técnico em Meio Ambiente). 2013. 35 f. Cabedelo, 2013.

SKOOG, D. A. et al. **Fundamentos de Química Analítica**. 8. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2010.

SOUTO, M. A. M. et al. A determinação de nitrato em águas por espectrofotometria UV: usos e precauções. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 65, n. 1, p. 66-69, 2006.

SOUZA, J. R. et al. A importância da qualidade da água e os seus múltiplos usos: caso rio Almada, sul da Bahia, Brasil. **REDE – Revista Eletrônica do PRODEMA**, Fortaleza, v. 8, n. 1, p. 26-45, 2014.

UNICEF – Fundo das Nações Unidas para a Infância. **Água, higiene & saneamento**. Disponível em: <<http://www.unicef.pt/Relatorio-Agua-Saneamento-Progressos-2017/>>. Acesso em: 08 fev. 2018.

UNICEF - Fundo das Nações Unidas para a Infância; Comissão da Infância e da Adolescência da Assembleia Legislativa do Estado do Ceará - Associação dos Municípios do Estado do Ceará – APRECE. **Os efeitos da seca na vida das crianças e adolescentes do Ceará e propostas de solução**. Fortaleza, 2014. Disponível em: https://www.unicef.org/brazil/pt/os_efeitos_da_seca.pdf. Acesso em: 08 fev. 2018.