



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO SEMIÁRIDO  
UNIDADE ACADÊMICA DE TECNOLOGIA DO DESENVOLVIMENTO  
CURSO DE ENGENHARIA DE BIOSISTEMAS**

**EUCLIDES MIRANDA SILVA**

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE ÁGUA ATRAVÉS DE  
PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA BRUTA E PÓS-  
TRATAMENTO DO AÇUDE SUMÉ.**

**SUMÉ - PB  
2017**

**EUCLIDES MIRANDA SILVA**

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE ÁGUA ATRAVÉS DE  
PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA BRUTA E PÓS-  
TRATAMENTO DO AÇUDE SUMÉ.**

**Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Biosistemas do Centro e Desenvolvimento Sustentável do Semiárido da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Biosistemas.**

**Orientadora: Professora Dra. Ilza Maria do Nascimento Brasileiro**

**SUMÉ - PB  
2017**

S586aSilva, Euclides Miranda.

Avaliação da qualidade da água através de parâmetros físico química da água bruta e pós tratamento do açude de Sumé. / Euclides Miranda Silva. Sumé - PB: [s.n], 2017.

49 f.

Orientadora: Professora Dra. Ilza Maria do Nascimento Brasileiro.

Monografia - Universidade Federal de Campina Grande; Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido; Curso de Engenharia de Biosistemas..

1. Qualidade da água. 2. Portabilidade da água. 3. Águas superficiais. 4. Avaliação físico química da água I. Título.

CDU: 556.18(043.1)

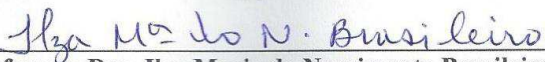
**EUCLIDES MIRANDA SILVA**


**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE ÁGUA ATRAVÉS DE  
PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA BRUTA E PÓS-  
TRATAMENTO DO AÇUDE SUMÉ.**


**Monografia apresentada ao Curso de  
Engenharia de Biosistemas do Centro de  
Desenvolvimento Sustentável do  
Semiárido da Universidade Federal de  
Campina Grande, como requisito parcial  
para obtenção do título de Bacharel em  
Engenharia de Biosistemas.**

**BANCA EXAMINADORA:**

**BANCA EXAMINADORA:**

  
\_\_\_\_\_  
Professora Dra. Ilza Maria do Nascimento Brasileiro  
Orientadora –UATEC/CDSA/UFCG

  
\_\_\_\_\_  
Professor Dr. Paulo da Costa Medeiros  
Examinador I – UATEC/CDSA/UFCG

  
\_\_\_\_\_  
Bacharela em Engenharia de Biosistemas Karlla Karem da Silva  
Examinador II

**Trabalho aprovado em: 03 de maio de 2017.**

**SUMÉ - PB**

*Aos meus pais Severino José e Afra Maria, por serem minha maior fonte de inspiração, e exemplos de ser humano. Aos meus avós Nominando Miranda e Maria do Socorro por todo amor incondicional.*

## AGRADECIMENTOS

Em especial aos meus amados pais por serem meu porto seguro, meus reais amigos inexoráveis, propulsores de toda minha felicidade.

A minha bisavó materna Antônia, aos meus avós maternos Nominando e Socorro e minha avó paterna Maria José por todo carinho, amor e afeto a mim dedicado.

A minha irmã Silvaneide, por todo apoio, compreensão e positividade.

A minhas tias Maria José, Auxiliadora e Fátima que estão sempre a me auxiliar.

Aos meus primos e primas e toda a família que vieram a me ajudar de alguma forma.

A minha prezada orientadora Ilza, pelas oportunidades, pela paciência e pelos ensinamentos compartilhados, com todo seu profissionalismo e competência.

Aos professores, técnicos e funcionários do CDSA-UFCG, que contribuíram direta ou indiretamente por minha capacitação.

Aos meus amigos e colegas, Maria Rita, Silvia, Carolina, Karla, Thiago, Arthur, Felipe, Ivonielson, Phamela, Lívia, Mariana e Izabele por toda ajuda durante o curso e vivências inesquecíveis nessa longa fase.

Em nome de Rita Maria, estendo meus agradecimentos a toda família Cassimiro pela acolhida e carinho.

Aos colegas Mayk e Maria José pela ajuda com as análises laboratoriais.

A banca avaliadora pelas contribuições relevantes e fundamentais.

A todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para a elaboração deste trabalho.

*Muito obrigado!*

## RESUMO

O presente estudo teve por finalidade avaliar por meio de parâmetros físico-químicos a qualidade da água bruta do açude de Sumé, localizado no cariri ocidental da Paraíba (7° 40' 18" Sul, 36° 52' 54" Oeste), e da água tratada que é distribuída a população sumeense. As amostras foram coletadas diretamente no açude (P1 - ponto 1) e em dois pontos finais da rede de distribuição, um com água parada, reservatório próprio (P2 - ponto 2) e outro com água sem reservatório, direto do sistema (P3- ponto 3). Objetivou-se também, a verificação da adequação dos parâmetros analisados diante da padronização requerida pela legislação vigente, utilizando-se a Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde (MS) e Resolução 357/2005 do Conselho Nacional do Meio-Ambiente (CONAMA). As análises foram realizadas no Laboratório de Qualidade de Água do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido –UFCG. Os parâmetros analisados consistiram em: pH, turbidez, condutividade elétrica (CE), sólidos totais dissolvidos (STD). Obtidos através do método eletrométrico; alcalinidade, cloretos, dureza (total, cálcio e magnésio), por métodos titulométricos e ferro total, nitrogênio (nitrito, nitro e amoniacal) seguindo o método espectofotométrico. A partir da análise dos resultados, concluiu-se que as amostras de água dos pontos estudados não estão em conformidade com os padrões de potabilidade segundo a Portaria 2914/11 do MS e a Resolução 357/05 do CONAMA. Para os valores de pH e nitrito, os resultados obedeceram ao VMP em 100%, de acordo com a Portaria 2914/11 do MS e Resolução CONAMA nº 357/2005. Os valores alterados dos parâmetros: turbidez, CE, STD, cloreto, dureza, alcalinidade, ferro, nitrogênio (nitrito e amoniacal); revelam que há uma grande quantidade de sólidos dissolvidos, acima dos padrões de potabilidade. Esses resultados podem ser decorrentes tanto pelo antropismo como pelo baixo nível de água que se encontra o reservatório, como consequência da escassez de precipitações. Por fim, vale ratificar que, um monitoramento com análises mais criteriosas e aprofundadas, sejam feitas levando-se em consideração mais parâmetros físicos, químicos e microbiológicos não abordado nessa pesquisa, mas que são de fundamental importância para atestar a qualidade de potabilidade da água.

**Palavras – chave:** abastecimento, potabilidade, águas superficiais.

## ABSTRACT

The purpose of the present study was to evaluate the Sumé's raw water quality from the reservoir located in the Western Cariri of Paraíba, besides doing the analysis of the treated water which is distributed to the population of Sumé. These samples were collected directly in the reservoir (P1 - point 1) and also at the two final points in the distribution network, the first one with standing water and it is own reservoir (P2 - point 2) and the second one with water without reservoir, directly on the system (P3 - point 3). It was also intended, in this study, to verify the suitability of the analyzed parameters before the standardization required by the current legislation, using the Administrative Rule 2914/2011 of the Ministry of Health and the Resolution 357/2005 of the NATIONAL ENVIRONMENTAL COUNCIL (CONAMA) . The analyzed parameters consisted of: pH, turbidity, electrical conductivity (EC), total dissolved solids (TDS), obtained by the electrometric method; Alkalinity, chlorides, hardness (total, calcium and magnesium), by titrations methods and total iron, nitrogen (nitrate, nitrite and ammonia) following the spectrophotometric method. From the analysis of the results, it was concluded that the water samples of the studied points do not comply with the standards of potability, according to Administrative Rule 2914/11 of the MS and Resolution 357/05 of CONAMA. For the values of pH and nitrate, the results displayed 100% accurated to the VMP, according to Ordinance 2914/11 of the MS and Resolution CONAMA n° 357/2005. The altered parameter values: turbidity, EC, TDS, chloride, hardness, alkalinity, iron, nitrogen (nitrite and ammoniacal); Revealed that there is a large amount of dissolved solids, above potability standards. These results may be caused by both the anthropism and the low water level of the reservoir, as a consequence of the scarcity of precipitation. Finally, it is worth ratifying that a careful and crytical analyzes monitoring should be done considering physical, chemical and microbiological parameters which, although they were not demanded in this research, they are of fundamental importance to attest the quality of water potability.

**Key – word:**Supply, potability, surface water



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Localização do município de Sumé-PB.....	28
Figura 2- Localização dos pontos amostrais.....	31
Gráfico 3- Variação das concentrações de alcalinidade nos pontos amostrais.....	39
Gráfico 4 - Variação da dureza total nos pontos de amostragem .....	41
Gráfico 5 -Variações na concentração de cloreto nos pontos amostrais. ....	42
Gráfico 6- Variações na concentração de ferro nos pontos amostrais.....	43
Gráfico 7- Variação de concentração de Nitrato nos pontos amostrais.....	44
Gráfico 8- Variação de concentração de nitrito nos pontos amostrais. ....	45

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Padrões de potabilidade de água, de acordo com a Portaria nº 2914 do Ministério da Saúde. ....	21
Tabela 2- Datas das coletas realizadas e volume do açude registrados pela AESA.....	29
Tabela 3- Variação de pH e respectivas temperaturas nos pontos amostrais. ....	35
Tabela 4 - Variação de turbidez nos pontos amostrais. ....	36
Tabela 5- Variação de CE e respectivas temperaturas. ....	37
Tabela 6- Variação de STD e suas respectivas temperaturas. ....	38
Tabela 7- Variação das concentrações de carbonato e bicarbonato em mg/L.....	38
Tabela 8- Concentrações de cálcio, magnésio e dureza total em mg/L nos pontos amostrais. ....	40
Tabela 9 - Variação de concentração de nitrogênio amoniacal (mg N-NH <sub>3</sub> /L).....	46

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CAGEPA	Companhia de Água e Esgotos da Paraíba
CE	Condutividade Elétrica
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
EDTA	Ácido etilenodiamino tetra-acético
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MS	Ministério da Saúde
N	Normalidade
Nº	Número
p.	Página
PERH	Política Estadual de Recursos Hídricos
PNRH	Política Nacional de Recursos Hídricos
PB	Paraíba
ppm	Partícula por milhão
S.I.	Sistema Internacional de Unidades
STD	Sólidos Totais Dissolvidos
VMP	Valor máximo permitido

## LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcentagem
$\mu\text{S/cm}$	Microsiemens por centímetro
$^{\circ}\text{C}$	Grau Celsius
$\text{Ca}^{2+}$	Cálcio
$\text{CO}_3^{3-}$	Carbonatos
$\text{CaCO}_3$	Carbonato de cálcio
$\text{Fe}^{+2}$	Ferro em forma dissolvida
$\text{HCO}_3^{-}$	Bicarbonatos
$\text{Km}^2$	Quilômetro quadrado
$\text{m}^3$	Metro Cubico
$\text{Mg}^{2+}$	Magnésio
mL	Mililitro
mg/L	Miligrama por litro
N	Normalidade
$\text{NO}_3$	Nitrato
N- $\text{NO}_2$	Nitrito
O	Oxigênio
$\text{OH}^{-}$	Hidróxidos
pH	Potencial hidrogeniônico
S/m	Siemens por metro
uT	Unidade de Turbidez
$\text{Fe}^{+3}$	Ferro em forma insolúvel
N	Normalidade
$\text{Cl}^{-}$	Cloreto

## SUMÁRIO

<b>1INTRODUÇÃO</b> .....	15
<b>2OBJETIVOS</b> .....	17
2.1 GERAL.....	17
2.2 ESPECÍFICO.....	17
<b>3REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	18
3.1 ÁGUA NATURAL .....	18
3.2 MANANCIAS SUPERFICIAIS .....	19
3.3 DEGRADAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS.....	20
3.4 ÁGUA PARA ABASTECIMENTO .....	21
3.5 QUALIDADE DE ÁGUA.....	22
3.6 PARÂMETROS DE QUALIDADE DE ÁGUA .....	23
3.6.1 pH .....	23
3.6.2 Turbidez.....	23
3.6.3 Temperatura.....	24
3.6.4 Condutividade elétrica (CE) .....	24
3.6.5 Sólidos totais dissolvidos (STD) .....	24
3.6.6 Alcalinidade.....	25
3.6.7 Cloretos.....	25
3.6.8 Ferro total .....	25
3.6.9 Nitrogênio.....	26
3.6.10Dureza total.....	26
<b>4MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	28
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	28
4.2 COLETA DE DADOS .....	29
4.3 MÉTODOS DE ANÁLISE DE ÁGUA .....	32
<b>5RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	34
5.1pH .....	35
5.2TURBIDEZ .....	36
5.3CONDUTIVIDADE ELÉTRICA (CE).....	37
5.4 SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS (STD).....	37

5.5 ALCALINIDADE (CARBONATOS, BICARBONATOS E HIDRÓXIDOS).....	38
5.6 DUREZA.....	39
5.7 CLORETOS .....	41
5.8 FERRO .....	43
5.9 NITROGÊNIO (NA FORMA DE NITRATO E NITRITO).....	44
5.10 NITROGÊNIO AMONÍACAL .....	45
<b>6 CONCLUSÃO.....</b>	<b>47</b>
<b>REFERÊNCIA.....</b>	<b>48</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A água é recurso renovável essencial à vida no planeta Terra; seu ciclo tem continuado por séculos e milênios, sustentando a biodiversidade e mantendo em funcionamento ciclos nos ecossistemas, comunidades e populações (BRAGA, 2002; TUNDISI, 2014).

O território brasileiro contém cerca de 12% da disponibilidade mundial dos recursos hídricos, que corresponde a aproximadamente de 179 mil m<sup>3</sup>/s (5.660 km<sup>3</sup>/ano (MMA, 2006).

Alguns anos atrás, as primeiras preocupações com os recursos hídricos estavam ligadas ao aspecto quantitativo. Essa ideia sofreu mudanças ao longo do tempo, passando a valer modelos de gestão fundamentados também no aspecto qualitativo.

No Brasil, em 1997, criou-se a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), instituído pela Lei nº 9.433 que estabeleceu fundamentos, objetivos, diretrizes, instrumentos e planos, visando assegurar, às gerações atuais e futuras, qualidade e disponibilidade de água (BRASIL, 1997).

Analogamente, o estado da Paraíba, instituiu a Política Estadual dos Recursos Hídricos (PERH), através da Lei nº 6.308 de julho de 1996, que visa assegurar o uso integrado e racional desses recursos, para a promoção do desenvolvimento e do bem-estar da população no âmbito estadual, baseada nos princípios, diretrizes e dá outras providências (PARAÍBA, 1996).

Encontra-se no artigo 5º os seis instrumentos da PNRH, que consistem em: Planos de Recursos Hídricos; o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água; a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos; a cobrança pelo uso de recursos hídricos; a compensação a municípios e o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos (BRASIL, 1997).

Ratifica-se na síntese executiva do PNRH (Plano Nacional dos Recursos Hídricos), que as menores disponibilidades hídricas superficiais ocorrem nas regiões hidrográficas do Parnaíba, do Atlântico Nordeste Oriental e do Atlântico Leste. E ainda que, as bacias hidrográficas localizadas sobre formações sedimentares, com maior área de drenagem e/ou com regularidade das chuvas, apresentam vazões de estiagem entre 20% a 30% da vazão média, podendo alcançar 70%. As bacias localizadas em terrenos cristalinos, com regime de chuva irregular (características predominantes da Região Nordeste), possuem vazões de estiagem muito baixas, geralmente inferiores a 10% da vazão média (MMA, 2006).

Contudo, apesar de renovável a água tem sido gradativamente reconhecida mundialmente como um recurso escasso, devido as suas limitações quantitativas e/ou qualitativas, sejam de origem natural ou antrópica.

Nesse sentido, Melo (2005), destaca que a escassez quantitativa da água constitui fator limitante ao desenvolvimento sócio econômico de uma região e, não menos importante, a escassez qualitativa gera problemas sérios à saúde pública, ao ambiente em geral e à economia.

Corroborado por Farias (2006), na qual ressalta que o padrão de qualidade de vida de uma população está diretamente relacionado à disponibilidade e à qualidade de sua água, sendo esta, o recurso natural mais crítico e mais susceptível a impor limites ao desenvolvimento, em muitas partes do mundo.

Não obstante da problemática supracitada, o município de Sumé, localizado no cariri ocidental da Paraíba, tem como principal fonte de abastecimento o seu açude público, o qual devido ao regime de escassez prolongada nos últimos anos, vem gradativamente comprometendo o acesso a água pela população, a qual já vem convivendo com racionamento, à beira de um colapso.

Em estudo recente para este município, Silva et al. (2016), aponta que a problemática se agrava devido à falta de gestão dos recursos hídricos da bacia hidrográfica municipal, enfrentando problemas ambientais, sociais e econômicos. Dentre eles, destacam-se: a necessidade da cidade ser abastecida por outros corpos hídricos situados a maiores distâncias; a redução do perímetro irrigado nas proximidades do açude; e a construção de pequenas barragens à montante do açude principal, provocando a redução de afluentes que deságuam no corpo hídrico principal.

Nesse contexto, o presente estudo teve por finalidade avaliar alguns parâmetros físico-químicos da água bruta do açude de Sumé e da água tratada que é distribuída a população sumeense. Tais amostras foram coletadas diretamente no açude e em dois pontos finais da rede de distribuição. Objetivou-se também, a verificação da adequação dos parâmetros analisados diante da padronização requerida pela legislação vigente, utilizando-se da Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde (MS) e Resolução 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA).



## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. GERAL**

Avaliar a qualidade da água bruta e de abastecimento após tratamento, do açude de Sumé-PB por meio de análises físico-químicas.

### **2.2 ESPECÍFICO**

- Georreferenciar os pontos de coletas
- Realizar coletas de amostras de água mensalmente durante três meses.
- Proceder análises dos parâmetros físico-químicos.
- Confrontar os resultados obtidos das análises com as legislações vigentes, os padrões de potabilidade da Portaria N° 2.914/2011 do MS, e a resolução 357/5005 do CONAMA.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 ÁGUA NATURAL

A água é um recurso natural essencial, que está presente em toda biosfera, que garante a manutenção da vida nos ecossistemas. Entretanto, apresenta-se qualitativamente e quantitativamente diferente em sua distribuição pela terra, pois interage com os outros recursos abióticos e bióticos em seus distintos biosistemas, influenciando em suas características gerais.

Tundisi (2003) afirma, que o nosso planeta é o único do sistema solar que possui água nos três estados naturais (sólido, líquido e gasoso), e suas intrínsecas mudanças de estado físico da água no ciclo hidrológico são fundamentais e influenciam os processos biogeoquímicos nos ecossistemas terrestres e aquáticos.

Constitui-se também no solvente universal da maioria das substâncias, modificando-as e modificando-se em função destas. Diversas características das águas naturais advêm desta capacidade de dissolução, diferenciando-as pelas características do solo da bacia hidrográfica. Atua como meio de transporte, em escoamento superficial e subterrâneo, permitindo que as características de um mesmo curso d'água alterem-se temporal e espacialmente (LIBÂNIO, 2008).

Corroborando com assertiva, Braga (2002), ressalta que a disponibilidade da água na forma líquida é um dos fatores mais importantes a moldar os ecossistemas, constituindo um recurso natural por meio do ciclo hidrológico, e a qualidade da mesma depende da sua capacidade de diluir e transportar substâncias benéficas e maléficas à vida.

A água é um recurso natural renovável finito, fundamental e essencial a vida, sendo, por esta razão, intensamente utilizada. Pode propiciar saúde, conforto e riqueza ao homem, por meio de incontáveis usos, destacando-se o abastecimento das populações, irrigação, produção de energia, o uso industrial, a navegação, pesca e lazer (LIBÂNIO, 2008; MELO, 2005).

Segundo Miller (2002), a água cobre aproximadamente 71% da superfície terrestre. Assim pode ser considerada escassa, posto que a água doce, presente em rios, lagos, e mananciais subterrâneos, é essencial a grande parte das atividades humanas. Correspondendo a menos de 0,0014% do volume total da água do planeta.

Nas últimas décadas, a humanidade testemunhou um aumento da aceleração da degradação dos recursos hídricos disponíveis no planeta, uma consequência de usos

indiscriminados tais como a descarga de resíduos líquidos e sólidos, a destruição das áreas inundadas e florestas ripárias, e a crescente redução da cobertura vegetal, o que afeta a disponibilidade de superfície e águas subterrâneas (UNESCO, 2012).

### 3.2 MANANCIAIS SUPERFICIAIS

Entre todos os recursos a água doce pode ser considerada a mais importante, ela flui através da superfície terrestre, por meio de suas bacias e sub bacias e consecutivamente seus córregos, rios, lagos e estuários. A água precipitada que não é evaporada ou infiltrada no solo é chamada de escoamento superficial.

A região a qual este escoamento superficial é drenada para um rio, lago, área úmida ou outro corpo d'água denomina-se de bacia vertente ou bacia de drenagem (MILLER, 2006). Nesse sentido, as águas superficiais são encontradas na rede de rios da bacia hidrográfica onde a população se desenvolve. Essa bacia é a área definida pela topografia superficial em que, chuva ali precipitada, potencialmente contribui com escoamento pela seção que a define (TUCCI, 1997).

Libânio (2008), ressalta que a condição fundamental para escolha de um manancial superficial, para fins de abastecimento, estabelece-se quando sua vazão média supera a vazão de demanda necessária ao abastecimento da comunidade, ao todo ou parcialmente.

Richter e Netto (1991), ratificam os mananciais próximos, mais caudalosos, capazes de atender a demanda por maior tempo, e os com água de melhor qualidade e menos sujeitos a poluição apresentam condições ponderáveis no comparo de soluções.

Quando a vazão de demanda é inferior a vazão mínima, situação usual para a maioria dos grandes sistemas, poderá realizar captação direta, reduzindo custos. Contudo, nestas circunstâncias, a estação de tratamento deverá estar apta a potabilizar água bruta cujas características (principalmente físicas), poderão apresentar ampla variação em períodos chuvoso e de estiagem (LIBÂNIO, 2008).

Todavia, quando caso a vazão de demanda supere a vazão mínima, ocasião frequente na maioria dos grandes sistemas e para Região Nordeste do país, verifica-se a necessidade da construção de reservatórios de acumulação, que objetiva regularizar o aporte e a retirada de água para abastecimento (LIBÂNIO, 2008).

O Nordeste brasileiro é uma região relativamente pobre em volume de escoamento de água fluviais. Essa situação pode ser explicada em razão da variabilidade temporal das precipitações e de suas características geológicas, onde há predominância de solos jovens e pouco profundos sobre

rochas cristalinas e conseqüentemente baixas trocas de água entre o rio e o solo adjacente, o resultado é a existência de densa rede de rios temporários (CIRILO, 2008 apud MONTE, 2013).

Assim, Barros (2010) afirma que os pequenos açudes surgiram como uma solução para atenuar ou, até mesmo, suprimir os efeitos da escassez hídrica da Região Nordeste, em função de minimizar a variabilidade espacial e temporal das vazões, armazenando água nos períodos de chuva para utilizá-la nos períodos de estiagem, ou seja, aumentar seu potencial ativo. No entanto, a construção da maioria desses açudes foi mal mensurada, fazendo com que eles não apresentassem sustentabilidade hídrica e nem tão pouco eficiência no seu sentido pleno (COSTA, 2011).

Todavia, Rolla et al. (2009), ressalta que criação de reservatórios a partir do barramento de cursos hídricos proporciona grandes modificações na dinâmica desses ambientes aquáticos, afetando profundamente o equilíbrio físico, químico e biológico. Os fatores determinantes da evolução da qualidade do novo sistema, tanto em termos ecológicos, como do ponto de vista sanitário, atuam de modo distinto da condição natural sem barramento.

Portanto, o monitoramento da qualidade da água, principalmente em termos de abastecimento, torna-se efetivamente essencial para um real dimensionamento da problemática, e assegurar melhor gestão das mesmas.

### 3.3 DEGRADAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

Miller (2006), ratifica para poluição, como qualquer modificação ao ar, à água ao solo ou alimento que comprometa a saúde, as atividades ou a sobrevivência dos seres humanos e demais organismos vivos.

Assim, entende-se por poluição da água a alteração de suas características por quaisquer ações ou interferências, naturais ou antrópicas (BRAGA et al., 2002).

Mudanças na qualidade, quantidade dos recursos hídricos ameaçam a sobrevivência humana e demais espécies. Pode-se citar o crescimento populacional e a expansão das atividades econômicas, seja no meio urbano ou rural, como causas do aumento no consumo e na deterioração desses recursos (BORGES et al., 2003).

Existem regiões no planeta com intensa demanda de água, tais como os grandes centros urbanos, os polos industriais e as zonas de irrigação. Tal demanda pode superar a oferta de água, seja em termos quantitativos, seja pelo comprometimento da qualidade da água local em função da poluição, podendo causar desequilíbrio ambiental (BRAGA et al., 2002).

Neste contexto, a água, por constituir-se num bem de primeira necessidade, essencial à vida tanto em sua dimensão individual quanto coletiva, e por ser um recurso escasso e finito, acentuado pelo uso predatório e dessemelhante, coloca para as atuais gerações a necessidade urgente de desenvolver mecanismos de gestão e conservação (PONTES e SCHRAMM, 2004).

### 3.4 ÁGUA PARA ABASTECIMENTO

Richter e Netto (2011), define para padrões de potabilidade, as normas de qualidade para as águas de abastecimento.

Os sistemas de abastecimento de água para fins de consumo são constituídos de instalações e equipamentos destinados a fornecer água potável a uma comunidade (LIBÂNIO, 2008).

Em âmbito nacional, o dispositivo legal regulador em vigor é a Portaria nº 2914, de 12/12/2011, do Ministério da Saúde, que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade (Tabela 1).

Outro dispositivo legal, também regulado pelo Governo Federal é a Resolução N°357 de março de 2005, do CONAMA. Esta que dispõe, sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

Tabela 1- Padrões de potabilidade de água analisados nas as mostras, de acordo com a Portaria nº 2914 do Ministério da Saúde.

<b>Inorgânicas</b>	<b>VMP</b>
Nitrato (como N)	10 mg/L
Nitrito (como N)	1 mg/L
<b>Padrão organoléptico de potabilidade</b>	
Amônia (como NH <sup>3</sup> )	1,5 mg/L
Cloreto	250 mg/L
Dureza total	500 mg/L
Ferro	0,3 mg/L
Sólidos dissolvidos totais	1000 mg/L
Turbidez	5 uT

Fonte: Portaria nº 2914 de 12/12/2011, do Ministério da Saúde.

1.VMP-Valor máximo permitido.

### 3.5 QUALIDADE DE ÁGUA

Qualidade de água é definida através de um conjunto de parâmetros mensuráveis, de acordo com sua respectiva legislação ou com padrões previamente determinados e classificados (MELO, 2005).

Segue em resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) n° 357/05, para condição de qualidade, é apresentada por um segmento de corpo d'água, num determinado momento, em termos dos usos possíveis com segurança adequada, frente as classes de qualidade. Ainda neste documento, tem-se para classe de qualidade como, condições e padrões de qualidade de água necessários ao atendimento dos usos preponderantes, atuais ou futuros.

Para Arcova e Cicco (1999) a qualidade da água de áreas naturais é o resultado das influências do clima, geologia, fisiografia, solos e vegetação da bacia hidrográfica.

A avaliação da qualidade da água é o estudo das características físicas, químicas e biológicas da água, relativas aos efeitos humanos e usos propostos particularmente aqueles que afetam a saúde pública e dos ecossistemas. Nas áreas onde atividades antrópicas são desenvolvidas, como agricultura, a ocupação e o uso do solo contribui também para as características destas (ARCOVA e CICCIO, 1999; GASTALDINI e MENDONÇA, 2001).

A qualidade da água é avaliada por diversos parâmetros definidos pelo homem que constituem os vários padrões de uso, como, por exemplo, o padrão de potabilidade para o consumo humano (LIBÂNIO, 2008).

De acordo com Melo (2005), a classificação e indicação da qualidade de um corpo hídrico pode ser determinada de várias formas, como análises físico-químicas, biológicas, ou por descrições semi-quantitativas e qualitativas. Os principais parâmetros físico-químicos e biológicos que definem a qualidade são: cor, turbidez, pH, alcalinidade, dureza, demanda química de oxigênio (DQO), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), oxigênio dissolvido, nitratos, nitritos, amônia, nitrogênio total, sílica relativa, cloretos, sulfato, fosfatos, metais pesados, sólidos, coliformes, fertilizantes, pesticidas, fitoplâncton, zooplâncton, clorofila, a penetração de luz e produção primária.

### 3.6 PARÂMETROS DE QUALIDADE DE ÁGUA

#### 3.6.1 pH

O pH, é o termo usado para expressar a intensidade da condição ácida ( $H^+$ ) ou alcalina ( $OH^-$ ) de uma solução, em termos de concentração de íons de hidrogênio  $H^+$  é definido como o logaritmo negativo da concentração molar de íons de hidrogênio (RICHTER e NETO, 1991; VASCONCELOS e SOUZA, 2011).

O pH influi no grau de solubilidade de diversas substâncias, e como consequência na intensidade da cor, na distribuição das formas livre ionizada de diversos compostos químicos, definindo também o potencial de toxicidade de vários elementos (BRASIL, 2014; LIBÂNIO, 2014).

Segundo Libânio (2010), as águas naturais de superfície apresentam pH variando de 6,0 a 8,5, intervalo adequado a manutenção da vida aquática.

O Ministério da Saúde, por meio da Portaria N° 2914 recomenda que, no sistema de distribuição, o pH da água seja mantido na faixa de 6,0 a 9,5, como padrão de potabilidade.

#### 3.6.2 Turbidez

Refere-se a concentração de partículas suspensas com tamanho variando desde suspensões grosseiras aos coloides, presentes na massa líquida. Essas partículas provocam a dispersão e absorção da luz, dando à água uma aparência turva. Comumente, respondem pela turbidez das águas naturais, fragmentos de argila, silte, plâncton, microrganismos e matéria orgânica e inorgânica particulada (LIBÂNIO, 2008; RICHTER e NETTO, 1991).

A turbidez é um parâmetro de aspecto estético de aceitação ou rejeição do produto, deve ser atendido o padrão de turbidez especificado pela Portaria N° 2.914/11 como valor máximo permitido de turbidez na água distribuída de 5,0 unidades de turbidez (uT) ou unidades nefelométricas de turbidez (UNT).

### 3.6.3 Temperatura

A temperatura da água tem importância por sua influência sobre outras propriedades: acelera reações químicas, reduz a solubilidade dos gases, acentua a sensação de sabor e odor etc. (RICHTER E NETTO, 1991).

A temperatura expressa a energia cinética das moléculas de um corpo, sendo seu gradiente o fenômeno responsável pela transferência de calor em um meio. A alteração da temperatura da água pode ser causada por fontes naturais (principalmente energia solar) ou antropogênicas (despejos industriais e águas de resfriamento de máquinas). A temperatura exerce influência marcante na velocidade das reações químicas, nas atividades metabólicas dos organismos e na solubilidade de substâncias. Os ambientes aquáticos brasileiros apresentam, em geral, temperaturas na faixa de 20°C a 30°C (BRASIL, 2014).

### 3.6.4 Condutividade elétrica (CE)

A condutividade elétrica depende da quantidade de sais dissolvidos na água e é aproximadamente proporcional a sua quantidade (RICHTER e NETTO, 1991).

É a correlação entre a resistência elétrica da água a concentração de íons. Indica a capacidade de transmitir a corrente elétrica em virtude dos elementos dissolvidos que se dissociam em ânions e cátions. E é expressa usualmente em  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . (LIBÂNIO,2010)

Libânio (2010) ainda ressalta, que como consequência dessa intrínseca relação a CE vincula-se ao teor de salinidade. Tal parâmetro mostra-se relevante em regiões com altas taxas de evaporação e baixos índices pluviométricos, que apresentem balanço hídrico negativos, como alguns estados da Região Nordeste do Brasil.

### 3.6.5 Sólidos totais dissolvidos (STD)

A presença de sólidos dissolvidos na água indica a presença de sais, ácidos minerais e outros contaminantes similares despejados nos cursos de água. Assim, elevadas concentrações de sólidos dissolvidos podem aumentar a demanda química e bioquímica de oxigênio nas águas, levando à depleção do oxigênio dissolvido no meio, além disso, os sólidos dissolvidos podem refletir a carga de poluentes lançadas no curso de água (CORADI et al., 2009).



### 6.3.6 Alcalinidade

A alcalinidade das águas ocorre na presença de bicarbonatos produzidos pela ação do gás carbônico dissolvido na água sobre rochas calcárias. A alcalinidade não tem significado sanitário, a menos que seja devido a hidróxidos ou que contribua na qualidade de sólidos totais (VASCONCELOS e SOUZA, 2011).

Esse parâmetro traduz a capacidade de neutralizar ácidos ou a capacidade de minimizar variações significativas de pH (LIBÂNIO, 2008). Em águas superficiais, os principais constituintes que determinam este parâmetro são os íons: bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ), carbonato ( $\text{CO}_3^{2-}$ ); e hidróxidos ( $\text{OH}^-$ ) (SILVA e OLIVEIRA, 2001; VASCONCELOS e SOUZA, 2011).

A alcalinidade é determinada por titulação com ácido sulfúrico ou outro ácido forte e expresso em termos de mg/L de  $\text{CaCO}_3$  (LIBÂNIO, 2008).

### 3.6.7 Cloretos

O íon  $\text{Cl}^-$  tem origem em sais muito solúveis e geralmente está associado ao sódio ( $\text{Na}^+$ ) principalmente em águas salobras. Em águas doces, a quantidade de cloretos pode variar até cerca de 250 mg/L, valor que coincide com o máximo recomendado pelos padrões de potabilidade (RICHTER, 2011).

Variações de teor de cloretos em águas naturais devem ser investigadas, pois é indicação de provável poluição.

### 3.6.8 Ferro total

O ferro origina-se da dissolução de compostos de rochas e solos. Por ser um dos elementos mais abundantes, o ferro é habitualmente encontrado nas águas naturais, superficiais e subterrâneas, apresentando-se nas formas insolúvel ( $\text{Fe}^{+3}$ ) e dissolvida ( $\text{Fe}^{+2}$ ) (LIBÂNIO, 2008).

Alguns sais férricos e ferrosos como os cloretos, são bastante solúveis em água. Tais sais ferrosos são facilmente oxidados nas águas naturais de superfície, formando hidróxidos férricos insolúveis, que tendem a flocular e decantar ou a serem adsorvidos superficialmente, razão pela qual a ocorrência de sais de ferro em águas superficiais bem aeradas dificilmente se dá em concentração de elevado teor (RICHTER, 2011).

Nas estações de tratamento, a oxidação do ferro comumente conduz a formação do precipitado de hidróxido de ferro, de fácil sedimentabilidade ou retenção no meio filtrante. Entretanto, frequentemente, o ferro apresenta-se complexo à matéria orgânica (MO). Nestas circunstâncias, a matéria orgânica pode envolver o metal, minimizando a oxidação e subsequente precipitação na forma de hidróxido (LIBÂNIO, 2008).

### 3.6.9 Nitrogênio

Grande parte do nitrogênio existente nos organismos vivos não é obtida diretamente da atmosfera (que concentra 78% de sua totalidade), uma vez que a principal forma de nutriente para os produtores são os nitratos (BRAGA, 2002).

Nos recursos hídricos o nitrogênio pode se apresentar de diversas formas como nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ), amônia ( $\text{NH}_3$ ), nitrogênio molecular ( $\text{N}_2$ ) e nitrogênio orgânico (MACÊDO, 2007).

Segundo Esteves (1988, apud LIBÂNIO, 2008), as principais fontes naturais da fração dissolvida do nitrogênio constituem a decomposição e excreção do fitoplâncton e das macrófitas. Estima-se que aproximadamente 10% do nitrogênio assimilado pelo fitoplâncton retorne ao meio aquático como nitrogênio orgânico dissolvido.

Nesse sentido, Libânio (2008) complementa que a presença de nitrogênio nas águas pode denotar significativa origem antrópica, resultante do lançamento de despejos domésticos, industriais e também atividades agropecuárias, a exemplo da lixiviação de nitrito em solos agricultáveis.

A quantidade de nitrogênio na água pode indicar uma poluição recente ou remota (RICHTER e NETTO, 1991). Para concentrações de nitrato e nitrito e formas mais oxidadas indicam poluição remota, a medida que nitrogênio orgânico ou amoniacal poluição recente (LIBÂNIO, 2008).

### 3.6.10 Dureza total

A dureza é uma característica conferida à água pela presença de alguns íons metálicos, principalmente os de cálcio ( $\text{Ca}^{+2}$ ) e magnésio ( $\text{Mg}^{+2}$ ) e, em menor grau, os íons ferrosos

( $\text{Fe}^{+2}$ ) e do estrôncio ( $\text{Sr}^{+2}$ ) (RICHTER e NETTO, 1991). E se manifesta pela resistência à reação de saponificação (LIBÂNIO, 2008).

Tal composição química acaba por refletir a natureza geológica da bacia hidrográfica, sendo mais evidente nas regiões de formação calcária (LIBÂNIO, 2008).

Nesse sentido, Richter e Netto (1991), afirma que a dureza é expressa em termos de mg/L de carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ), e classifica de duas maneiras. Pelos íons metálicos e pelos ânions associados com íons metálicos. Na primeira, distingue-se a dureza do cálcio e a do magnésio. A segunda, é classificada em dureza de carbonatos e dureza de não carbonato.

Os autores (LIBÂNIO, 2008; RICHTER e NETTO, 1991) acordam-se na classificação em termos do grau de dureza em:

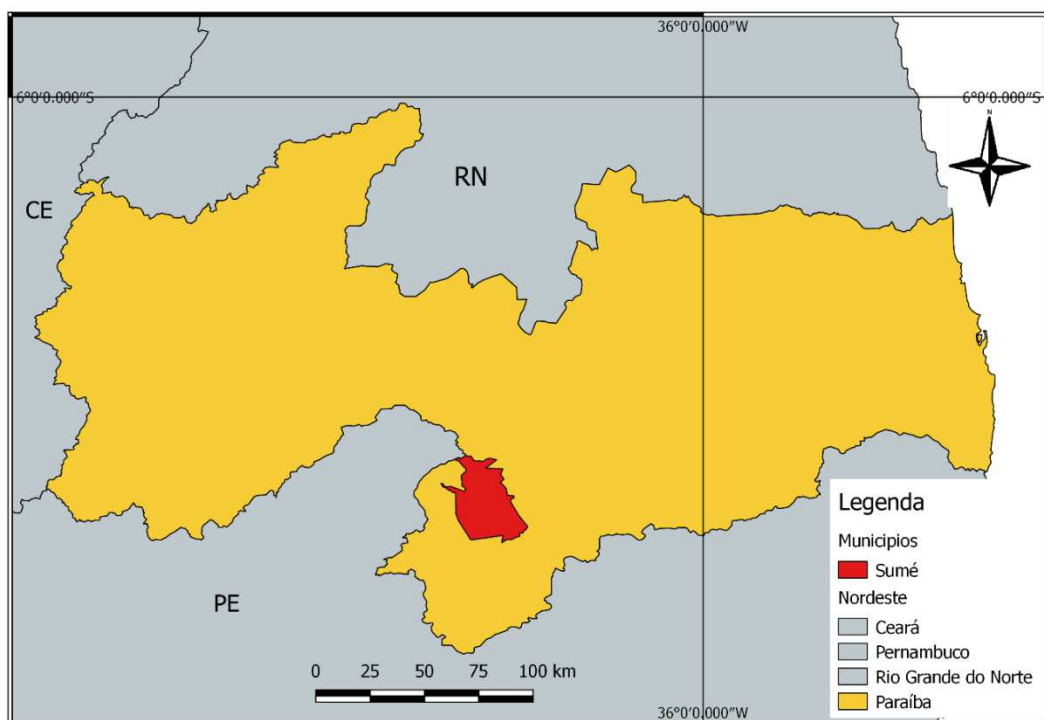
- Mole: < 50 mg/L de  $\text{CaCO}_3$ ;
- Dureza moderada: entre 50 e 150 mg/L de  $\text{CaCO}_3$ ;
- Dura: entre 150 e 300 mg/L de  $\text{CaCO}_3$ ;
- Muito Dura: > 300 mg/L de  $\text{CaCO}_3$ .

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Esse trabalho foi desenvolvido no município de Sumé-PB, localizado na Microrregião do Cariri Ocidental paraibano, de coordenadas geográficas 7° 40' 18" Sul, 36° 52' 54" Oeste. O IBGE estima para o ano de 2016, população de 16.872 habitantes, com território de 838,071 km<sup>2</sup>.

Figura 1- Localização do município de Sumé-PB.



Fonte: Elaboração do autor.

O principal rio que corta o município é o Sucuru, que nasce na cordilheira dos Cariris Velhos, a 5 km de distância da cidade de Ouro Velho; seu percurso, de oeste/leste, é interrompido pelo açude Sumé, a 2 km da cidade. Seus principais afluentes são Riacho da Prata, Jureminha, Salgadinho, Olho D'água e São Francisco (ALENCAR, 2008).

Segundo Alencar (2008), o aproveitamento dos volumes escoados ocorre através da implantação de açudes que, além de perenizarem temporariamente os cursos de água dependendo do volume de água acumulado, permitem o abastecimento das cidades e a manutenção de uma atividade agrícola e pecuária.

O município de Sumé é abastecido pelo sistema adutor do Congo, que tem sua fonte de captação o açude Cordeiro, no município do Congo, abastecendo as cidades do Congo, Monteiro, Prata, Ouro Velho, Amparo, Sumé, São José dos Cordeiros, Livramento, São João do Cariri, Parari, Gurjão, Serra Branca e o distrito de Santa Luzia do Cariri (NETO, 2014). Entretanto, tal sistema encontra-se atualmente inoperante devido ao volume de água reduzido a 0% (AESAs,2017).

Assim, atualmente o suprimento hídrico é feito através do Açude Público Federal Sumé, com capacidade total de armazenamento de 44.864.100 m<sup>3</sup> (AESAs, 2017). Esse reservatório foi estudado, projetado e construído visando ao seu aproveitamento para fins múltiplos de irrigação, abastecimento d'água, agricultura de áreas de vazantes e piscicultura, além de parcial controle de cheias (DNOCS, 2017).

No Estado da Paraíba, a Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESAs), é responsável pelos projetos de obras de infraestrutura hídrica e a Companhia de Águas e Esgotos da Paraíba (CAGEPA) é responsável pela captação, adução, tratamento, distribuição das águas e manutenção destas obras hídricas.

Segundo a CAGEPA, Sumé, possui 6.046 ligações de água em sua última atualização, até o período de janeiro de 2015.

#### 4.2 COLETA DE DADOS

As coletas das amostras de água consistiram em três períodos amostrais distintos, de acordo com a Tabela 2.

Tabela 2- Datas das coletas realizadas para os três pontos amostrais e volume do açude registrados pela AESAs.

Coleta	Data	Volume m <sup>3</sup>	%
1 <sup>a</sup>	25/01/2017	358.550	0,8
2 <sup>a</sup>	03/03/2017	224.094	0,5
3 <sup>a</sup>	10/04/2017	2.128.000	4,7

Fonte: Elaboração do autor.

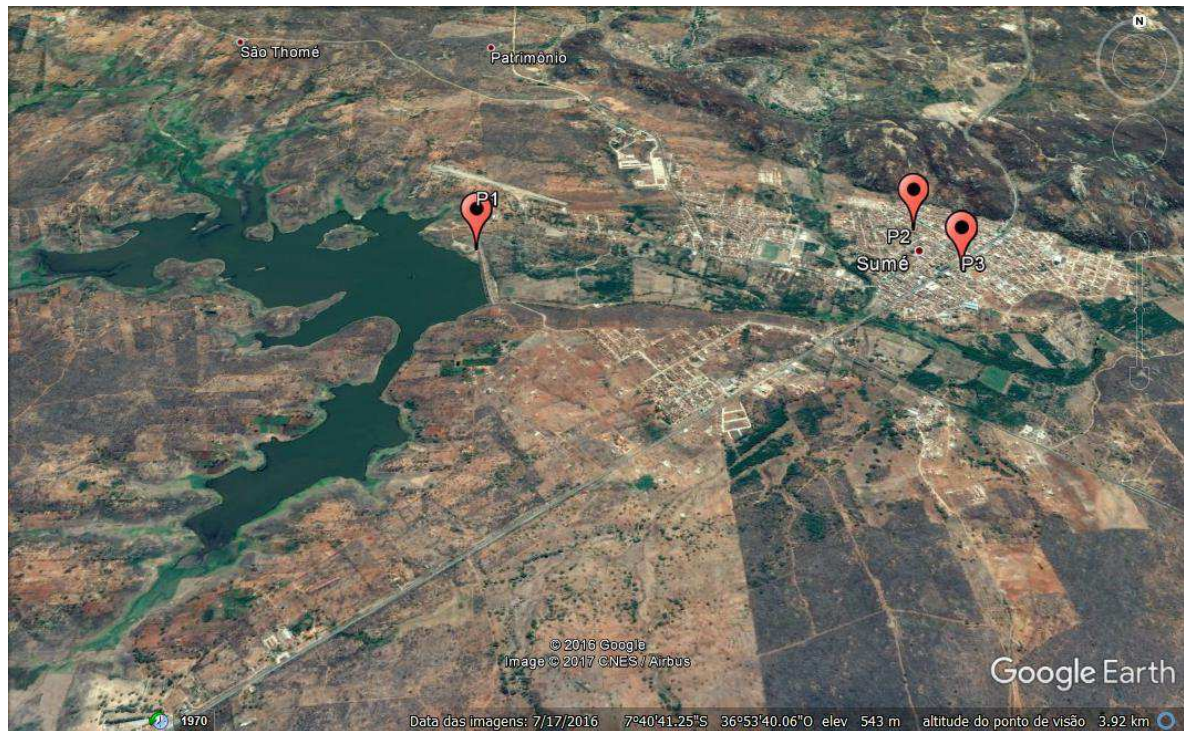
Nesse sentido, foi definido previamente, três pontos distintos, escolhidos estrategicamente, para as coletas de amostras de água, as quais foram georreferenciados com GPS eTrex10 da Garmin (Figura 2). As referidas datas não apresentam exatamente intervalo de tempo iguais devido ao racionamento de água, que impossibilitou a realização das coletas no intervalo ideal de 30 dias.

A estratégia para escolha dos pontos amostrais demonstrados na Figura 2, consistiu na representatividade da água tratada e distribuída a população em suas residências, e também da água bruta do açude. Assim temos:

- O primeiro ponto (P1), localiza-se no açude de Sumé, coletando a água bruta do mesmo.
- O segundo ponto (P2), determinou-se como sendo um ponto final do sistema, sendo uma residência, na qual inexistia armazenamento de água local, ou seja, sem caixa d'água, coletando-se diretamente da torneira ligada a rede de distribuição, que reflete uma aproximação dos padrões de abastecimento.
- O terceiro ponto (P3), também consistiu em outra residência, esta que apresentava reservatório próprio, no caso caixa d'água, com água parada, realizando assim uma coleta da água armazenada, indiretamente do sistema.

Justifica-se a opção pela realização das coletas nessas datas, devido ao baixo nível do volume total de água, em decorrência da atual escassez prolongada, para investigação de uma possível relação entre esses baixos níveis e a qualidade desta água.

Figura 2- Localização dos pontos amostrais.



Fonte: Elaboração do autor.

Para cumprir os objetivos da pesquisa 11 parâmetros, foram monitorados durante o período de janeiro de 2017 a abril de 2017. Para as coletas físico químicas foram utilizados recipientes de polipropileno esterilizados e previamente ambientados com água do local, com o objetivo de minimizar qualquer interferência. Os recipientes foram devidamente identificados com dados da amostra. Todas as coletas foram realizadas na parte da manhã, em horário variando de 6 às 8 horas.

As amostras foram coletadas manualmente, e mantidas sob refrigeração e acondicionadas em caixas térmicas para o transporte ao laboratório. As análises foram realizadas no Laboratório de Qualidade de Águas, do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido (CDSA), da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campus Sumé, no máximo 48 horas após a coleta.

No tratamento dos dados, foram usados os softwares: Microsoft Excel 2013 para realização dos cálculos e tabelas, o Origin 8.0 para elaboração dos gráficos e Quantum gis 2.16, para plotagem dos pontos amostrais e geração dos mapas.

### 4.3 MÉTODOS DE ANÁLISE DE ÁGUA

Os parâmetros analisados consistiram em: pH, turbidez, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos, alcalinidade, cloretos, ferro total, nitrato, nitrito, nitrogênio amoniacal, dureza (total, cálcio e magnésio).

O pH, a condutividade elétrica, os sólidos totais dissolvidos, foram determinados pelo método eletrométrico, e para turbidez método nefelométrico, por meio de leitura direta (SILVA; OLIVEIRA, 2001).

Para as análises de alcalinidade, dureza e cloreto foram usados métodos titulométricos, segundo a metodologia de Silva e Oliveira (2001).

#### ➤ Determinação do pH

Para leitura do pH utilizou-se um pHmetro de bancada (Quimis) ou pHmetro digital microprocessado L' Del lab Modelo DLA pH, devidamente calibrado com soluções tampão de pH conhecido. Devido ao pH apresentar dependência da temperatura durante as medições a mesma foi controlada e mantida entre 24°C e 25°C.

#### ➤ Determinação da Condutividade Elétrica

A determinação da Condutividade Elétrica foi realizada através de leitura direta em um medidor de condutividade de bancada da TECNOPON, modelo mCA-150 devidamente calibrado.

#### ➤ Determinação da Turbidez

A turbidez foi aferida pelo método nefelométrico, por meio do Turbidímetro Portátil McFarland MCF 500, devidamente calibrado com amostra em branco, através de leitura direta.

#### ➤ Determinação da Alcalinidade

A determinação potenciométrica da alcalinidade total baseia-se na titulação de um determinado volume de amostra, com solução de ácido sulfúrico de normalidade N, sob



agitação discreta, até que o pH que corresponde ao ponto de inflexão, que corresponde a determinação da alcalinidade total é detectado experimentalmente através do método de adição do titulante padrão por incremento. Determina-se o volume de ácido, necessário para atingir tal ponto, a alcalinidade total é calculada com base no princípio da equivalência química (SILVA; OLIVEIRA, 2001).

➤ Determinação do Cloreto

Para a determinação de cloreto foi desenvolvida segundo Silva e Oliveira (2001), utilizando-se o método argentométrico (método de Mohr). O qual baseia-se em titular o nitrato de prata com solução-padrão de cloreto de sódio (padrão primário), usando solução de cromato de potássio como indicador. No método de Mohr, os íons cloreto são titulados com solução padronizada de nitrato de prata ( $\text{AgNO}_3$ ), na presença de cromato de potássio ( $\text{K}_2\text{CrO}_4$ ) como indicador. (PAIVA e SOUZA, 2005).

O ponto final da titulação é identificado quando todos os íons  $\text{Ag}^+$  tiverem se depositado sob a forma de  $\text{AgCl}$ , logo em seguida haverá a precipitação de cromato de prata ( $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$ ) de coloração marrom-avermelhada, pois, o cromato de prata é mais solúvel que o cloreto de prata (PAIVA e SOUZA, 2005).

➤ Determinação da Dureza

A determinação consistiu em titulação complexométrica, delineada por Silva e Oliveira (2001), em meio tamponado, usando o EDTA como titulante e negro de eriocromo T, como indicador. Assim o cálcio e o magnésio são complexados. Depois que o EDTA tenha complexado todo o cálcio e magnésio, a solução se tornará azul, indicando a formação do complexo entre o indicador e o EDTA (FERNANDES, 2014).

➤ Determinação do Ferro Total

A determinação de ferro total também seguiu o manual de análises físico-químicas de águas de abastecimento e residuárias (SILVA; OLIVEIRA, 2001). O qual determina o uso do método colorimétrico da fenantrolina.

➤ Determinação do Nitrogênio

A determinação do nitrogênio em forma de nitrito, nitrato e nitrogênio amoniacal seguiu os métodos colorimétricos da diazotização, método de coluna redução de cádmio e método da destilação titulométrica (microdestilador de nitrogênio/proteína modelo sl-074, SOLAB), respectivamente.

Para o nível de qualidade a ser alcançado ou mantido da água do Açude Sumé, tanto bruta, quanto tratada, para comparações com os padrões dispostos na resolução do CONAMA nº 357/05 sobre enquadramento dos corpos d'água em classes e uso preponderante.

Simultaneamente, foi utilizada a Portaria 2914/11 do MS para determinar os padrões de potabilidade da água, de um modo geral, e seus valores máximos permitidos (VMP) de concentração para uma série de substâncias e componentes presentes na água.

## **5. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A qualidade da água é medida por diversos parâmetros pré-definidos, que constituem os padrões de seus usos múltiplos, como, por exemplo, o padrão de potabilidade para o consumo humano (LIBÂNIO, 2008).

Como esta pesquisa tem como objetivo avaliar a qualidade de água bruta, e de abastecimento humano, os padrões investigados são preliminares, necessitando de um monitoramento mais criterioso e aprofundado, para garantir maior confiabilidade para que esta água pode ser distribuída sem nenhum prejuízo a saúde da população e nenhum dano ao ambiente.

Os resultados obtidos desta pesquisa foram confrontados com os padrões de potabilidade para o consumo humano, de acordo com as normas estabelecidas pela Portaria Nº 2914 de 12/12/2011, do MS, fundamentados nos parâmetros físico-químicos: pH, turbidez, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos, alcalinidade, cloretos, ferro total, nitrato, nitrito, nitrogênio amoniacal, dureza (total, cálcio e magnésio).

É válido ressaltar, que as limitações estruturais, logísticas e funcionais dos laboratórios da instituição a qual foi desenvolvida as análises, justifica-se a ausência de análises microbiológicas, das quais estas são obrigatórias de acordo com a Portaria N° 2914/2011 do MS.

Haja vista que, os procedimentos tomados na estação de tratamento de água (ETA) da CAGEPA, seguem a legislação vigente, considerou-se a ausência de coliformes nos pontos amostrais 2 e 3 (P2 e P3), devido a presença de processos e produtos químicos de desinfecção obrigatório. Optou-se assim, pela abordagem dos parâmetros físico-químicos.

### 5.1 pH

De acordo com a Portaria n° 2.914 de 2011 do MS, a faixa recomendada de pH na água distribuída para o consumo humano é de 6,0 a 9,5. Em consonância com as restrições da resolução 357/2005 do CONAMA, que limita um intervalo de pH de 6,0 a 9,0 como água doce de qualidade.

Em águas de abastecimento, valores de pH podem contribuir para sua corrosividade e agressividade, enquanto que valores elevados aumentam a possibilidade de incrustações (BRASIL, 2014).

Tabela 3- Variação de pH e respectivas temperaturas nos pontos amostrais.

Parâmetro	Unidade	1ª COLETA			2ª COLETA			3ª COLETA		
		P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3
pH	-	8,76	8,66	8,36	8,60	8,44	8,05	7,6	7,2	6,2
Temperatura	°C	25,00	24,80	24,70	25,00	25,00	24,80	25,0	24,9	25,0

Fonte: Elaboração do autor.

Como pode ser observado na Tabela 3, foram realizadas três coletas em períodos distintos, os valores obtidos para pH, variam entre o valor mínimo de 6,2 (no P3 da terceira coleta) ao valor máximo de 8,76 (no P1, da primeira coleta). Estando estes, portanto, dentro dos padrões de potabilidade exigidos respectivos.

Tais resultados, referentes ao pH, pouco diferem, dos registrados por Cantalice (2010), no mesmo reservatório, afere pH de 6 a 9 para as águas doces de classe 2, no qual se enquadra o reservatório estudado, não registrou parâmetros em desacordo com a resolução.

Segundo Soares (2016), em pesquisa referente as águas já tratadas para fim de abastecimento do município de Campina Grande-PB, encontra-se uma menor variação para o pH, variando entre 7,6 a 8,0.

## 5.2 TURBIDEZ

A turbidez corresponde à redução da transparência da água, ocasionada pelo material em suspensão, que reflete a luz dificultando a sua passagem pela solução. A quantificação de luz refletida pelas partículas suspensas dá uma ordem de grandeza de sólidos em suspensão na amostra (TOMAZONI et al, 2005).

Analisando os dados de turbidez da Tabela 4, é bastante evidente a discrepância entre os valores dos pontos distintos, o ponto 1 (P1) que corresponde a mostra de água bruta, apresenta os maiores valores, com 76 uT (1ª coleta) e 87 uT (2ª coleta).

Tabela 4 - Variação de turbidez nos pontos amostrais.

Parâmetro	Unidade	1ª COLETA			2ª COLETA			3ª COLETA		
		P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3
Turbidez	uT	76,00	7,30	1,56	87,00	5,40	5,50	0,0	0,0	0,0

Fonte: Elaboração do autor.

Tal aumento, pode ser explicado pela queda do volume total do reservatório nos meses de fevereiro a março deste ano (2017), que correspondeu o intervalo entre estas coletas, como pode ser constatado na Tabela 2. Pois a falta de precipitação e alta evaporação, são fatores que influenciam diretamente a concentração de soluto presente desta água.

O ponto 2(P2), registrou 7,3 e 5,4 uT, para 1ª e 2ª Coleta respectivamente, e o ponto 3 (P3) com aumento de turbidez de 1,56 para 5,5uT entre 1ª e 2ª coleta respectivamente.

Vale salientar, que os valores de todos os pontos da terceira coleta foram 0,0uT. Sendo válido desconsiderar-se tal aferição, pela grande possibilidade de erro, para que não acometa em interpretação equivocadas.

Apenas a amostra do ponto 3 (P3) realizada na primeira coleta, registrou turbidez com 1,56 uT está de acordo com a Portaria 2914/2011 do MS, a qual estabelece o VMP de 5uT. Todas as outras estiveram acima do permitido.

No entanto, a Resolução 357/05 do CONAMA é mais flexível em relação a este parâmetro, para água doce de Classe 1, aquela destinada ao consumo humano após tratamento, deve possuir valor máximo de 40 uT. Para este, apenas as amostras do ponto 1(P1), tanto da 1ª coleta quanto da 2ª, estão muito além do estipulado, 76 uT e 87 uT, respectivamente. Os demais pontos, das duas coletas estão em conformidade.

### 5.3 CONDUTIVIDADE ELÉTRICA (CE)

A CE consiste na indicação do grau de mineralização da água e indicação rápida de variações nas concentrações de minerais dissolvidos (PARRON et al., 2011).

Os resultados referentes à condutividade elétrica durante o período estudado, como observa-se na Tabela 5, registraram máxima de 3420  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , valor este considerado alto, indicando grande concentração de sais, fato que pode estar relacionado com o baixo volume do reservatório (Tabela 2), que, neste período, registrou apenas 224.094  $\text{m}^3$  equivalente a 0,5% da sua capacidade máxima, consequência da escassez de chuva prolongada dos últimos anos.

Tabela 5- Variação de CE e respectivas temperaturas.

Parâmetro	Unidade	1ª COLETA			2ª COLETA			3ª COLETA		
		P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3
CE	$\mu\text{S}/\text{cm}$	2340,0	2290,0	2150,0	3090,0	3420,0	3050,0	205,5	386,2	396,0
Temperatura	$^{\circ}\text{C}$	25,0	24,9	25,1	25,0	25	24,9	25,2	24,9	25,0

Fonte: Elaboração do autor.

O valor mínimo da CE foi de 205,5  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , no ponto 1 (P1) da 3ª coleta, tal diminuição pode estar conexo ao aumento relevante do volume total de água que subiu para 2.128.000  $\text{m}^3$  correspondente a 4,7% (Tabela 2), em decorrência da recarga resultante das precipitações a montante da bacia hidrográfica do reservatório, no período entre a 2ª e 3ª coleta.

Não existe ou não foram encontrados valores para alcalinidade nas legislações vigentes.

### 5.4 SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS (STD)

Os sólidos dissolvidos totais, variaram entre 120,7 a 1661 ppm. Para uma água de abastecimento de classe 1, o valor máximo permitido pela Resolução 357/05 do CONAMA, é

de 500 ppm e segundo a Portaria 2914/11 do MS, o valor máximo permitido amplia-se para 1000 ppm.

Tabela 6- Variação de STD e suas respectivas temperaturas.

Parâmetro	Unidade	1ª COLETA			2ª COLETA			3ª COLETA		
		P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3
STD	ppm	1226,0	1224,0	1140,0	1535,0	1661,0	1488,0	120,7	136,6	197,6
Temperatura	°C	24,7	24,7	24,7	25,0	24,9	25,0	24,9	24,9	25,0

Fonte: Elaboração do autor.

Segundo os dados observados na Tabela 6, apenas os valores das amostras da 3ª coleta permaneceram dentro dos limites supracitados,

Fato este que pode ser explicado pela diluição das águas, resultantes de precipitações, igualmente ocorrido nas concentrações de CE. As demais amostras superaram os VMP, se enquadrando na classe de salobra.

### 5.5 Alcalinidade (carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos)

A alcalinidade foi medida em termos de alcalinidade total, alcalinidade de carbonatos ( $\text{CO}_3^{2-}$ ); de bicarbonatos ( $\text{HCO}_3^-$ ) e hidróxidos ( $\text{OH}^-$ ), sendo o bicarbonato predominante em todos os pontos amostrais, representando 100% da totalidade, como pode ser observado na Tabela 7. O que pode ser atribuído à geologia da bacia local, uma das características da região semiárida.

Tabela 7- Variação das concentrações de carbonato e bicarbonato.

Pontos amostrais	1ª Coleta		2ª Coleta		3ª Coleta	
	Carbonato (mg/L)	Bicarbonato (mg/L)	Carbonato (mg/L)	Bicarbonato (mg/L)	Carbonato (mg/L)	Bicarbonato (mg/L)
P1	0,0	1352	0,0	1586	0,0	274
P2	0,0	1289,2	0,0	2668	0,0	52
P3	0,0	1402	0,0	1180	0,0	28

Fonte: Elaboração do autor.

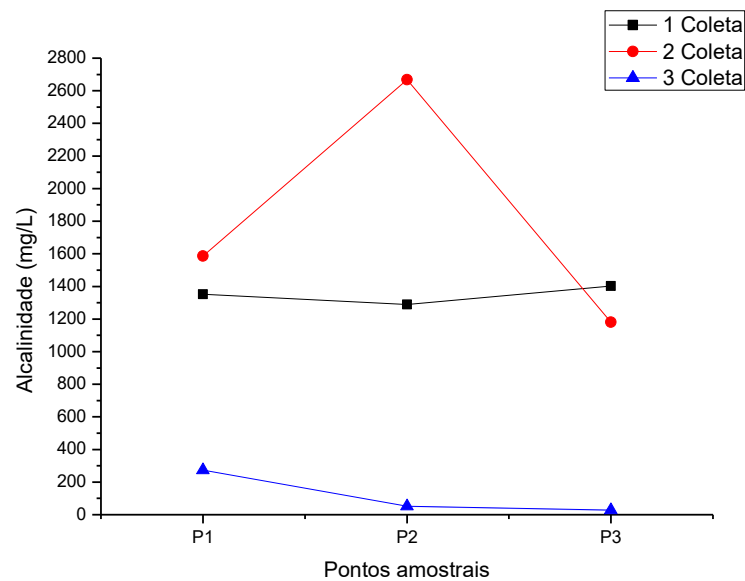
Os maiores valores de alcalinidade ocorreram na 2ª coleta, no ponto 2, com valor máximo de 2668 mg/L de bicarbonato, esta que apresenta menor volume total do reservatório, como registrado na Tabela 2.

Segundo Farias et al. (2006), o valor mínimo de alcalinidade, geralmente ocorre nos meses de maiores precipitações, devido ao processo de diluição da água. O que pode ser

comprovado no Gráfico3, onde observa-se uma queda brusca das concentrações de alcalinidade para a 3ª coleta nos três pontos amostrais, em relação as duas coletas precedentes para os mesmos pontos amostrais.

Não existe ou não foi encontrado valores para alcalinidade nas legislações vigentes.

Gráfico3- Variação das concentrações de alcalinidade nos pontos amostrais.



Fonte: Elaboração do autor.

## 5.6 DUREZA

A dureza da água resulta da presença de sais de cálcio e magnésio. É caracterizada pela extinção de espuma formada pelo sabão, índice visível de uma reação mais complexa, que dificulta o banho, a lavagem de utensílios domésticos e roupas, criando problemas higiênicos (BRAGA et al. 2002).

Nos resultados da Tabela 8, pode-se observar uma pequena variação para os valores de carbonato de cálcio, com concentrações oscilando entre 95 a 625 mg/L de  $\text{CaCO}_3$ .

Tabela 8: Concentrações de cálcio, magnésio e dureza total em mg/L nos pontos amostrais.

Pontos amostrais	1ª Coleta (mg/L)			2ª Coleta (mg/L)			3ª Coleta (mg/L)		
	Ca	Mg	Dureza total (CaCO <sub>3</sub> )	Ca	Mg	Dureza total (CaCO <sub>3</sub> )	Ca	Mg	Dureza total (CaCO <sub>3</sub> )
P1	162,5	315,0	477,5	167,5	432,5	600,0	32,5	100,0	132,5
P2	150,0	322,5	472,5	175,0	450,0	625,0	52,5	52,5	105,0
P3	150,0	325,0	475,0	150,0	397,5	547,5	90,0	5,0	95,0

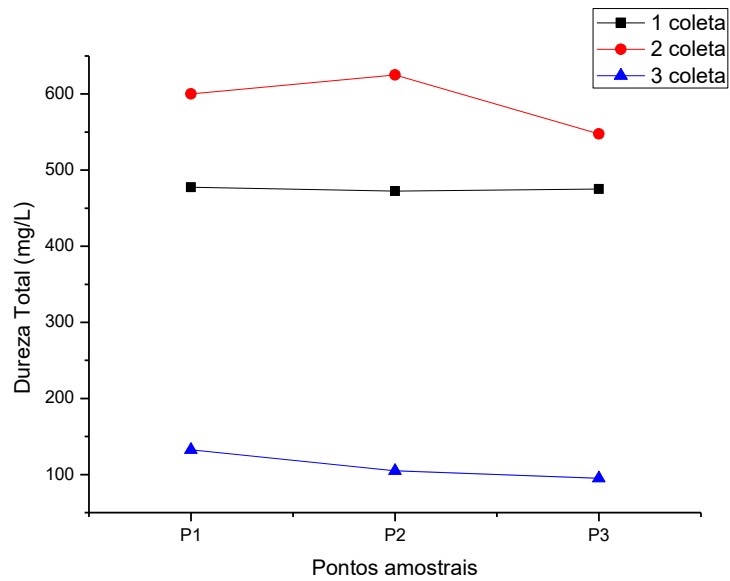
Fonte: Elaboração do autor.

Para se determinar a dureza magnésiana foi usado um método indireto que consiste na diferença entre a dureza total e a dureza cálcica ( $\text{Dureza [Mg}^{2+}] = \text{dureza total} - \text{dureza [Ca}^{2+}]$ ). Deste modo obtivemos os valores de dureza magnésiana, no qual o valor mínimo foi de 5 enquanto o máximo foide 450 mg/L de  $\text{Mg}^{2+}$ .

No Gráfico, segue a representação das concentrações da dureza total (CaCO<sub>3</sub>).



Gráfico4 - Variação da dureza total nos pontos de amostragem



Fonte: Elaboração do autor.

Para o valor máximo da dureza total registrada foi de 625 mg/L de  $\text{CaCO}_3$ , no ponto 2 (P2) da 2ª coleta e o mínimo de 95 mg/L de  $\text{CaCO}_3$  no terceiro ponto (P3), no mês de abril (3ª coleta).

A dureza é caracterizada pela presença de sais de metais alcalinos terrosos (cálcio e magnésio), ferro e manganês, ou de outros metais bivalentes, em menor intensidade, em teores elevados, causa sabor desagradável e efeitos laxantes (VASCONCELOS e SOUZA, 2011).

Nos valores registrados, predominou-se água muito dura, para 1ª e 2ª coleta, ou seja, apresentaram concentrações maiores que 300 mg/L de  $\text{CaCO}_3$ . Porém nota-se um abrandamento na 3ª coleta, reduzindo a classificação para água mole a moderadamente dura.

Contudo, todos os pontos da 2ª coleta (Gráfico 4), estão acima dos 500 mg/L de  $\text{CaCO}_3$ , estipulado pela Portaria 2914/11 do MS.

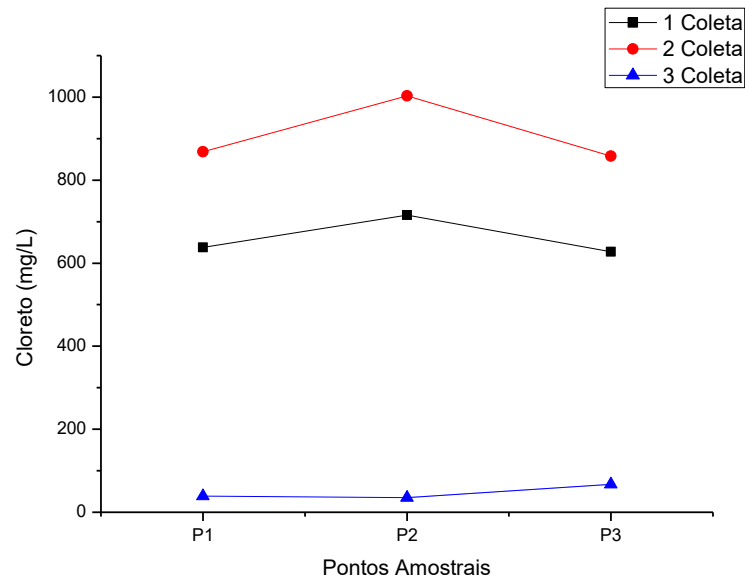
## 5.7 Cloretos

Cloreto é o ânion  $\text{Cl}^-$ . São resultados da dissolução de sais, da introdução de águas salinas e lançamento de efluentes domésticos e industriais (LIBÂNIO, 2008).

O CONAMA e o MS, são unânimes em sua Resolução 357/05 e Portaria 2914/11, respectivamente, a limitar o teor de cloreto ao VMP de 250 mg/L.

Porém, como pode ser observado no Gráfico 5, apenas os pontos amostrais da última coleta (3ª coleta), está de acordo com os limites estabelecidos.

Gráfico5-Variações na concentração de cloreto nos pontos amostrais.



Fonte: Elaboração do autor.

Em pesquisa similar de Cantalice (2010), para o mesmo reservatório desse estudo, analisando os dados da SUDEMA entre 2000 a 2009, o cloreto apresentou variação de 10 a 55 mg/L Cl.

Tal variabilidade entre os dados, pode estar relacionada diretamente à quantidade do volume total do açude, o qual mudou de 0,5% para 4,4%, bem como aos índices pluviométricos a montante de sua bacia hidrológica responsáveis por esse aumento.

Soares (2016), ressalta que águas contendo 250 mg Cl<sup>-</sup> /L conferem um sabor salino detectável, se o cátion que propicia o equilíbrio iônico for o sódio (Na<sup>+</sup>), cálcio (Ca<sup>2+</sup>) ou magnésio (Mg<sup>2+</sup>). Além de provocar incrustações nas tubulações e rompimento das mesmas e para população ressecamento da pele e efeitos laxativos.

O comportamento do delineamento da variância das concentrações, dos pontos amostrais em relação ao período de coleta, até o presente parâmetro, vem se caracterizando um perfil aparentemente equivalente, tendo em vista que os valores da coleta do período de

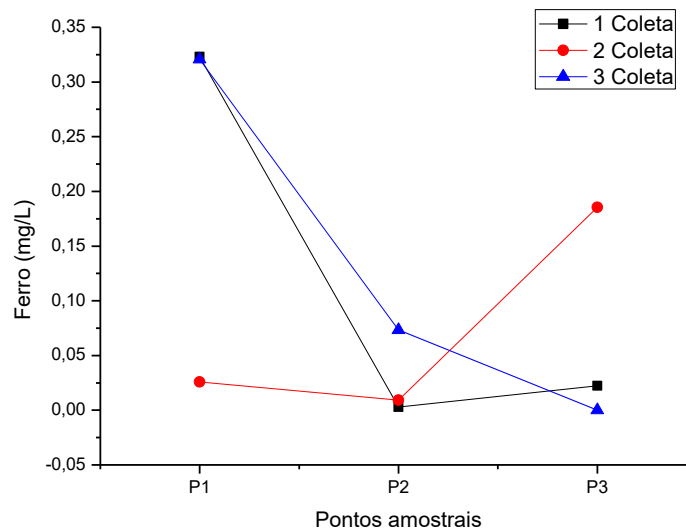
abril (3ª coleta), registraram os menores valores em relação aos demais períodos. Como pode ser constatado nos Gráficos 2, 3 e 4.

### 5.8 Ferro

Alves (2008) explana, que apesar da precipitação pluviométrica não apresentar correlação significativa com ferro dissolvido, a lixiviação do solo provocada pelas chuvas pode causar o carreamento do solo, que se encontrem exposto em áreas próximas.

Nos resultados de ferro total, representados no Gráfico 6, observa-se que as concentrações do indicador de ferro, variaram entre 0,0029 a 0,323 mg/L.

Gráfico6- Variações na concentração de ferro nos pontos amostrais.



Fonte- Elaboração do autor.

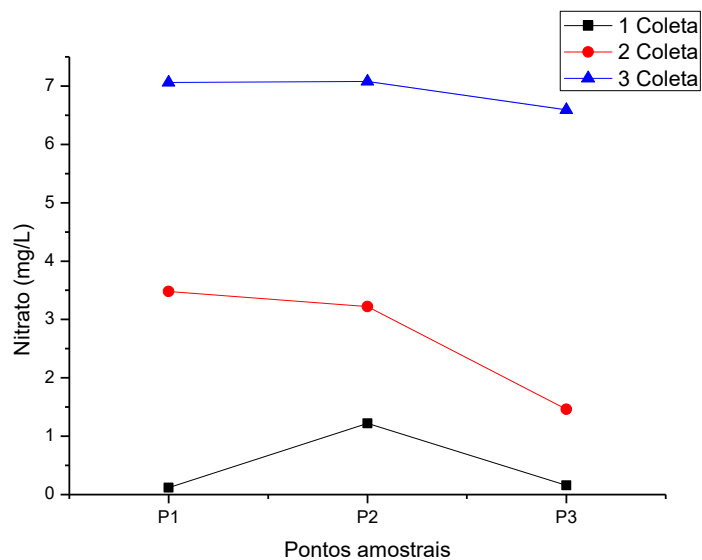
Assim, majoritariamente os resultados analisados apresentam-se abaixo do limite estabelecido pela Resolução CONAMA N° 357/2005, de 0,3 mg/L, para um corpo de água doce de Classe 2, igualmente a Portaria 2914/11 do MS que estabelece o mesmo VMP. Com exceção do ponto 1 (P1), da primeira e terceira coleta, que pouco ultrapassa o respectivo VMP, como demonstrado no Gráfico 6.

## 5.9 NITROGÊNIO (NA FORMA DE NITRATO E NITRITO)

Segundo Bouchard et al. (1992 apudFreitas et al.2001), o íon nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), geralmente ocorre em baixos teores nas águas superficiais, mas pode atingir altas concentrações em águas profundas. O seu consumo através das águas de abastecimento está associado a dois efeitos adversos à saúde: a indução à metemoglobinemia, e a formação potencial de nitrosaminas e nitrosamidas carcinogênicas.

Os resultados das análises de nitrato, representados no Gráfico 7, demonstram que na 3ª coleta no ponto 2 (P2), foi encontrado o valor máximo de 7,2 mg/L de nitrato. A última coleta destaca-se por apresentar os maiores valores de nitrato. Entretanto, 100% das concentrações ficaram entre o limite (10 mg/L) definido pela Portaria 2914/11 do MS e Resolução CONAMA nº 357/2005. De acordo com estas, o nitrogênio é padrão de classificação das águas naturais e padrão para identificar a emissão de esgotos.

Gráfico7- Variação de concentração de Nitrato nos pontos amostrais.



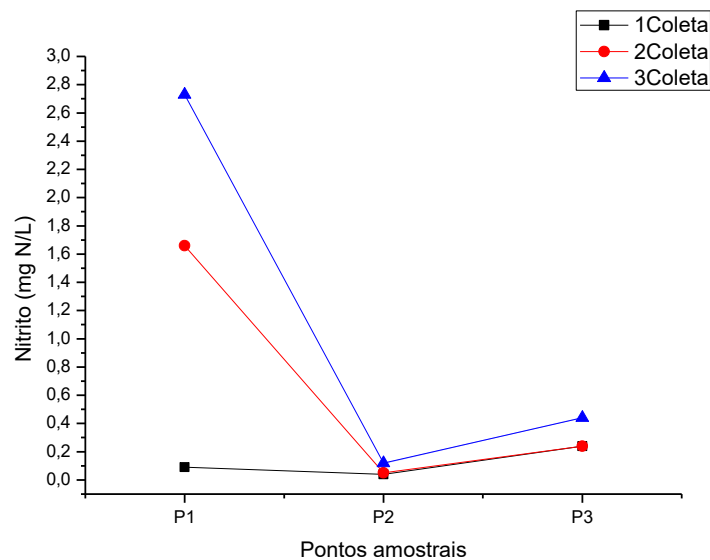
Fonte- Elaboração do autor.

Para o nitrito, foi encontrado um valor máximo de 2,73 mg/L, no ponto amostral P1. O nitrito representa uma fase intermediária entre a amônia e o nitrato. A presença de nitrato

caracteriza uma poluição remota, em função de que o nitrogênio se encontra em seu último estágio de oxidação (DO VASCO, et al. 2011).

De acordo com os dados apresentados no Gráfico 8, observou-se que, a maioria das concentrações dos pontos amostrais apresentaram valores inferiores aos VMP indicado nas legislações reguladores (CONAMA e MS), que limitam a 1,0 mg/L de nitrito como padrão de potabilidade, apenas o ponto amostral P1, apresentou para os meses de março e abril concentrações maiores que o permitido, 1,66 e 2,73 mg/L, respectivamente.

Gráfico8- Variação de concentração de nitrito nos pontos amostrais.



Fonte- Elaboração do autor.

### 5.10 Nitrogênio amoniacal

O nitrogênio amoniacal é um indicante de poluição orgânica por efluentes domésticos, industriais ou afluxo de fertilizantes. Enquanto o nitrato é a forma mais comum de nitrogênio, encontrado principalmente em águas naturais pouco poluídas, em ambientes potencialmente impactados predominam as formas de nitrogênio orgânico e amoniacal (DO VASCO et al. 2011; SOARES, 2016).

A Portaria 2914/2011 do MS, estabelece para concentrações de amônia como  $\text{NH}_3^-$ , VMP de 1,5 mg /L. Segundo os dados observados na Tabela 9, as amostras analisadas demonstram ausência de amônia, com ressalvas para o ponto3 da terceira coleta, que registrou

contaminação muito acima do permitido restringindo seu uso. Podendo estar relacionado ao aumento do volume total do reservatório.

Tabela 9 - Variação de concentração de nitrogênio amoniacal.

Nitrogênio Amoniacal (mg/L)			
Pontos amostrais	1ª Coleta	2ª Coleta	3ª Coleta
P1	0,00	0,00	0,00
P2	0,00	0,00	0,00
P3	0,00	0,00	11,37

Fonte - Elaboração do autor.

Entretanto vale destacar, que tal valor exacerbadamente desacordante com os demais, pode ser resultante de contaminação da amostra, erro técnico ou experimental e até mesmo de leitura por parte dos responsáveis técnicos. Assim requerendo maior cautela e mais pesquisa acerca deste parâmetro, a fim de confirmar ou descartar esse resultado.

## 6. CONCLUSÃO

A partir da análise dos resultados, concluiu-se que as amostras de água dos pontos amostrais estudados não estão em conformidade com os padrões de potabilidade segundo a Portaria 2914/11 do MS e a Resolução 357/05 do CONAMA.

A quantidade de parâmetros em discordância com as legislações reguladoras (CONAMA e MS), destacam-se nas duas primeiras coletas (1ª, 2ª coleta), por estarem submetidos a períodos de secas prolongados e a perderem maior volume de água devido ao efeito da evaporação; é pertinente salientar que no ponto amostral com água bruta (P1), concentram-se o maior número de parâmetros em desacordo dos VMP impostos, os demais pontos (P2, P3) pouco diferiram entre si, e pouco se distanciam dos limites dos padrões de potabilidade.

Para os valores do parâmetro pH e nitrato, os resultados obedeceram ao VMP em 100%, de acordo com a Portaria 2914/11 do MS e Resolução CONAMA nº 357/2005;

Os valores alterados dos parâmetros: turbidez, CE, STD, cloreto, dureza, alcalinidade, ferro, nitrogênio (nitrito e amoniacal); revelam que há uma grande quantidade de sólidos dissolvidos, acima dos padrões de potabilidade. Esses resultados podem ser provocados tanto pelo antropismo como pelo baixo nível de água que se encontra o reservatório, como consequência da escassez de precipitações.

Por fim, vale ratificar que, um monitoramento com análises mais criteriosas e aprofundadas, sejam feitas levando-se em consideração parâmetros mais físicos, químicos e microbiológicos não abordado nessa pesquisa, mas que são de fundamental importância para atestar a qualidade de potabilidade da água.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DAS ÁGUAS DO ESTADO DA PARAÍBA (AESAs). Disponível em: <<http://site2.aesa.pb.gov.br/aesa/volumesAcudes.do?metodo=preparaGraficos&codAcude=512>>. Acessado em: 10 abr. 2017.

ALENCAR, M. L. S. de. **Os sistemas Hídricos, o bioma Caatinga e o Social na bacia do Rio Sucuru: Riscos e Vulnerabilidades**. 157p. Tese de Doutorado. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Departamento de Engenharia Agrícola. Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2008.

ALVES, E. C; SILVA, C. F da; COSSICH, E. S; C. R. G; FILHO, E. E. de S; CARNIEL, A. Avaliação da qualidade da água da bacia do rio Pirapó–Maringá, Estado do Paraná, por meio de parâmetros físicos, químicos e microbiológicos-DOI: 10.4025/actascitechnol. v30i1. 3199. *Acta Scientiarum. Technology*, v. 30, n. 1, p. 39-48, 2008.

ARCOVA, F. C. S; CICCIO, V. de. **Qualidade da água de microbacias com diferentes usos do solo na região de Cunha, Estado de São Paulo**. 1999.

BARROS, S. V. A. **Otimização dos usos múltiplos em pequenos açudes na bacia do Açude de Sumé-PB**. 2010, 147 f. Tese de Doutorado. Dissertação (de Mestrado) em Engenharia Civil e Ambiental. Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2010.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J. G.; BARROS, M. T. L. D.; VERAS JUNIOR, M. S.; PORTO, M. F.; EIGER, S. **Introdução à engenharia ambiental**. 2ª edição. São Paulo: Person Prentice Hall, 2005.

BRASIL. FUNDAÇÃO NACIONAL DA SAÚDE (FUNASA). **Manual de Controle da Qualidade da Água para Técnicos que Trabalham em ETAS**. Brasília, 2014.

BRASIL. Lei 9.433 de 8 de janeiro de 1997. Disponível em:<[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19433.htm)>. Acesso em: 20 abr. 2017.

BORGES, M. J.; GALBIATTI, J. A.; RERRAUDO, A. S. Monitoramento da qualidade hídrica e eficiência de interceptores de esgoto em cursos d'água urbanos da bacia hidrográfica do córrego Jaboticabal. Vol. 8. **Revista brasileira de recursos hídricos**., 2003.

CANTALICE, L. R. **Gestão hídrica do reservatório Sumé-PB: potencialidades e fragilidades**. Dissertação (mestrado) do curso de Pós Graduação em Recursos Naturais, da Universidade Federal de Campina Grande. Campina grande-PB, 2010.



CONAMA, Resolução. 357, de 17 de Março de 2005. **Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA**, v. 357, 2005.

COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTOS DA PARAÍBA (CAGEPA). Disponível em:<  
<http://www.cagepa.pb.gov.br/institucional/gerencias-regionais/regional-borborema/>  
 > Acessado em, 07 mar. 17, 01:54.

CORADI, P. C; FIA, R ; PEREIRA-RAMIREZ, O. Avaliação da qualidade da água superficial dos cursos de água do município de Pelotas-RS. **Brasil Ambiente e Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, Vol. 4, Núm. 2, pp. 46-56. Universidade de Taubaté- Brasil, 2009.

COSTA, R. S. Avaliação multiobjetiva de cenários para usos múltiplos nos pequenos açudes da bacia hidrográfica do açude de Sumé – PB.Dissertação de Mestrado Apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Campina Grande, 2011.

DO VASCO, Anderson Nascimento et al. Avaliação espacial e temporal da qualidade da água na sub-bacia do rio Poxim, Sergipe, Brasil. **Revista Ambiente e Água**, v. 6, n. 1, 2011.

FARIAS, M. S. S. de.**Monitoramento da qualidade da água na bacia hidrográfica do rio cabelo**. Tese de doutorado do curso de Pós Graduação em Engenharia Agrícola, na área de irrigação e drenagem da Universidade Federal de Campina Grande, 2006.

FERNANDES, N. L; BARRETO, N. M. B; MACHADO, A. C; ROCHA, G. P. de. **Estudo comparativo entre metodologias utilizadas para determinação de dureza total em matrizes aquosas**. Congresso Enqualab\_Resag. São Paulo, 2014.

FREITAS, M. B. de; BRILHANTE, O. M; ALMEIDA, L. M. de. Importância da análise de água para a saúde pública em duas regiões do Estado do Rio de Janeiro: enfoque para coliformes fecais, nitrato e alumínio. **Cad Saúde Pública**, v. 17, n. 3, p. 651-60, 2001.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Disponível em:<  
[http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=251630&search=paraibalsumelin\\_fograficos:-informacoes-completas](http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=251630&search=paraibalsumelin_fograficos:-informacoes-completas)>. Acessado em: 07 jan. 17, 05:52.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. Átomo, 2008.

MELO, A. D. **Operação de reservatórios no semi-árido considerando critérios de qualidade de água**. Dissertação (de mestrado) do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental. Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2005.

MILLER, G. Tyler. **Ciência Ambiental: preservemos a terra**. Cengage Learning Editores, 2002.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Plano nacional de recursos hídricos: síntese executiva**. Brasília, 2006.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria MS no 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. **Diário Oficial da União**, 2011.

MONTE, F. P. **Análise comparativa da importância de vinte açudes na bacia de sumé – pb com o emprego de métodos multicriterial e multidecisor**. Dissertação (de mestrado) do curso de pós graduação em engenharia civil e ambiental, na área de engenharia de recursos hídricos e Sanitária da Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande-PB, 2013.

Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura - UNESCO. **The United Nations World Water Development Report 4: managing water under uncertainty and risk**. 4. ed. Paris: UNESCO, 2012. v. 1. Disponível em: <<http://www.unesco.org/new/en/natural-sciences/environment/water/wwap/wwdr/wwdr4-2012>>. Acesso em: 03 de janeiro de 2017.

PARAÍBA (Estado). Lei n.º 6.308, de 02 de julho de 1996. Disponível em: <[http://www.aesa.pb.gov.br/cerh/legisl\\_cerh-pb/Lei%20n.%206.308\\_96%20-%20Política%20Estadual%20-%20Atualizada.pdf](http://www.aesa.pb.gov.br/cerh/legisl_cerh-pb/Lei%20n.%206.308_96%20-%20Política%20Estadual%20-%20Atualizada.pdf)>. Acessado em: 18 abr. 2017.

PARRON, L. M.; MUNIZ, D. H. de F; PEREIRA, C. M. Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água. **Colombo: Embrapa Florestas**, 2011.

PONTES, C. A. A; SCHRAMM, F. R. Bioética da proteção e papel do Estado: problemas morais no acesso desigual à água potável The bioethics of protection and the state's role: moral problems in unequal access. **Cad. Saúde Pública**, v. 20, n. 5, p. 1319-1327, 2004.

RICHTER, C. A.; NETTO, J. M. A. **Tratamento de água: tecnologia atualizada**. Editora Blucher. São Paulo, 1991.

ROLLA, M. E ; RAMOS, S. M; CARVALHO, M. D. DE; MOTA, H. R; ALMEIDA, A. C. P. P. COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS. **Sistema Cemig de Monitoramento e Controle de qualidade da água de reservatório – siságua-** manual de procedimentos de coleta e Metodologia de análise de água. Belo Horizonte, 2009.

SILVA, A.S.; OLIVEIRA, R. **Manual de análises físico-químicas de águas de abastecimento e residuárias**. Campina Grande – Paraíba, 2001.

SILVA, S; GUIMARÃES, J. P; LIMA, M.G.M. de; SILVA, D. D. E da; NETO, J. D. Redução da captação de água e estimativa de tempo para sangramento no açude Sumé no Estado da Paraíba. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 11, n. 4, p. 74-79, 2016.

TOMAZONI, J. C.; MANTOVANI, L. E; BITTENCOURT, A.V. L; FILHO, E. F. DA R. Utilização de medidas de turbidez na quantificação da movimentação de sólidos por veiculação hídrica nas bacias dos rios anta gorda, brinco, coxilha rica e jirau – sudoeste do estado do paraná. In: **Boletim Paranaense de Geociências**, n. 57, p. 49-56. Editora UFPR. Paraná, 2005.

TUNDISI, J.G. **O futuro dos recursos: Recursos hídricos**. MultiCiência. São Carlos, 2003. 15p.

TUNDISI, J. G. **Recursos hídricos no brasil:** problemas, desafios e estratégia para o futuro. Academia brasileira de ciências. Rio de Janeiro, 2014.

TUCCI, C.E. M; Água no meio urbano.In: REBOUÇAS, A. da C.; BRAGA, B; TUNDISI, J. G. **Águas doce no Brasil** (Editores). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1997.

VASCONCELOS, V. de M. M; SOUZA, C. F. Caracterização dos parâmetros de qualidade da água do manancial Utinga, Belém, PA, Brasil/Characterization of water quality parameters of the reservoir Utinga, Belém, PA, Brazil. **Revista Ambiente & Água**, v. 6, n. 2, p. 305, 2011.